

**ELABORAÇÃO DO PROJETO BÁSICO DO SISTEMA VIÁRIO,  
CONTEMPLANDO LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS E  
CONSULTAS DE INTERFERÊNCIAS, ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE GEOMETRIA, TERRAPLENAGEM,  
PAVIMENTAÇÃO, DRENAGEM, OBRAS DE ARTES ESPECIAIS,  
PAISAGISMO E SINALIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DE APARECIDA DE  
GOIÂNIA/GO**

**CADERNO DE PAVIMENTAÇÃO**

**Eixo 02**



**REVISÃO 01**

**Tomo II**

**Outubro/2017**

## Sumário

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. APRESENTAÇÃO.....                                                                                   | 6  |
| 2. INTRODUÇÃO .....                                                                                    | 6  |
| 3. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO .....                                                                    | 7  |
| 4. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS.....                                                                         | 8  |
| 5. ESTUDO GEOTÉCNICO DO SUBLEITO .....                                                                 | 9  |
| 5.1. Serviços de Campo e Laboratório .....                                                             | 10 |
| 5.2. Serviços de Escritório .....                                                                      | 14 |
| 6. DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DOS PAVIMENTOS .....                                                 | 20 |
| 6.1. Dimensionamento do Pavimento Flexível – Revestimento em CBUQ – Via Coletora – Tráfego Médio ..... | 20 |
| 6.2. Dimensionamento do Pavimento Flexível – Revestimento em CBUQ – Via Arterial – Tráfego Pesado..... | 23 |
| ANEXOS .....                                                                                           | 26 |
| Planta de Classificação Viária .....                                                                   | 27 |
| Planilhas dos Ensaios Geotécnicos – Eixo 02 .....                                                      | 29 |
| Planta de Locação das Sondagens a Trado – Eixo 02 .....                                                | 45 |
| Plantas de Pavimentação - Eixo 02 .....                                                                | 46 |

## RELAÇÃO DE TABELAS

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Boletim de Sondagem a Trado – Caracterização Táctil Visual ..... | 12 |
| Tabela 2 – Resultado dos Ensaios do Material de Subleito.....               | 13 |
| Tabela 3 - Distribuição de Student .....                                    | 15 |
| Tabela 4 – Coeficientes de Equivalência Estrutural .....                    | 17 |

## RELAÇÃO DE FIGURAS

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Figura 01 – Planta de Situação dos Eixos Estruturantes. ....        | 7  |
| Figura 2 – Ábaco de Dimensionamento para as Vias de Tráfego Médio/Pesado. .... | 19 |

## RELAÇÃO DE QUADROS

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego..... | 09 |
|----------------------------------------------------------------|----|

## **1. APRESENTAÇÃO**

O presente Caderno Básico de Pavimentação (Eixo 02) faz parte do Contrato SEL Nº 701/2017, e foi elaborado a partir do Estudo Geotécnico e do Projeto Básico Geométrico desenvolvido pela Empresa PRISMA Consultoria. O Projeto Básico de Pavimentação está localizado no Município de Aparecida de Goiânia. O Caderno atende as orientações do Termo de Referência (Anexo I) do edital de Licitação.

Este relatório trata de uma região em Aparecida de Goiânia com três eixos, com aproximadamente 18,5 km de via e todo o desenvolvimento foi feito de acordo com as normas e especificações do DNIT da PMSP e da ABNT.

O projeto ora apresentado resultou dos traçados previamente estabelecidos, em que são previstas vias coletoras e vias arteriais, sendo estas dos tipos compartilhada e não compartilhada. O presente relatório tem a finalidade de apresentar os documentos técnicos que compõem o Relatório de Dimensionamento de Pavimento Flexível em Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ), relativo à elaboração do Projeto de Pavimentação.

## **2. INTRODUÇÃO**

O dimensionamento de um pavimento consiste na determinação das camadas de sub-base, base e revestimento, de forma que essas camadas sejam suficientes para resistir, transmitir e distribuir as pressões resultantes da passagem dos veículos, ao subleito, sem que o conjunto sofra ruptura, deformações apreciáveis ou desgaste superficial excessivo.

Neste trabalho, apresenta-se o dimensionamento do pavimento das vias do sistema viário apresentado na Figura 01, Mapa de Situação.

Na área de estudo verifica-se em sua maioria a presença de Latossolo Vermelho/Amarelo e uma pequena área com predominância de Cambissolo. O Latossolo Vermelho ocorre em basicamente toda a poligonal da área de estudo. Os latossolos da região em geral apresentam espessuras superiores a 10 metros, textura média arenosa, e boas condições geotécnicas, que aliado às declividades baixas a moderadas resultam em boas condições para a ocupação urbana.

Para melhor apresentação o Caderno de Pavimentação foi dividido em 4 Tomos. O Tomo I corresponde ao Eixo 01, Tomo II ao Eixo 02, Tomo III ao Eixo 03 e o Tomo IV ao Eixo 05. Cada eixo terá sua própria estrutura, que contará em anexo com a Planta de Classificação Viária comum, e as Plantas de Locação de Sondagem, Resultado dos Ensaios Geotécnicos e as Plantas de Pavimentação referente ao seu trecho exclusivamente.

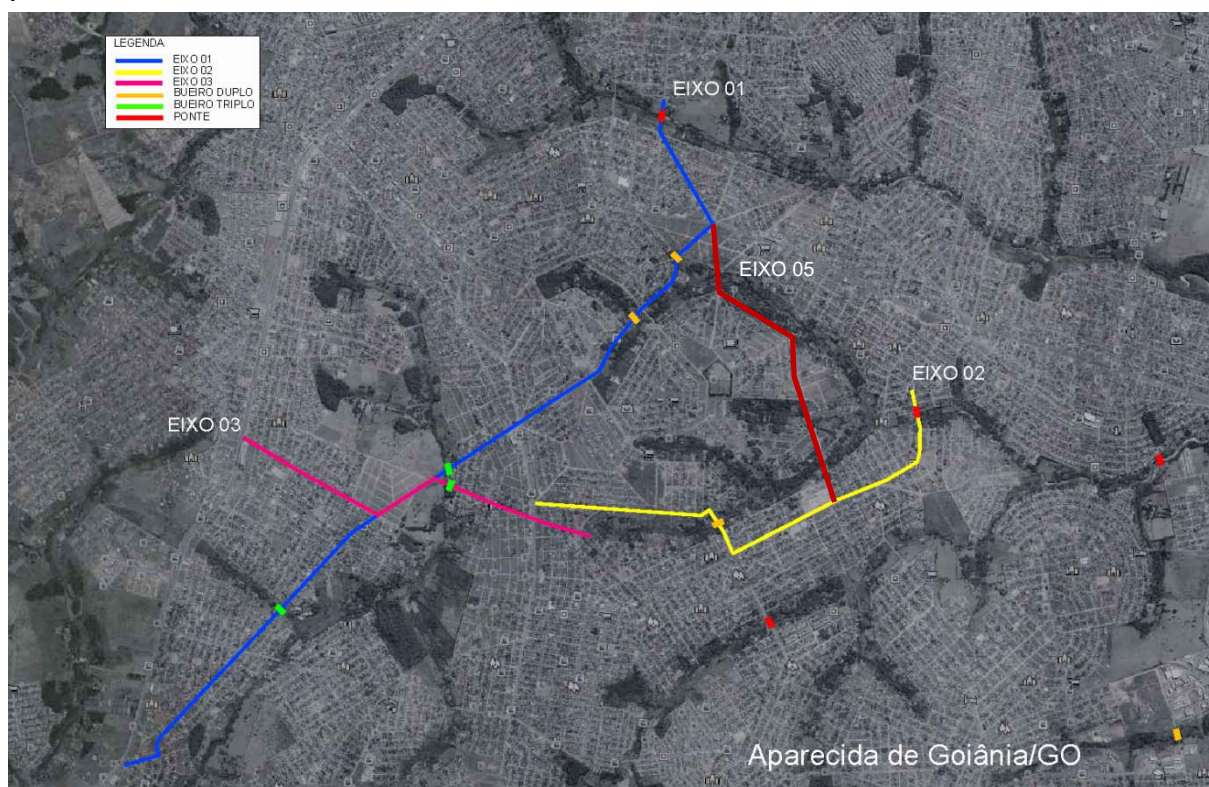


Figura 01 – Planta de Situação dos Eixos Estruturantes.

### 3. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO

Entre os inúmeros métodos existentes para dimensionamento de pavimentos flexíveis, trabalharemos no presente estudo com o método de dimensionamento da Prefeitura Municipal de São Paulo – PMSP, Instrução de Projeto – IP 04 e método de análise mecanicista à fadiga de estruturas de pavimento, Instrução de Projeto – IP 08, neste caso para as vias coletoras. Aquela leva em consideração o tipo de tráfego previsto para a via, cuja classificação pode ser vista no item 3, Quadro 02. A seguir apresentamos um breve histórico do método utilizado:

- Método PMSP-IP-04 – (tráfego leve/médio – Vias Locais e Coletoras): este procedimento baseia-se no método de projeto de pavimento flexíveis do Engº Murilo Lopes de Souza, de 1966, adotado pelo DNER, e nos métodos MD-1 e MD-3T/79, da PMSP, porém com o uso de ábaco de dimensionamento proposto originalmente pelo Corpo de Engºs do Exército Americano (USACE). Trata-se de um método que procura orientar o dimensionamento principalmente para pavimentos urbanos.

#### 4. CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS

Determinada as condições de tráfego, para efeito de dimensionamento de novos pavimentos, as vias podem ser classificadas em: principais, secundárias e locais, com base nos critérios do modelo PAVIURB utilizado na Prefeitura do Município de São Paulo CT/9-PMSP, conforme Quadro 02.

- *Tráfego Leve* - Ruas de características essencialmente residenciais, para as quais não é previsto o tráfego de Ônibus, podendo existir ocasionalmente passagens de caminhões e Ônibus em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número "N" típico de 105 solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos.
- *Tráfego Médio* - Ruas ou avenidas para as quais É prevista a passagem de caminhões e Ônibus em número de 21 a 100 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de 5x105 solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 10 anos.
- *Tráfego Meio Pesado* - Ruas ou avenidas para as quais É prevista a passagem de caminhões ou Ônibus em número 101 a 300 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de 2x106 solicitações do eixo simples padrão (80 Kn) para o período de 10 anos.
- *Tráfego Pesado* - Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou Ônibus em número de 301 a 1000 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por número "N" típico de 2 x 107 solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos a 12 anos..
- *Tráfego Muito Pesado* - Ruas ou avenidas para as quais é prevista a passagem de caminhões ou Ônibus em número de 1001 a 2000 por dia, na faixa de tráfego mais solicitada, caracterizada por número "N" típico superior a 5x107 solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de 12 anos.



QUADRO 01 – CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS E PARÂMETROS DE TRÁFEGO

| Função predominante          | Tráfego previsto | Vida de projeto | Volume inicial<br>faixa mais carregada |                 | Equivalente /<br>Veículo | N                                       | N característico |
|------------------------------|------------------|-----------------|----------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------------|------------------|
|                              |                  |                 | Veículo Leve                           | Caminhão/Ônibus |                          |                                         |                  |
| Via local                    | LEVE             | 10              | 100 a 400                              | 4 a 20          | 1,50                     | $2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$ | $10^5$           |
| Via Local e Coletora         | MÉDIO            | 10              | 401 a 1500                             | 21 a 100        | 1,50                     | $1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$ | $5 \times 10^5$  |
| Vias Coletoras e Estruturais | MEIO PESADO      | 10              | 1501 a 5000                            | 101 a 300       | 2,30                     | $1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$   | $2 \times 10^6$  |
|                              | PESADO           | 12              | 5001 a 10000                           | 301 a 1000      | 5,90                     | $1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$   | $2 \times 10^7$  |
|                              | MUITO PESADO     | 12              | > 10000                                | 1001 a 2000     | 5,90                     | $3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$   | $5 \times 10^7$  |
| Faixa Exclusiva de Ônibus    | VOLUME MÉDIO     | 12              |                                        | < 500           |                          | $3 \times 10^6$ <sup>(1)</sup>          | $10^7$           |
|                              | VOLUME PESADO    | 12              |                                        | > 500           |                          | $5 \times 10^7$                         | $5 \times 10^7$  |

O Plano Diretor do Município de Aparecida de Goiânia (Nov/2015), classifica os Eixos Estruturantes Propostos em Arterial e Em Via Coletora. O Eixo 1 é classificado integralmente em Arterial, já o eixo 2 e 3 possui trechos mistos e o eixo 5 integralmente coletora.

Para efeito de Dimensionamento e premissas estabelecidas, a contratada optou por adequar a classificação das vias conforme critérios adotados na PMSP.

Portanto, para estudo de tráfego, as vias foram classificadas considerando o Quadro 02 e também Plano Diretor desenvolvido pelo Município de Aparecida, de acordo com o tráfego previsto para os locais e em função do aumento da demanda. Levando-se em consideração tais fatores e as características do empreendimento em que predominantemente as vias são Coletoras e Estruturais, conforme Planta de Classificação Viária anexa, foi adotado o número N de  $5 \times 10^5$  para as vias coletoras e de N de  $2 \times 10^7$  para as vias Estruturais (Arterial).

## 5. ESTUDO GEOTÉCNICO DO SUBLEITO

A construção de um pavimento exige o conhecimento não só dos materiais constituintes das camadas desse pavimento, como também dos materiais constituintes do subleito e daqueles que possam interferir na construção de drenos, acostamentos, cortes

e aterros. Assim, os serviços geotécnicos foram desenvolvidos e divididos basicamente em serviços de campo e laboratório e de escritório.

Os serviços de campo ou de laboratório foram executados segundo procedimentos normatizados, obedecendo-se a seguinte ordem:

1. Métodos de Ensaio (DNIT) / DNER;
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
3. PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo;

#### 5.1. Serviços de Campo e Laboratório

O desenvolvimento dos serviços de campo e laboratório foi dividido em reconhecimento preliminar de campo, amostragem sistemática e ensaios geotécnicos.

##### a) Reconhecimento Preliminar de Campo:

De posse de informações preliminares, obtidas em mapas geológicos, pedológicos e geotécnicos, realizou-se uma vistoria no campo por profissionais especializados, de comprovada experiência na área e com conhecimentos pedológicos, geológicos e geotécnicos.

Nesse reconhecimento procuramos obter as seguintes informações básicas:

- Existência ou não de revestimento primário (presença de materiais pétreos, escória ou entulho de boa qualidade) nas vias: de acordo com visita “in loco”, verificou-se que as vias encontram-se em terreno natural.
- Condições topográficas e aspectos ligados à drenagem superficial e profunda das vias em questão: com base em visita “in loco”, observou-se que se trata de uma região relativamente plana, com a maior parte do terreno plano tendo declividade em torno de 5%. À exceção de uma pequena área, em que o projeto geométrico foi adequado para uma declividade próxima de 11%.
- Identificação expedita, tátil-visual, do subleito, considerando a cor, macroestrutura, mineralogia e granulometria.

A partir dessas informações e da identificação do material, foram programadas as fases do estudo geotécnico referentes à amostragem sistemática e aos ensaios geotécnicos.

##### b) A amostragem Sistemática:

A amostragem da via, para fins geotécnicos, foi feita através de furos de sondagens a trado, num total de 7 (sete) furos, conforme Planta de Locação das Sondagens a Trado.

Os furos de sondagens foram locados ao longo da caixa das vias a serem projetadas de forma a obter uma caracterização total da área de estudo.

As sondagens utilizadas para reconhecimento (análise tátil-visual), coleta de amostras e anotação da cota do nível d'água (se constatado), foram executadas com auxílio de equipamentos manuais, tipo trado mecânico, cavadeira, pá, picareta e outros pequenos equipamentos. A profundidade das sondagens, em relação à cota de fundação do pavimento, é, em sua grande maioria, de 1,00 m. A localização dos furos de sondagem também foi apresentada no Caderno de Estudo Geotécnico.

A amostragem das camadas representativas do revestimento primário e do subleito, visando à obtenção de suas características geotécnicas, foi realizada nos primeiros 1,0 m, abaixo da cota de fundação do pavimento, sendo representativa das camadas encontradas.

#### c) Ensaios Geotécnicos:

Baseado nas informações obtidas no reconhecimento preliminar de campo e numa pré-definição da cota de implantação do pavimento, fizemos a programação de ensaios de laboratório, considerando a graduação do material do subleito e a presença ou não do revestimento primário.

Os ensaios foram feitos, principalmente, de forma a avaliar os materiais entre 0,00 e 1,00 metro, abaixo do greide de fundação do pavimento, buscando-se obter amostras representativas das camadas por meio de identificação (tátil-visual e granulometricamente), foram ensaiadas em uma única amostra representativa do mesmo horizonte, o que foi executado no presente estudo.

Visando caracterizar esses materiais de subleito, foram realizadas 07 (sete) ensaios de sondagem a trado e realizada a caracterização tátil visual do solo, conforme Boletim de Sondagem a Trado, Tabela 01. Além disso, a coleta de material de cada furo, cerca de 40 kg, e executados os ensaios geotécnicos, tais como: compactação na energia normal, índice de suporte Califórnia – I.S.C., expansão, granulometria por peneiramento, limites de liquidez e de plasticidade.

Tabela 01 – Boletim de Sondagem a Trado – Caracterização Tátil Visual.

| BOLETIM DE SONDAAGEM A TRADO                               |         |                                     |      |                                              |
|------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------|------|----------------------------------------------|
| LOCAL                                                      |         | OBJETO:                             |      |                                              |
| APARECIDA DE GOIÂNIA                                       |         | SONDAAGEM A TRADO PARA PAVIMENTAÇÃO |      |                                              |
| SUBTRECHO:                                                 |         | SEGMENTO:                           |      |                                              |
|                                                            |         | EIXO 02                             |      |                                              |
| ESTUDO:                                                    |         |                                     |      |                                              |
| CARACTERIZAÇÃO TÁCTIL VISUAL DO SUBLEITO PARA PAVIMENTAÇÃO |         |                                     |      |                                              |
| REGISTRO                                                   | N.A (m) | PROFUND. (m)                        |      | CLASSIFICAÇÃO EXPEDITA                       |
| ST 01                                                      | -       | 0,00                                | 0,11 | Camada vegetal                               |
|                                                            |         | 0,11                                | 0,78 | Argila p/ arenosa, marrom                    |
|                                                            |         | 0,78                                | 1,50 | Argila p/ arenosa, vermelha                  |
| ST 02                                                      | -       | 0,00                                | 0,15 | Entulho                                      |
|                                                            |         | 0,15                                | 1,55 | Areia p/ argilosa, p/ pedregulhosa, vermelha |
|                                                            |         |                                     |      |                                              |
| ST 03                                                      | -       | 0,00                                | 0,07 | Camada vegetal                               |
|                                                            |         | 0,07                                | 1,50 | Argila p/ arenosa, vermelha                  |
|                                                            |         |                                     |      |                                              |
| ST 04                                                      | -       | 0,00                                | 0,12 | Camada vegetal                               |
|                                                            |         | 0,12                                | 1,55 | Argila p/ arenosa, vermelha                  |
|                                                            |         |                                     |      |                                              |
| SP 05                                                      | -       | 0,00                                | 0,10 | Camada vegetal                               |
|                                                            |         | 0,10                                | 0,90 | Argila p/ arenosa, vermelha                  |
|                                                            |         |                                     |      |                                              |
| ST 06                                                      | -       | 0,00                                | 0,13 | Camada vegetal                               |
|                                                            |         | 0,13                                | 1,50 | Argila p/ arenosa, vermelha                  |
|                                                            |         |                                     |      |                                              |
| SP 07                                                      | -       | 0,00                                | 0,15 | Camada vegetal                               |
|                                                            |         | 0,15                                | 1,55 | Argila p/ arenosa, vermelha                  |
|                                                            |         |                                     |      |                                              |

Os resultados e as planilhas de cálculo desses ensaios constam do Estudo Geotécnico em anexo. A seguir, na Tabela 02, é apresentado o resumo dos resultados dos ensaios para a área em estudo.

Tabela 02 - Resultado dos ensaios realizados no material de subleito, compactado na energia Normal, compactação, ISC, Granulometria por Peneiramento, LL e LP.

| FURO    | W <sub>OT</sub><br>(%) | γ <sub>S</sub><br>(Kg/m3) | EXP.<br>(%) | CBR<br>(%) | GRANULOMETRIA  |                   |                     |              | ÍNDICES (%) |      |      |
|---------|------------------------|---------------------------|-------------|------------|----------------|-------------------|---------------------|--------------|-------------|------|------|
|         |                        |                           |             |            | (% ↓ #<br>200) | (% areia<br>fina) | (% areia<br>grossa) | (%<br>pedre) | LL          | LP   | IP   |
| EIXO 01 |                        |                           |             |            |                |                   |                     |              |             |      |      |
| 3       | 28,5                   | 1370                      | 0,36        | 6,8        | 60,59          | 29,69             | 9,20                | 0,51         | 33,9        | 19,6 | 14,3 |
| 5       | 23,8                   | 1332                      | 0,31        | 6,7        | 58,56          | 29,68             | 8,45                | 3,31         | 28,4        | 17,4 | 11,0 |
| 8       | 22,5                   | 1608                      | 0,11        | 8,4        | 59,42          | 28,51             | 6,56                | 5,52         | 30,9        | 22,0 | 8,9  |
| 11      | 30,0                   | 1328                      | 0,43        | 7,2        | 71,87          | 17,32             | 10,08               | 0,74         | 32,7        | 17,6 | 15,0 |
| 14      | 29,0                   | 1335                      | 0,42        | 7,8        | 65,00          | 21,54             | 9,80                | 3,65         | 35,1        | 24,5 | 10,6 |
| 15      | 28,0                   | 1364                      | 0,31        | 7,5        | 73,68          | 20,20             | 5,45                | 0,67         | 32,9        | 17,7 | 15,2 |
| EIXO 02 |                        |                           |             |            |                |                   |                     |              |             |      |      |
| 1       | 28,3                   | 1481                      | 0,09        | 8,3        | 67,09          | 14,31             | 9,22                | 9,38         | 35,7        | 25,4 | 10,2 |
| 4       | 32,0                   | 1322                      | 0,29        | 7,5        | 68,13          | 17,85             | 9,74                | 4,27         | 42,3        | 26,9 | 15,4 |
| 6       | 29,2                   | 1304                      | 0,26        | 7,7        | 69,86          | 17,55             | 11,01               | 1,58         | 42,1        | 26,4 | 15,7 |
| EIXO 03 |                        |                           |             |            |                |                   |                     |              |             |      |      |
| 1       | 23,2                   | 1605                      | 0,10        | 12,2       | 62,57          | 18,14             | 13,71               | 5,58         | 34,8        | 24,6 | 10,2 |
| 4       | 29,9                   | 1320                      | 0,27        | 7,4        | 66,81          | 16,35             | 13,83               | 3,01         | 41,8        | 25,3 | 16,6 |
| EIXO 05 |                        |                           |             |            |                |                   |                     |              |             |      |      |
| 1       | 25,6                   | 1421                      | 0,40        | 8,0        | 58,11          | 20,51             | 16,93               | 4,44         | 35,5        | 21,5 | 13,9 |
| 4       | 27,3                   | 1392                      | 0,16        | 10,2       | 56,02          | 26,13             | 13,11               | 4,74         | 37,5        | 23,7 | 13,8 |

Em que:

W<sub>ot</sub> - Umidade ótima de compactação;

γ<sub>s</sub> - Massa específica aparente seca;

ISC – Índice suporte califórnia;

Exp. – Expansão;

LL – Limite de liquidez;

LP – Limite de plasticidade;

G<sub>s</sub> – Massa específica real dos grãos;

NL – Não apresenta limite de liquidez;

NP – Não apresenta limite de plasticidade.

Verificando os resultados dos ensaios constantes da Tabela 02 e o Boletim de Sondagem a Trado, Tabela 01, constatamos que o material em campo de modo geral é predominantemente um solo fino, com características argilosas, ou seja, argila pouco arenosa. Com relação a sua plasticidade observamos que apresenta valor relativamente alto, mas com expansão moderada, dentro dos padrões aceitáveis como material de subleito ou de aterro.

## 5.2. Serviços de Escritório

Os serviços de escritório descritos a seguir orientaram a produção dos documentos geotécnicos do projeto e referem-se área estudada, contendo as informações indicadas abaixo.

Indicação das características de cada camada estudada, conforme relacionados abaixo:

- Identificação tátil-visual incluindo a cor de cada camada;
- Massa específica aparente seca máxima;
- Umidade ótima;
- Índice de Suporte Califórnia (CBR);
- Expansão;
- Limite de liquidez;
- Limite de plasticidade;
- Cálculo do Suporte: CBR de Projeto.

De posse dos dados geotécnicos, os resultados dos ensaios, para fins de dimensionamento do pavimento, foram tratados estatisticamente. Assim, considerando-se que os dados seguem uma distribuição normal, para os casos em que a quantidade de observações não é suficientemente grande, ou seja, quando se tem um volume de *graus de liberdade* inferior a 30 unidades é indicada a utilização da *Distribuição de Student*, sendo adotado um nível de confiança de 95%. O tratamento estatístico foi feito através da *distribuição “t” de Student*, conforme Tabela 03.

Assim, utilizando essas ferramentas e a Equação 01, chegamos a um intervalo de valores para os quais o CBR de projeto pode ser enquadrado.

$$\mu = x \pm t (\sigma / \sqrt{n}) \quad - \quad \text{Equação (01)}$$

Em que:

$\mu$  = média populacional;

$x$  = média da amostra;

$t$  = “t de student”;

$\sigma$  = desvio padrão;

$n$  = número de elementos

Distribuição de Student:

Grau de liberdade:  $v = n - 1$

$n$  = número total de observações

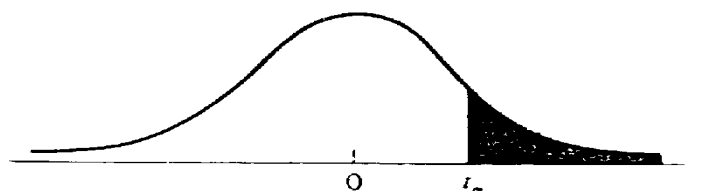


Tabela 03 – Distribuição de *Student*

| Área numa cauda     | 0,10                | 0,05  | 0,025  | 0,01   | 0,005  |
|---------------------|---------------------|-------|--------|--------|--------|
| Graus liberdade (v) | Valores de <i>t</i> |       |        |        |        |
| 1                   | 3,078               | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,656 |
| 2                   | 1,886               | 2,920 | 4,303  | 6,965  | 9,925  |
| 3                   | 1,638               | 2,353 | 3,182  | 4,541  | 5,841  |
| 4                   | 1,533               | 2,132 | 2,776  | 3,747  | 4,604  |
| 5                   | 1,476               | 2,015 | 2,571  | 3,365  | 4,032  |
| 6                   | 1,440               | 1,943 | 2,447  | 3,143  | 3,707  |
| 7                   | 1,415               | 1,895 | 2,365  | 2,998  | 3,499  |
| 8                   | 1,397               | 1,860 | 2,306  | 2,896  | 3,355  |
| 9                   | 1,383               | 1,833 | 2,262  | 2,821  | 3,250  |
| 10                  | 1,372               | 1,812 | 2,228  | 2,764  | 3,169  |
| 11                  | 1,363               | 1,796 | 2,201  | 2,718  | 3,106  |
| 12                  | 1,356               | 1,782 | 2,179  | 2,681  | 3,055  |
| 13                  | 1,350               | 1,771 | 2,160  | 2,650  | 3,012  |
| 14                  | 1,345               | 1,761 | 2,145  | 2,624  | 2,977  |
| 15                  | 1,341               | 1,753 | 2,131  | 2,602  | 2,947  |
| 16                  | 1,337               | 1,746 | 2,120  | 2,583  | 2,921  |
| 17                  | 1,333               | 1,740 | 2,110  | 2,567  | 2,898  |
| 18                  | 1,330               | 1,734 | 2,101  | 2,552  | 2,878  |

|     |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 19  | 1,328 | 1,729 | 2,093 | 2,539 | 2,861 |
| 20  | 1,325 | 1,725 | 2,086 | 2,528 | 2,845 |
| 21  | 1,323 | 1,721 | 2,080 | 2,518 | 2,831 |
| 22  | 1,321 | 1,717 | 2,074 | 2,508 | 2,819 |
| 23  | 1,319 | 1,714 | 2,069 | 2,500 | 2,807 |
| 24  | 1,318 | 1,711 | 2,064 | 2,492 | 2,797 |
| 25  | 1,316 | 1,708 | 2,060 | 2,485 | 2,787 |
| 26  | 1,315 | 1,706 | 2,056 | 2,479 | 2,779 |
| 27  | 1,314 | 1,703 | 2,052 | 2,473 | 2,771 |
| 28  | 1,313 | 1,701 | 2,048 | 2,467 | 2,763 |
| 29  | 1,311 | 1,699 | 2,045 | 2,462 | 2,756 |
| 30  | 1,310 | 1,697 | 2,042 | 2,457 | 2,750 |
| 40  | 1,303 | 1,684 | 2,021 | 2,423 | 2,704 |
| 60  | 1,296 | 1,671 | 2,000 | 2,390 | 2,660 |
| 120 | 1,289 | 1,658 | 1,980 | 2,358 | 2,617 |
| ∞   | 1,282 | 1,645 | 1,960 | 2,326 | 2,576 |

Portanto, para a área de projeto temos para  $CBR_{de\ projeto}$  variando de 6,7% a 12,2%, sendo adotado o valor de 7,0%. Neste caso foram desconsiderados os valores de suporte da ardósia alterada (silte argiloso pouco pedregulhoso), pois os seus resultados estão acima da média. Tal fato está a favor da segurança. Nesse sentido o CBR de projeto adotado para o dimensionamento das vias é de 7,0%, haja visto que os resultados são bastante homogêneos, ou seja, não ocorreram vários segmentos homogêneos.

CBR adotado – 7,0%

d) Definição dos Parâmetros de Projeto:

d.1) Tráfego Estimado:

A incidência total do tráfego no período de projeto, expressa pelo número “N” de solicitações do eixo padrão simples de 8,2 t, foi adotada conforme exposto abaixo:

$N = 5 \times 10^5$  solicitações – tráfego médio (coletora);

$N = 2 \times 10^7$  solicitações – tráfego pesado para as Vias Estruturais (Arterial).



d.2) Fator Climático Regional (caso tráfego médio – DNER 667/22 de 81):

Para levar em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano (o que se traduz em variações de capacidade de suporte dos materiais), adotou-se um Fator Climático Regional (FR) igual a 1,0, visto que o adotado pela AASHTO varia de 0,2 a 5,0 (ocasião de extrema saturação dos materiais).

d.3) Coeficientes de Equivalência Estrutural (K)

O coeficiente de equivalência estrutural de um material, que é definido como a relação entre as espessuras de uma base granular e de uma camada com material que apresenta o mesmo comportamento, foi definido conforme os materiais previamente selecionados, mostrados na Tabela 04 abaixo:

Tabela 04: Coeficientes de equivalência estrutural

| <b>Camada do Pavimento</b>                               | <b>Coeficiente Estrutural (K)</b> |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Base ou Revestimento de Concreto Asfáltico               | 2,00                              |
| Base ou Revestimento Betuminoso por Penetração           | 1,20                              |
| Base, Sub-base e Reforço de Solo Arenoso Fino Laterítico | 1,00                              |
| Base, Sub-base e Reforço de Argila Laterítica – Areia    | 1,00                              |
| Base, Sub-base de Solo Agregado                          | 1,00                              |

Os coeficientes de equivalência estrutural das principais camadas dos pavimentos foram designados genericamente por:

KR = coeficiente estrutural da camada de revestimento;

KB = coeficiente estrutural da camada de base;

KS = coeficiente estrutural da camada de sub-base;

Kref = coeficiente estrutural da camada de reforço.

#### e) Determinação das Espessuras das Camadas do Pavimento:

De posse dos parâmetros descritos acima, no item d, e com os materiais a serem utilizados na estrutura do pavimento, determinaram-se as espessuras das camadas do pavimento, conforme esquema abaixo:

|    |    |                 |                 |                  |
|----|----|-----------------|-----------------|------------------|
| Hm | Hn | H <sub>20</sub> | R               | KR               |
|    |    |                 | B               | KB               |
|    |    |                 | H <sub>20</sub> | KS               |
|    |    |                 | Hm              | K <sub>REF</sub> |

##### e.1) Espessura Total do Pavimento (Hm):

Em função do tipo de tráfego previsto e de posse do suporte representativo do subleito (CBR<sub>P</sub>) adotado, conforme cálculo acima, a espessura total básica (Hm) das camadas do pavimento, em termos granulares, foi fixada de acordo com o ábaco de dimensionamento da Figura 03 para o caso de tráfego médio/pesado.

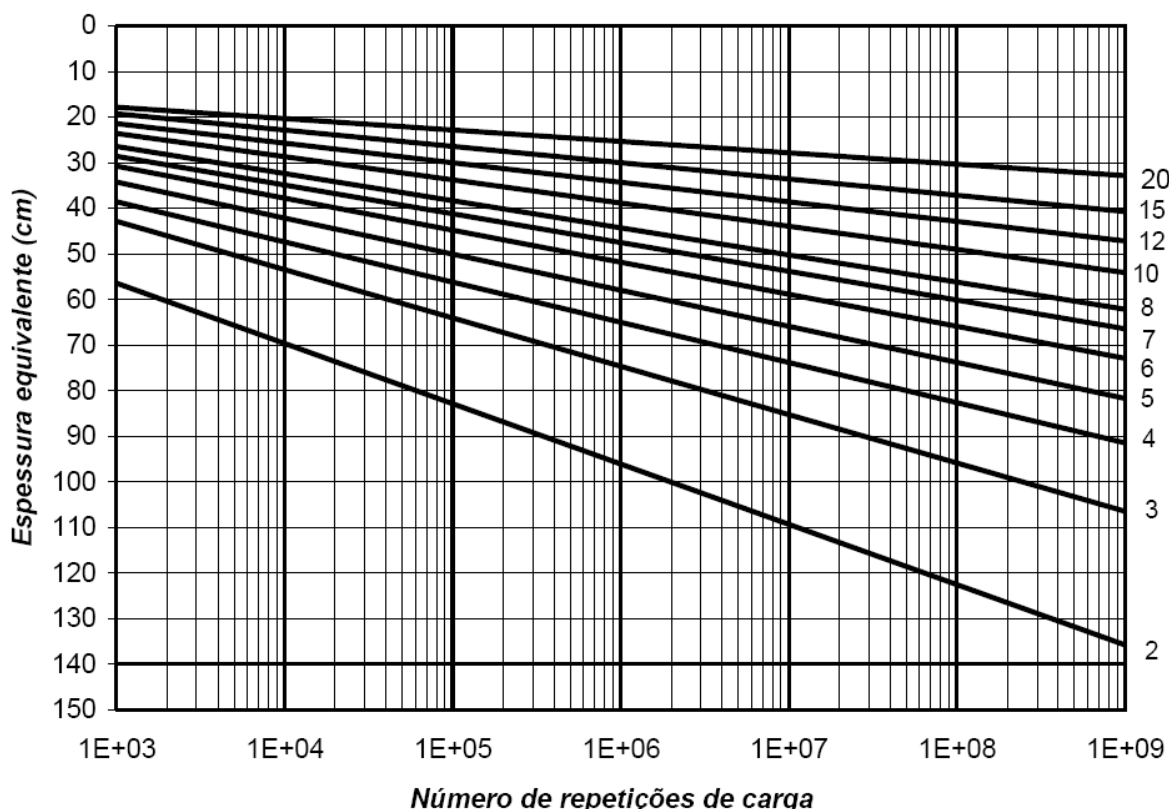


Figura 02 - Ábaco de dimensionamento para vias de tráfego médio/pesado.

#### e.2) Espessuras das Camadas:

Uma vez determinada a espessura total do pavimento ( $H_m$ ), em termos de material granular com auxílio dos ábacos, conforme Figura 03, e fixada a espessura do revestimento ( $R$ ), proceder-se-á ao dimensionamento das espessuras das demais camadas, ou seja, da base, sub-base e do reforço de subleito, levando-se em conta os materiais selecionados para cada uma delas, seus coeficientes de equivalência estrutural e suas capacidades de suporte, traduzidas pelos seus respectivos CBR, como se observa a seguir.

As espessuras de base ( $B$ ), sub-base ( $h_{20}$ ) e de reforço do subleito ( $h_m$ ), se necessário, foram obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20} \quad (1)$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S \geq H_n \quad (2)$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_m \times K_{ref} \geq H_m \quad (3)$$

##### e.2.1) Classificação das Vias, Tipo e Espessura da Camada de Rolamento:

Para a área em estudo, verifica-se que o tráfego de veículo a circular nas vias tem características residenciais e com interseção em nível, ou seja, vias coletoras e arteriais. Diante disso, classificam-se as vias como de tráfego médio e pesado. Quanto ao material de revestimento, e com base na classificação de tráfego adotada, será utilizado revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ para as Vias Coletora e arterial, com espessura de aproximadamente 5 cm e 8 cm, respectivamente. O coeficiente estrutural para este tipo de revestimento é  $KR = 2,00$ .

#### *e.2.2) Cálculo das Demais Camadas:*

De um modo geral, adota-se a espessura mínima para uma camada de base granular 10 cm e para garantir as condições ideais, considera-se também quando da necessidade de sub-base e/ou reforço ou quando da existência de uma única camada além da betuminosa, uma espessura mínima de 15 cm a fim de homogeneizar os pavimentos. Deverá ser efetuada a camada final de terraplenagem, regularização e compactação do subleito numa espessura de 15 cm, compactada a 100 % de energia do Proctor Normal.

Nos casos de ocorrência de “bolsões” de material com suporte inferior a 2,0%, deve-se efetuar a substituição do material por solo com características de índice de suporte Califórnia iguais ou superiores ao de  $CBR_{de\ projeto}$  adotado. Tal fato não foi observado para os ensaios realizados na área de projeto.

## **6. DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DOS PAVIMENTOS**

A seguir apresenta-se o dimensionamento das estruturas dos pavimentos em função do tipo de tráfego e do resultado do cálculo do  $CBR_{projeto}$ . Pelo citado anteriormente, ficou definido que as vias a serem dimensionadas foram classificadas como de tráfego médio e pesado com índice de suporte de projeto adotado foi  $CBR_p = 7,0\%$ .

### **6.1. Dimensionamento do Pavimento Flexível – Revestimento em CBUQ – Via Coletora – Tráfego Médio**

Para as vias Coletoras, sejam elas com características de compartilhada ou não compartilhada, e também para os estacionamentos adjacentes, o número  $N$  de  $5 \times 10^5$  foi adotado para o dimensionamento do pavimento, conforme apresentado no item 4.0. Salientamos que este valor se refere a um período estimado de projeto de 10 anos..

Revestimento: Como material de revestimento foi adotado Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), na espessura de 5 cm e coeficiente estrutural  $KR = 2,0$ .

Base: Solo Estabilizado Granulometricamente com  $CBR \geq 60\%$ , expansão  $\leq 0,5\%$ , limite de liquidez menor que 25%, coeficiente estrutural  $KB = 1,0$  e Grau de Compactação (GC)  $\geq 100\%$  da Energia Intermediária.

Sub-Base: Não foram observados a ocorrência de materiais Pétreos, que sirvam como sub-base, na região de estudo e projeto. No entanto foi observado que há material de subleito, com características argilo-arenosas provenientes da escavação da abertura de caixa do pavimento. Com o intuito de baratear o custo de implantação do pavimento esses materiais foram estudados e ensaiados a fim de aproveitá-los como material alternativo para a utilização na camada de sub-base. Para isso foram ensaiados com percentuais de 3%, 5% e 8% de cal e cimento, em massa, e misturados as argilas pouco arenosas. Após análise das amostras foi constatado que a melhor solução, que atende as condições necessárias, tanto no âmbito Normativo quanto no âmbito econômico foi a solução de mistura solo-cimento com 5 % cimento em massa. Portanto antes da aquisição dos materiais faz necessário os ensaios em jazida para garantir assim as características desejáveis de projeto.

A seguir será apresentado o cálculo das espessuras das camadas de base e sub-base (caso necessária) do pavimento:

Base: adotando-se o valor suporte  $CBR = 20,0\%$  (método de dimensionamento) para a camada de base, obtém-se no ábaco de dimensionamento (Figura 03, curva 02), o valor  $H_{20} = 24$  cm e com a utilização da inequação (1) obtém-se a espessura mínima para a camada de base:

$$R \times KR + B \times KB \geq H_{20} \quad \text{Inequação(1)}$$

$$5 \times 2,0 + B \times 1,0 \geq 24,0 \text{ cm}$$

$$10,0 + B \geq 24,0 \text{ cm}$$

$B \geq 14,0$  cm, adotado  $B=16,0$ cm para que haja uma melhor compatibilização entre as espessuras das camadas de base e sub-base do pavimento, verificada a seguir.

Sub-Base: adotando-se o valor suporte CBR = 20,0% (método de dimensionamento) para a camada de base, obtém-se no ábaco de dimensionamento (Figura 03), o valor  $H_m = 42$  cm e com a utilização da inequação (2) obtém-se a espessura mínima para a camada de base:

$$R \times KR + B \times KB + SB \times KSB \geq H_{20} \quad \text{Inequação(2)}$$

$$5 \times 2,0 + 15 \times 1,0 \geq 42,0 \text{ cm}$$

$$25,0 + SB \geq 42,0 \text{ cm}$$

$SB \geq 17,0$  cm, adotado  $SB=18,0$ cm para que haja uma melhor compatibilização entre as espessuras das camadas de base e sub-base do pavimento.

Assim, o pavimento para o tráfego médio apresenta estrutura composta de revestimento, base, sub-base e regularização e compactação do subleito. A seguir apresentamos as espessuras das camadas do pavimento em (cm):

- **Revestimento** = 5 cm (Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ);
- **Base** = 16,0 cm (Solo Estabilizado Granulometricamente), Grau de Compactação 100% da energia intermediária;
- **Sub-Base** = 18,0 cm (solo local com 5% cimento em massa), Grau de Compactação 100% da energia intermediária;
- **Regularização e compactação do subleito** = 15,0 cm, Grau de compactação (GC) 100% da energia normal.

A seguir, apresentamos um resumo do dimensionamento das vias locais (compartilhadas ou não compartilhadas) e estacionamentos adjacentes com as suas respectivas classificações de tráfego.

INTERESSADO: Prefeitura Municipal de Aparecida de Goiânia

LOCAL: Município de Aparecida de Goiânia

TIPO DE TRÁFEGO: Médio

$CBR_p = 7,0\%$

### PAVIMENTO TIPO I – Via Coletora e Estacionamentos

| Via      | Camada       | Espessura (cm) | Material                                                                                                                      |
|----------|--------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Coletora | Revestimento | 5              | Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ (Cap30/45)                                                                        |
|          | Base         | 16             | Solo Estabilizado Granulométricamente<br>CBR $\geq 60,00\%$<br>(Compactada na Energia Intermediária)                          |
|          | Sub-base     | 18             | Solo-Local (Melhorado com adição de 5 % de cimento em massa)<br>CBR $\geq 30,00\%$ .<br>(Compactada na Energia Intermediária) |
|          | Subleito     | 15             | Regularização e Compactação do Subleito, GC $\geq 100,00\%$ .<br>(Compactada na Energia Normal)                               |

Informamos que as espessuras mínimas e máxima de compactação de materiais granulares são 10,0 cm e 20,0 cm, respectivamente.

#### 6.2. Dimensionamento do Pavimento Flexível – Revestimento em CBUQ – Via Arterial – Tráfego Pesado.

Para as vias coletoras o número N de  $2 \times 10^7$  foi adotado para o dimensionamento do pavimento, conforme apresentado no item 4.0. Salientamos que este valor se refere a um período estimado de projeto de 10 anos.

Revestimento: Como material de revestimento foi adotado Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), na espessura de 8,0 cm e coeficiente estrutural  $KR = 2,0$ . O revestimento será executado em 02 (duas) camadas, sendo cada uma com espessura de 4,0 cm.

Base: Solo Estabilizado Granulometricamente com CBR  $\geq 60\%$ , expansão  $\leq 0,5\%$ , limite de liquidez menor que 25%, coeficiente estrutural  $KB = 1,0$  e Grau de Compactação (GC)  $\geq 100\%$  da Energia Intermediária.

A seguir será apresentado o cálculo das espessuras das camadas de base e sub-base (caso necessária) do pavimento:

Base: adotando-se o valor suporte CBR = 20,0% (método de dimensionamento) para a camada de base, obtém-se no ábaco de dimensionamento (Figura 04), o valor  $H_{20} = 28$  cm e com a utilização da inequação (1) obtém-se a espessura mínima para a camada de base:

$$R \times KR + B \times KB \geq H_{20} \quad \text{Inequação(1)}$$

$$8,0 \times 2,0 + B \times 1,0 \geq 28,0 \text{ cm}$$

$$16,0 + B \geq 28,0 \text{ cm}$$

$B \geq 12,0$  cm, adotado  $B=18,0$ cm para que haja uma melhor compatibilização entre as espessuras das camadas de base e sub-base do pavimento, verificada a seguir.

Sub-Base: adotando-se o valor suporte CBR = 20,0% (método de dimensionamento) para a camada de sub-base, obtém-se no ábaco de dimensionamento (Figura 04), o valor  $H_m = 56$  cm e com a utilização da inequação (2) obtém-se a espessura mínima para a camada de sub-base:

$$R \times KR + B \times KB + SB \times KSB \geq H_{20} \quad \text{Inequação(2)}$$

$$8,0 \times 2,0 + 18 \times 1,0 \geq 56,0 \text{ cm}$$

$$34,0 + SB \geq 56,0 \text{ cm}$$

$SB \geq 22,0$  cm, adotado  $SB=20,0$ cm para que haja uma melhor compatibilização entre as espessuras das camadas de base e sub-base do pavimento.

Assim, o pavimento para o tráfego médio apresenta estrutura composta de revestimento, base, sub-base e regularização e compactação do subleito. A seguir apresentamos as espessuras das camadas do pavimento em (cm):

- **Revestimento** = 8,0 cm (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) – executado em 2 camadas de 4 cm cada;
- **Base** = 18,0 cm (Solo Estabilizado Granulometricamente) , Grau de Compactação 100% da energia modificada;.
- **Sub-Base** = 18,0 cm (solo melhorado com adição de 5% de cimento em massa), Grau de Compactação 100% da energia intermediária;



- **Regularização e compactação do subleito** = 15,0 cm, Grau de compactação (GC) 100% da energia normal.

A seguir, apresentamos um resumo do dimensionamento das vias coletoras e estacionamentos adjacentes com as suas respectivas classificações de tráfego.

INTERESSADO: Prefeitura Municipal de Aparecida de Goiânia

LOCAL: Município de Aparecida de Goiânia

TIPO DE TRÁFEGO: Médio

CBR<sub>p</sub> = 7,0%

#### PAVIMENTO TIPO II -VIA ARTERIAL

| Via                   | Camada        | Espessura (cm) | Material                                                                                                          |
|-----------------------|---------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estrutural (Arterial) | Revestimen to | 8,0            | Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ (Executado em duas camadas) (CAP 30/45)                               |
|                       | Base          | 18             | Solo Estabilizado Granulométricamente CBR ≥ 60,00% (Compactada na Energia Intermediária)                          |
|                       | Sub-base      | 20             | Solo-Local (Melhorado com adição de 5 % de cimento em massa), CBR ≥ 30,00%. (Compactada na Energia Intermediária) |
|                       | Subleito      | 15             | Regularização e Compactação do Subleito, GC ≥ 100,00%. (Compactada na Energia Normal)                             |

Informamos que as espessuras mínimas e máxima de compactação de materiais granulares são 10,0 cm e 20,0 cm, respectivamente.

## **ANEXOS**

## **Planta de Classificação Viária**







## **Planilhas dos Ensaios Geotécnicos – Eixo 02**

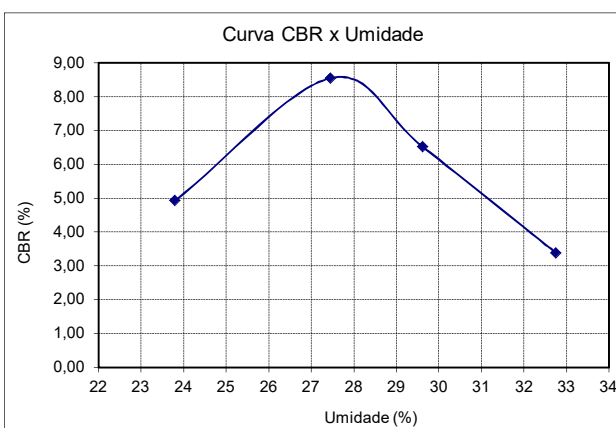
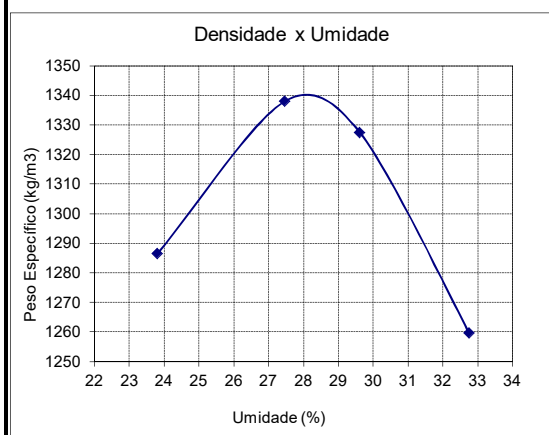
| ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA - CBR  |               |                                          |                 |                       |
|-------------------------------------|---------------|------------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| LOCAL: APARECIDA DE GOIÂNIA-EIXO 02 |               | Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm: |                 | 6,90 MPa              |
|                                     |               | Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm: |                 | 10,35 MPa             |
| ENERGIA: NORMAL                     |               | Diâmetro da base do pistão:              |                 | 4,96 cm               |
| Laboratório: Solos                  | FURO 01       | Área da base do pistão:                  |                 | 19,32 cm <sup>2</sup> |
| Data: 12/08/17                      |               | Constante da prensa:                     |                 | 0,01 MPa/div          |
|                                     |               |                                          |                 |                       |
| Penetração 01 (mm)                  | Leitura (div) | Pressão calculada (MPa)                  | CBR (%)         |                       |
| 0,00                                | 0,00          | 0,00                                     |                 |                       |
| 0,63                                | 8,00          | 0,08                                     |                 |                       |
| 1,25                                | 19,00         | 0,19                                     |                 |                       |
| 2,50                                | 34,00         | 0,34                                     | 4,93            |                       |
| 5,00                                | 51,00         | 0,51                                     | 4,93            |                       |
| 7,50                                | 77,00         | 0,77                                     |                 |                       |
| 10,00                               | 85,00         | 0,85                                     |                 |                       |
|                                     |               |                                          |                 |                       |
| Penetração 02 (mm)                  | Leitura (div) | Pressão calculada (MPa)                  | CBR (%)         |                       |
| 0,00                                | 0,00          | 0,00                                     |                 |                       |
| 0,63                                | 15,00         | 0,15                                     |                 |                       |
| 1,25                                | 33,00         | 0,33                                     |                 |                       |
| 2,50                                | 59,00         | 0,59                                     | 8,55            |                       |
| 5,00                                | 88,00         | 0,88                                     | 8,50            |                       |
| 7,50                                | 106,00        | 1,06                                     |                 |                       |
| 10,00                               | 113,00        | 1,13                                     |                 |                       |
|                                     |               |                                          |                 |                       |
| Penetração 03 (mm)                  | Leitura (div) | Pressão calculada (MPa)                  | CBR (%)         |                       |
| 0,00                                | 0,00          | 0,00                                     |                 |                       |
| 0,63                                | 11,00         | 0,11                                     |                 |                       |
| 1,25                                | 23,00         | 0,23                                     |                 |                       |
| 2,50                                | 45,00         | 0,45                                     | 6,52            |                       |
| 5,00                                | 67,00         | 0,67                                     | 6,47            |                       |
| 7,50                                | 82,00         | 0,82                                     |                 |                       |
| 10,00                               | 88,00         | 0,88                                     |                 |                       |
|                                     |               |                                          |                 |                       |
| Penetração 04 (mm)                  | Leitura (div) | Pressão calculada (MPa)                  | CBR (%)         |                       |
| 0,00                                | 0,00          | 0,00                                     |                 |                       |
| 0,63                                | 8,00          | 0,08                                     |                 |                       |
| 1,25                                | 15,00         | 0,15                                     |                 |                       |
| 2,50                                | 23,00         | 0,23                                     | 3,33            |                       |
| 5,00                                | 35,00         | 0,35                                     | 3,38            |                       |
| 7,50                                | 49,00         | 0,49                                     |                 |                       |
| 10,00                               | 54,00         | 0,54                                     |                 |                       |
|                                     |               |                                          |                 |                       |
| Umidade (%)                         | C.B.R. (%)    | Umidade (%)                              | Densidade Kg/m³ |                       |
| 23,80                               | 4,93          | 23,80                                    | 1286            |                       |
| 27,46                               | 8,55          | 27,46                                    | 1338            |                       |
| 29,61                               | 6,52          | 29,61                                    | 1328            |                       |
| 32,75                               | 3,38          | 32,75                                    | 1260            |                       |
|                                     |               |                                          |                 |                       |
| ENSAIO DE EXPANSÃO                  |               |                                          |                 |                       |
| Molde N°.                           | 31            | 33                                       | 47              | 53                    |
| Leitura Inicial                     | 2,00          | 2,00                                     | 2,00            | 2,00                  |
| Leitura Final                       | 2,17          | 2,13                                     | 2,07            | 2,02                  |
| L.Final - L.Inicial                 | 0,17          | 0,13                                     | 0,07            | 0,02                  |
| Altura cilindro                     | 11,40         | 11,50                                    | 11,40           | 11,40                 |
| (LF-LI) / Altura (%)                | 0,15          | 0,11                                     | 0,06            | 0,02                  |
| Média (%)                           | 0,09          |                                          |                 |                       |

**PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA**

| Nº. Molde               | 31   | 33   | 47   | 53   |
|-------------------------|------|------|------|------|
| Solo+Água+M. (g)        | 8040 | 8355 | 8265 | 8295 |
| Peso Molde (g)          | 4745 | 4750 | 4705 | 4835 |
| Peso Solo+Ág. (g)       | 3295 | 3605 | 3560 | 3460 |
| Volume Molde (cm³)      | 2069 | 2114 | 2069 | 2069 |
| Dens. Solo Úm. (Kg/m³)  | 1593 | 1705 | 1721 | 1672 |
| Dens. Solo Seco (Kg/m³) | 1286 | 1338 | 1328 | 1260 |

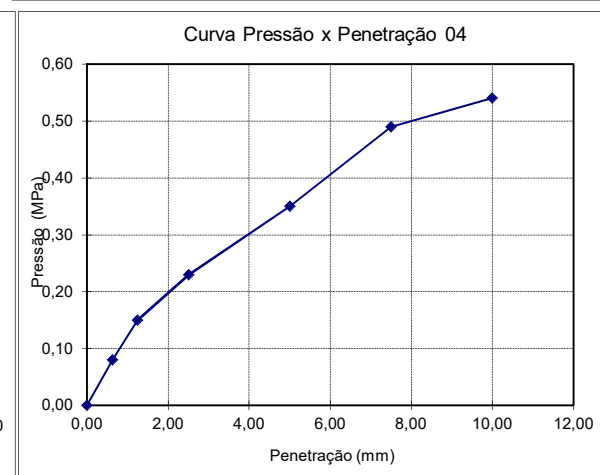
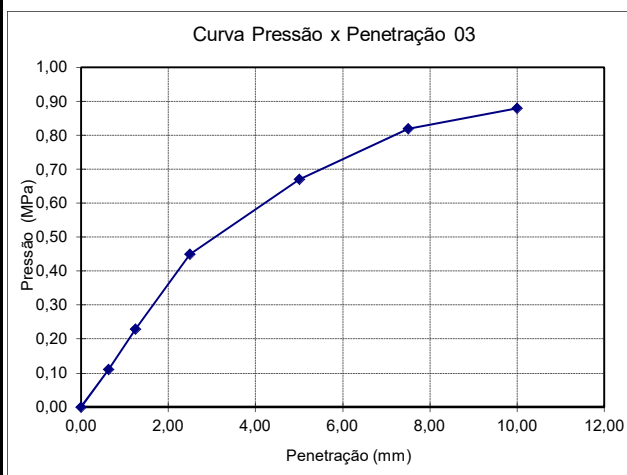
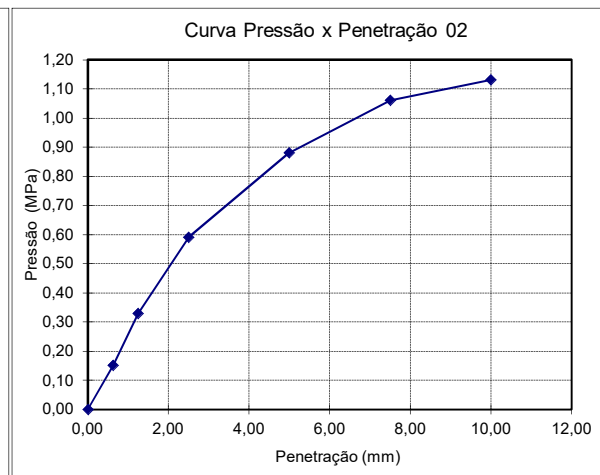
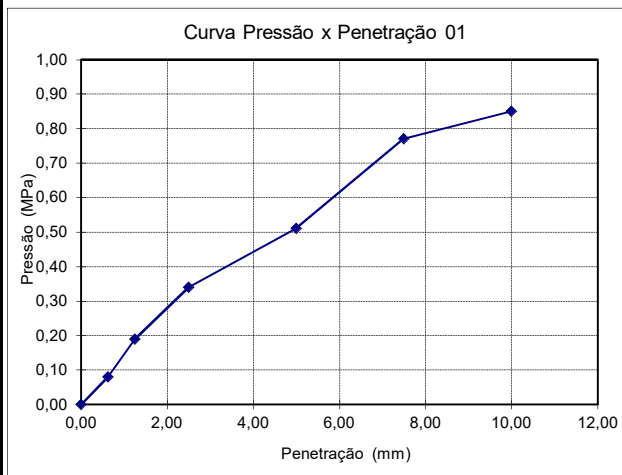
**CÁLCULO DAS UMIDADES DAS CÁPSULAS**

| Cápsula Nº.         | 2     | 11    | 25    | 28    | 67    | 61    | 62    | 9     |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P. Solo Úm.+CA (g)  | 75,15 | 75,10 | 75,05 | 71,67 | 64,86 | 70,42 | 81,54 | 69,68 |
| P. Solo S. + CA (g) | 62,76 | 63,58 | 61,77 | 59,11 | 52,98 | 57,25 | 64,34 | 55,42 |
| Peso Água (g)       | 12,39 | 11,52 | 13,28 | 12,56 | 11,88 | 13,17 | 17,20 | 14,26 |
| Peso Cápsula (g)    | 12,29 | 13,60 | 13,48 | 13,29 | 13,42 | 12,14 | 12,09 | 11,66 |
| P. Solo Seco (g)    | 50,47 | 49,98 | 48,29 | 45,82 | 39,56 | 45,11 | 52,25 | 43,76 |
| Umidade (%)         | 24,55 | 23,05 | 27,50 | 27,41 | 30,03 | 29,20 | 32,92 | 32,59 |
| Umid. Média (%)     |       | 23,80 |       | 27,46 |       | 29,61 |       | 32,75 |



**RESUMO**

|                         |          |                   |
|-------------------------|----------|-------------------|
| <b>UMIDADE ÓTIMA</b>    | <b>=</b> | <b>28,3 %</b>     |
| <b>DENSIDADE MÁXIMA</b> | <b>=</b> | <b>1481 Kg/m³</b> |
| <b>EXPANSÃO</b>         | <b>=</b> | <b>0,09 %</b>     |
| <b>ISC FINAL</b>        | <b>=</b> | <b>8,3 %</b>      |





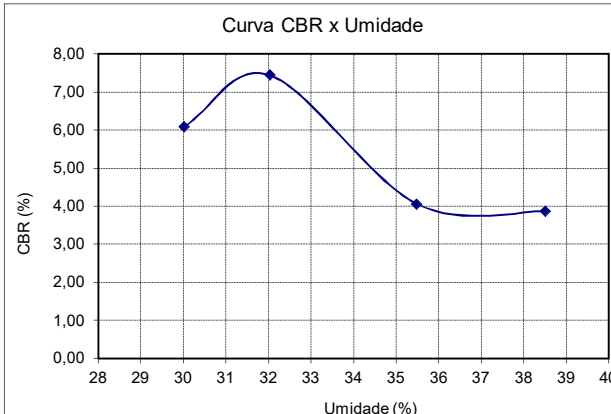
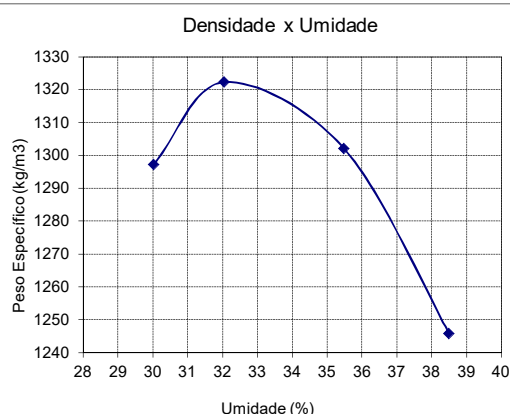
| ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA - CBR  |               |                                          |         |                       |               |                         |                 |
|-------------------------------------|---------------|------------------------------------------|---------|-----------------------|---------------|-------------------------|-----------------|
| LOCAL: APARECIDA DE GOIÂNIA-EIXO 02 |               | Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm: |         | 6,90 MPa              |               |                         |                 |
|                                     |               | Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm: |         | 10,35 MPa             |               |                         |                 |
| ENERGIA: NORMAL                     |               | Diâmetro da base do pistão:              |         | 4,96 cm               |               |                         |                 |
| Laboratório: Solos                  | FURO 04       | Área da base do pistão:                  |         | 19,32 cm <sup>2</sup> |               |                         |                 |
| Data: 17/08/17                      |               | Constante da prensa:                     |         | 0,01 MPa/div          |               |                         |                 |
|                                     |               |                                          |         |                       |               |                         |                 |
| Penetração 01 (mm)                  | Leitura (div) | Pressão calculada (MPa)                  | CBR (%) | Penetração 02 (mm)    | Leitura (div) | Pressão calculada (MPa) | CBR (%)         |
| 0,00                                | 0,00          | 0,00                                     |         | 0,00                  | 0,00          | 0,00                    |                 |
| 0,63                                | 8,00          | 0,08                                     |         | 0,63                  | 13,00         | 0,13                    |                 |
| 1,25                                | 21,00         | 0,21                                     |         | 1,25                  | 28,00         | 0,28                    |                 |
| 2,50                                | 42,00         | 0,42                                     | 6,09    | 2,50                  | 50,00         | 0,50                    | 7,25            |
| 5,00                                | 63,00         | 0,63                                     | 6,09    | 5,00                  | 77,00         | 0,77                    | 7,44            |
| 7,50                                | 85,00         | 0,85                                     |         | 7,50                  | 96,00         | 0,96                    |                 |
| 10,00                               | 91,00         | 0,91                                     |         | 10,00                 | 104,00        | 1,04                    |                 |
|                                     |               |                                          |         |                       |               |                         |                 |
| Penetração 03 (mm)                  | Leitura (div) | Pressão calculada (MPa)                  | CBR (%) | Penetração 04 (mm)    | Leitura (div) | Pressão calculada (MPa) | CBR (%)         |
| 0,00                                | 0,00          | 0,00                                     |         | 0,00                  | 0,00          | 0,00                    |                 |
| 0,63                                | 7,00          | 0,07                                     |         | 0,63                  | 5,00          | 0,05                    |                 |
| 1,25                                | 16,00         | 0,16                                     |         | 1,25                  | 12,00         | 0,12                    |                 |
| 2,50                                | 28,00         | 0,28                                     | 4,06    | 2,50                  | 22,00         | 0,22                    | 3,19            |
| 5,00                                | 41,00         | 0,41                                     | 3,96    | 5,00                  | 40,00         | 0,40                    | 3,86            |
| 7,50                                | 50,00         | 0,50                                     |         | 7,50                  | 61,00         | 0,61                    |                 |
| 10,00                               | 54,00         | 0,54                                     |         | 10,00                 | 65,00         | 0,65                    |                 |
|                                     |               |                                          |         |                       |               |                         |                 |
|                                     |               |                                          |         | Umidade (%)           | C.B.R. (%)    | Umidade (%)             | Densidade Kg/m³ |
|                                     |               |                                          |         | 30,02                 | 6,09          | 30,02                   | 1297            |
|                                     |               |                                          |         | 32,03                 | 7,44          | 32,03                   | 1322            |
|                                     |               |                                          |         | 35,48                 | 4,06          | 35,48                   | 1302            |
|                                     |               |                                          |         | 38,50                 | 3,86          | 38,50                   | 1246            |
|                                     |               |                                          |         |                       |               |                         |                 |
| ENSAIO DE EXPANSÃO                  |               |                                          |         |                       |               |                         |                 |
| Molde N°.                           | 22            | 13                                       | 18      | 56                    |               |                         |                 |
| Leitura Inicial                     | 2,00          | 4,00                                     | 2,00    | 2,00                  |               |                         |                 |
| Leitura Final                       | 2,54          | 4,42                                     | 2,31    | 2,04                  |               |                         |                 |
| L.Final - L.Inicial                 | 0,54          | 0,42                                     | 0,31    | 0,04                  |               |                         |                 |
| Altura cilindro                     | 11,40         | 11,40                                    | 11,40   | 11,40                 |               |                         |                 |
| (LF-LI) / Altura (%)                | 0,47          | 0,37                                     | 0,27    | 0,04                  |               |                         |                 |
| Média (%)                           | 0,29          |                                          |         |                       |               |                         |                 |

**PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA**

| Nº. Molde               | 22   | 13   | 18   | 56   |
|-------------------------|------|------|------|------|
| Solo+Água+M. (g)        | 8240 | 8270 | 8365 | 8355 |
| Peso Molde (g)          | 4705 | 4705 | 4715 | 4785 |
| Peso Solo+Ág. (g)       | 3535 | 3565 | 3650 | 3570 |
| Volume Molde (cm³)      | 2096 | 2042 | 2069 | 2069 |
| Dens. Solo Úm. (Kg/m³)  | 1687 | 1746 | 1764 | 1725 |
| Dens. Solo Seco (Kg/m³) | 1297 | 1322 | 1302 | 1246 |

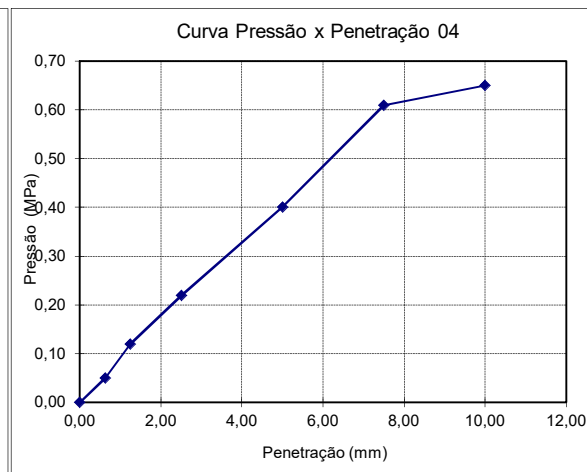
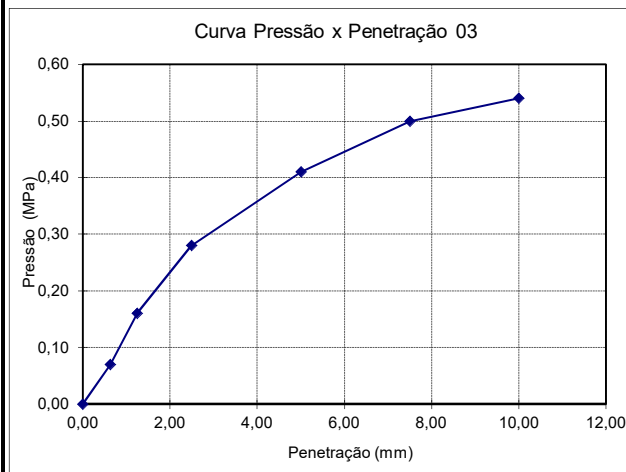
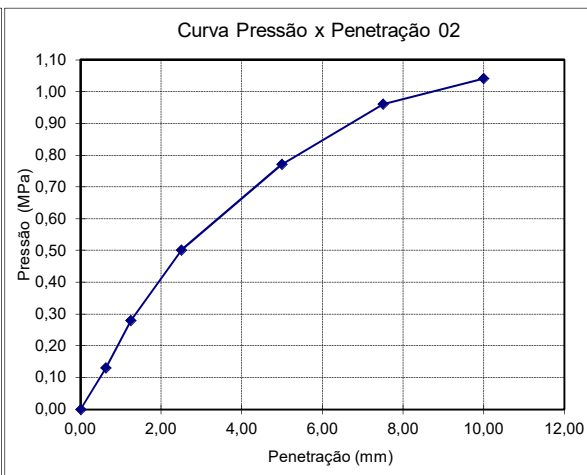
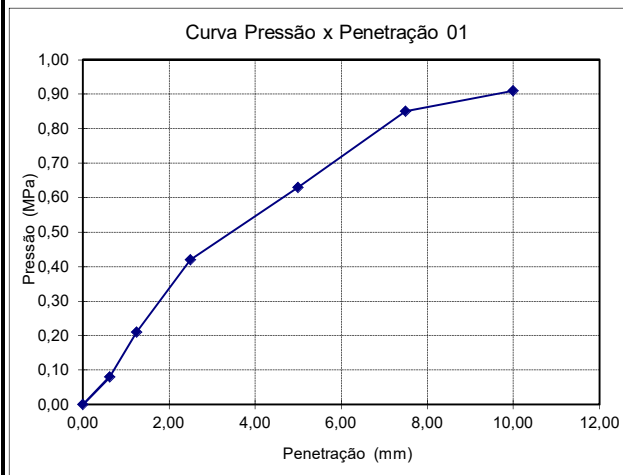
**CÁLCULO DAS UMIDADES DAS CÁPSULAS**

| Cápsula Nº.         | 169   | 161   | 14    | 147   | 152   | 173   | 135   | 140   |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P. Solo Úm.+CA (g)  | 71,79 | 74,91 | 71,18 | 79,42 | 74,35 | 78,02 | 79,62 | 76,45 |
| P. Solo S. + CA (g) | 58,38 | 60,67 | 57,33 | 63,49 | 58,39 | 61,35 | 61,32 | 59,11 |
| Peso Água (g)       | 13,41 | 14,24 | 13,85 | 15,93 | 15,96 | 16,67 | 18,30 | 17,34 |
| Peso Cápsula (g)    | 13,15 | 13,81 | 14,14 | 13,71 | 13,71 | 14,05 | 13,84 | 14,02 |
| P. Solo Seco (g)    | 45,23 | 46,86 | 43,19 | 49,78 | 44,68 | 47,30 | 47,48 | 45,09 |
| Umidade (%)         | 29,65 | 30,39 | 32,07 | 32,00 | 35,72 | 35,24 | 38,54 | 38,46 |
| Umid. Média (%)     |       | 30,02 |       | 32,03 |       | 35,48 |       | 38,50 |



**RESUMO**

|                         |          |                   |
|-------------------------|----------|-------------------|
| <b>UMIDADE ÓTIMA</b>    | <b>=</b> | <b>32 %</b>       |
| <b>DENSIDADE MÁXIMA</b> | <b>=</b> | <b>1322 Kg/m³</b> |
| <b>EXPANSÃO</b>         | <b>=</b> | <b>0,29 %</b>     |
| <b>ISC FINAL</b>        | <b>=</b> | <b>7,5 %</b>      |



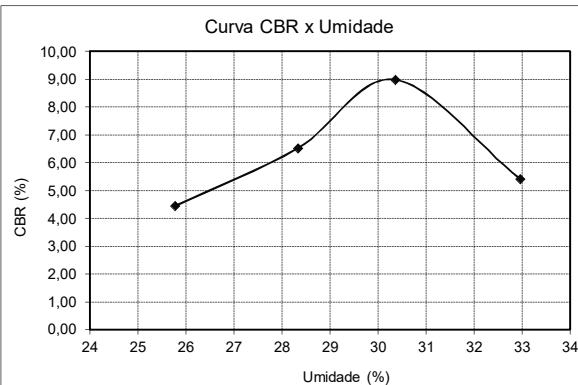
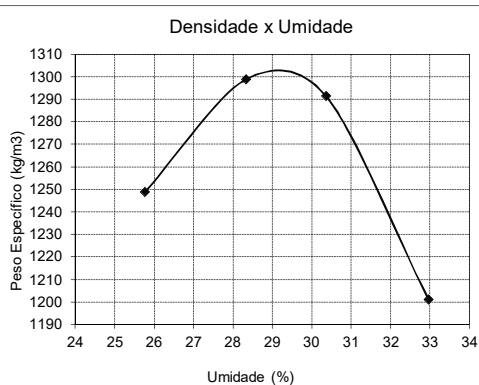
| ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA - CBR  |                  |                               |            |                                          |                  |                               |                                |
|-------------------------------------|------------------|-------------------------------|------------|------------------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| LOCAL: APARECIDA DE GOIÂNIA-EIXO 02 |                  |                               |            | Pressão padrão p/ penetração de 2,54 mm: |                  | 6,90 MPa                      |                                |
|                                     |                  |                               |            | Pressão padrão p/ penetração de 5,08 mm: |                  | 10,35 MPa                     |                                |
| ENERGIA: NORMAL                     |                  |                               |            | Diâmetro da base do pistão:              |                  | 4,96 cm                       |                                |
| Laboratório: Solos                  |                  | FURO 06                       |            | Área da base do pistão:                  |                  | 19,32 cm <sup>2</sup>         |                                |
| Data: 21/08/2017                    |                  |                               |            | Constante da prensa:                     |                  | 0,01 MPa/div                  |                                |
| Penetração<br>01<br>(mm)            | Leitura<br>(div) | Pressão<br>calculada<br>(MPa) | CBR<br>(%) | Penetração<br>02<br>(mm)                 | Leitura<br>(div) | Pressão<br>calculada<br>(MPa) | CBR<br>(%)                     |
| 0,00                                | 0,00             | 0,00                          |            | 0,00                                     | 0,00             | 0,00                          |                                |
| 0,63                                | 6,00             | 0,06                          |            | 0,63                                     | 8,00             | 0,08                          |                                |
| 1,25                                | 13,00            | 0,13                          |            | 1,25                                     | 21,00            | 0,21                          |                                |
| 2,50                                | 28,00            | 0,28                          | 4,06       | 2,50                                     | 45,00            | 0,45                          | 6,52                           |
| 5,00                                | 46,00            | 0,46                          | 4,44       | 5,00                                     | 67,00            | 0,67                          | 6,47                           |
| 7,50                                | 59,00            | 0,59                          |            | 7,50                                     | 88,00            | 0,88                          |                                |
| 10,00                               | 65,00            | 0,65                          |            | 10,00                                    | 94,00            | 0,94                          |                                |
| Penetração<br>03<br>(mm)            | Leitura<br>(div) | Pressão<br>calculada<br>(MPa) | CBR<br>(%) | Penetração<br>04<br>(mm)                 | Leitura<br>(div) | Pressão<br>calculada<br>(MPa) | CBR<br>(%)                     |
| 0,00                                | 0,00             | 0,00                          |            | 0,00                                     | 0,00             | 0,00                          |                                |
| 0,63                                | 7,00             | 0,07                          |            | 0,63                                     | 6,00             | 0,06                          |                                |
| 1,25                                | 25,00            | 0,25                          |            | 1,25                                     | 14,00            | 0,14                          |                                |
| 2,50                                | 62,00            | 0,62                          | 8,99       | 2,50                                     | 31,00            | 0,31                          | 4,49                           |
| 5,00                                | 93,00            | 0,93                          | 8,99       | 5,00                                     | 56,00            | 0,56                          | 5,41                           |
| 7,50                                | 128,00           | 1,28                          |            | 7,50                                     | 74,00            | 0,74                          |                                |
| 10,00                               | 136,00           | 1,36                          |            | 10,00                                    | 80,00            | 0,80                          |                                |
|                                     |                  |                               |            |                                          |                  |                               |                                |
|                                     |                  |                               |            | Umidade<br>(%)                           | C.B.R.<br>(%)    | Umidade<br>(%)                | Densidade<br>Kg/m <sup>3</sup> |
|                                     |                  |                               |            | 25,77                                    | 4,44             | 25,77                         | 1249                           |
|                                     |                  |                               |            | 28,33                                    | 6,52             | 28,33                         | 1299                           |
|                                     |                  |                               |            | 30,36                                    | 8,99             | 30,36                         | 1291                           |
|                                     |                  |                               |            | 32,96                                    | 5,41             | 32,96                         | 1201                           |
|                                     |                  |                               |            |                                          |                  |                               |                                |
| ENSAIO DE EXPANSÃO                  |                  |                               |            |                                          |                  |                               |                                |
| Molde N°.                           | 46               | 41                            | 25         | 44                                       |                  |                               |                                |
| Leitura Inicial                     | 2,00             | 2,00                          | 2,00       | 2,00                                     |                  |                               |                                |
| Leitura Final                       | 2,68             | 2,58                          | 2,02       | 1,94                                     |                  |                               |                                |
| L.Final - L.Inicial                 | 0,68             | 0,58                          | 0,02       | -0,06                                    |                  |                               |                                |
| Altura cilindro                     | 11,50            | 11,60                         | 11,50      | 11,50                                    |                  |                               |                                |
| (LF-LI) / Altura (%)                | 0,59             | 0,50                          | 0,02       | -0,05                                    |                  |                               |                                |
| Média (%)                           | 0,26             |                               |            |                                          |                  |                               |                                |

**PESO ESPECÍFICO DOS CORPOS DE PROVA**

| Nº. Molde               | 46   | 41   | 25   | 44   |
|-------------------------|------|------|------|------|
| Solo+Água+M. (g)        | 8020 | 8420 | 9025 | 8845 |
| Peso Molde (g)          | 4745 | 4915 | 5515 | 5515 |
| Peso Solo+Ág. (g)       | 3275 | 3505 | 3510 | 3330 |
| Volume Molde (cm³)      | 2085 | 2103 | 2085 | 2085 |
| Dens. Solo Úm. (Kg/m³)  | 1571 | 1667 | 1683 | 1597 |
| Dens. Solo Seco (Kg/m³) | 1249 | 1299 | 1291 | 1201 |

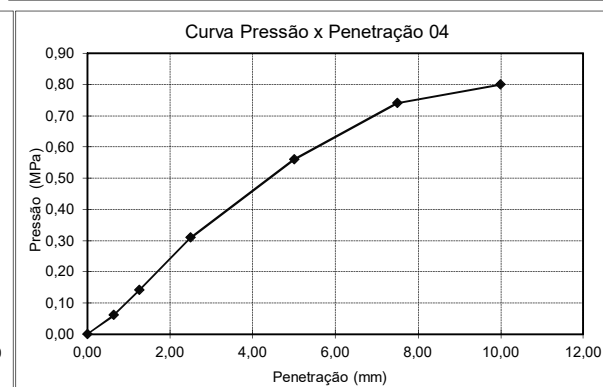
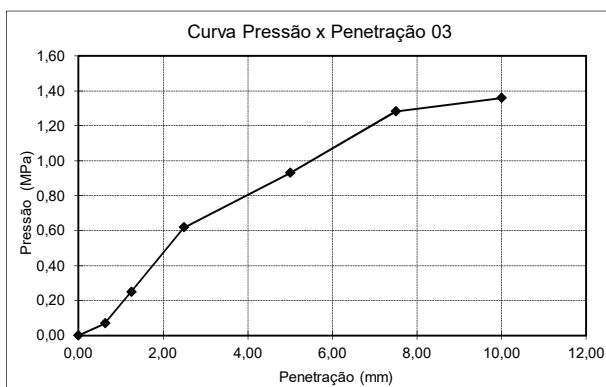
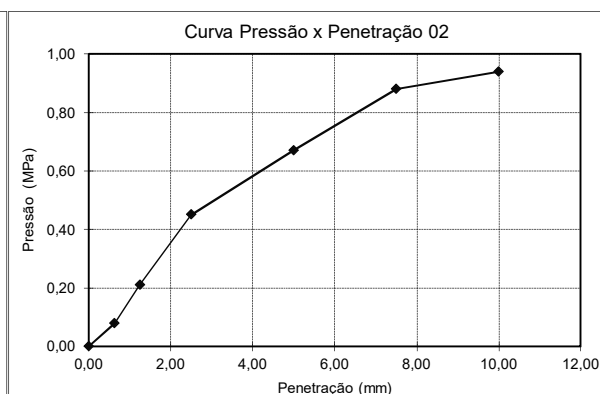
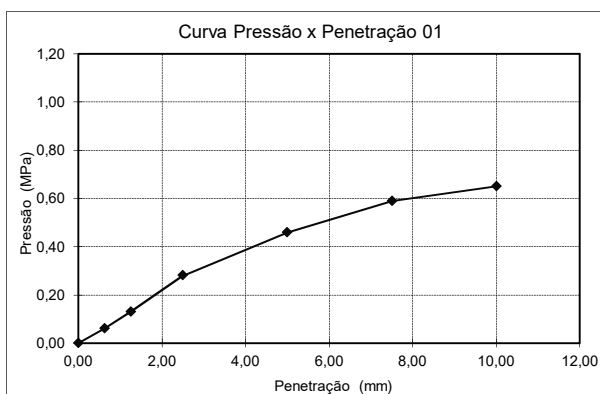
**CÁLCULO DAS UMIDADES DAS CÁPSULAS**

| Cápsula Nº.         | 58     | 88    | 60     | 75    | 80    | 38    | 35    | 87    |
|---------------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P. Solo Úm.+CA (g)  | 104,39 | 95,21 | 108,37 | 92,67 | 86,61 | 91,36 | 93,37 | 91,47 |
| P. Solo S. + CA (g) | 85,83  | 78,69 | 87,38  | 75,09 | 69,27 | 73,00 | 73,42 | 72,04 |
| Peso Água (g)       | 18,56  | 16,52 | 20,99  | 17,58 | 17,34 | 18,36 | 19,95 | 19,43 |
| Peso Cápsula (g)    | 14,20  | 14,24 | 13,27  | 13,06 | 12,30 | 12,36 | 12,65 | 13,34 |
| P. Solo Seco (g)    | 71,63  | 64,45 | 74,11  | 62,03 | 56,97 | 60,64 | 60,77 | 58,70 |
| Umidade (%)         | 25,91  | 25,63 | 28,32  | 28,34 | 30,44 | 30,28 | 32,83 | 33,10 |
| Umid. Média (%)     |        | 25,77 |        | 28,33 |       | 30,36 |       | 32,96 |



**RESUMO**

|                  |   |            |
|------------------|---|------------|
| UMIDADE ÓTIMA    | = | 29,2 %     |
| DENSIDADE MÁXIMA | = | 1304 Kg/m³ |
| EXPANSÃO         | = | 0,26 %     |
| ISC FINAL        | = | 7,7 %      |



## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

|               |                      |              |          |
|---------------|----------------------|--------------|----------|
| <b>LOCAL</b>  | APARECIDA DE GOIÂNIA | <b>DATA:</b> | 12/08/17 |
| <b>TRECHO</b> | EIXO 02              | <b>FURO:</b> | 1        |

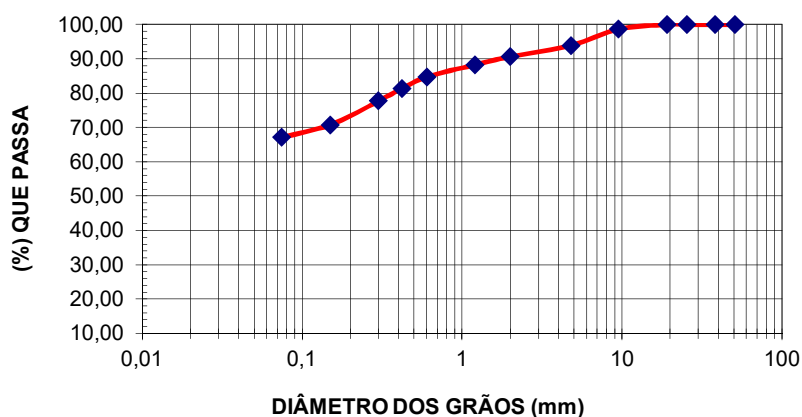
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

| UMIDADE HIGROSCÓPICA        |           | AMOSTRA TOTAL                      |     | RESUMO DA GRANULOMETRIA         |        |
|-----------------------------|-----------|------------------------------------|-----|---------------------------------|--------|
| CÁPSULA E SOLO ÚMIDO (g)    | 102,860   | AMOSTRA TOTAL ÚMIDA (g)            | 711 | PEDREGULHO: ACIMA DE 2,0 mm (%) | 9,38   |
| CÁPSULA E SOLO SECO (g)     | 91,110    | <b>PEDREGULHO (g)</b>              | 59  | AREIA GROSSA: 2,0 - 0,42 mm (%) | 9,22   |
| CÁPSULA N°                  | <b>49</b> | <b>PASSANDO NA N° 10 ÚMIDA (g)</b> | 652 | AREIA FINA: 0,42 - 0,05 mm (%)  | 14,31  |
| PESO DA UMIDADE (g)         | 11,75     | <b>PESO DA UMIDADE (g)</b>         | 85  | ARGILA : AB. DE 0,001 mm (%)    | 67,09  |
| PESO DO SOLO SECO (g)       | 78,91     | <b>PASSANDO NA N° 10 SECA (g)</b>  | 568 | TOTAL (%)                       | 100,00 |
| UMIDADE HIGROSCÓPICA (%)    | 14,890    | <b>AMOSTRA TOTAL SECA (g)</b>      | 626 |                                 |        |
| FATOR DE CORREÇÃO 100/100+H | 0,870     |                                    |     |                                 |        |

### PENEIRAÇÃO DA AMOSTRA TOTAL

| PENEIRA | PESO (g) | PENEIRA (mm) | MATERIAL RETIDO    |             | % QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL |
|---------|----------|--------------|--------------------|-------------|------------------------------|
|         |          |              | % DA AMOSTRA TOTAL | % ACUMULADA |                              |
| 2"      |          | 50,8         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 1 1/2"  |          | 38,1         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 1"      |          | 25,4         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 3/4"    |          | 19,1         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 3/8"    | 8,55     | 9,5          | 1,36               | 1,36        | 98,64                        |
| N° 4    | 29,65    | 4,8          | 4,73               | 6,10        | 93,90                        |
| N° 10   | 20,54    | 2,0          | 3,28               | 9,38        | 90,62                        |
| N, 16   | 14,79    | 1,2          | 2,36               | 11,74       | 88,26                        |
| N, 30   | 22,34    | 0,6          | 3,57               | 15,30       | 84,70                        |
| N, 40   | 20,63    | 0,42         | 3,29               | 18,60       | 81,40                        |
| N, 50   | 22,95    | 0,30         | 3,66               | 22,26       | 77,74                        |
| N, 100  | 43,66    | 0,15         | 6,97               | 29,23       | 70,77                        |
| N, 200  | 23,03    | 0,074        | 3,68               | 32,91       | 67,09                        |

### GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO



## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

|               |                      |              |          |
|---------------|----------------------|--------------|----------|
| <b>LOCAL</b>  | APARECIDA DE GOIÂNIA | <b>DATA:</b> | 17/08/17 |
| <b>TRECHO</b> | EIXO 02              | <b>FURO:</b> | 4        |

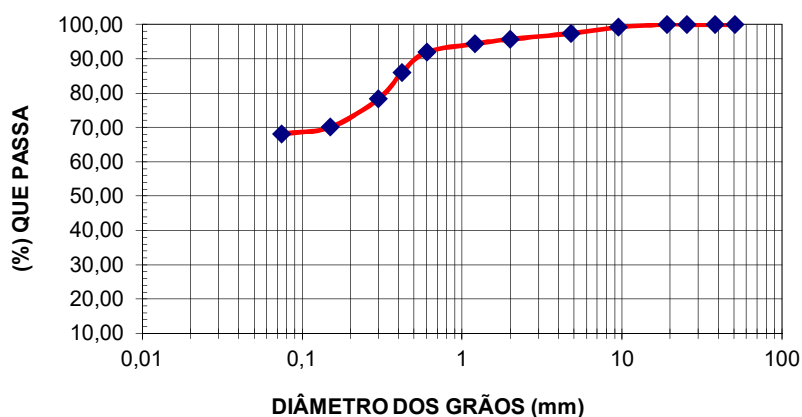
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

| UMIDADE HIGROSCÓPICA        |        | AMOSTRA TOTAL                      |     | RESUMO DA GRANULOMETRIA         |        |
|-----------------------------|--------|------------------------------------|-----|---------------------------------|--------|
| CÁPSULA E SOLO ÚMIDO (g)    | 83,650 | AMOSTRA TOTAL ÚMIDA (g)            | 740 | PEDREGULHO: ACIMA DE 2,0 mm (%) | 4,27   |
| CÁPSULA E SOLO SECO (g)     | 71,500 | <b>PEDREGULHO (g)</b>              | 26  | AREIA GROSSA: 2,0 - 0,42 mm (%) | 9,74   |
| CÁPSULA N°                  | 4      | <b>PASSANDO NA N° 10 ÚMIDA (g)</b> | 714 | AREIA FINA: 0,42 - 0,075 mm (%) | 17,85  |
| PESO DA UMIDADE (g)         | 12,15  | <b>PESO DA UMIDADE (g)</b>         | 120 | ARGILA: AB. DE 0,075 mm (%)     | 68,13  |
| PESO DO SOLO SECO (g)       | 59,82  | <b>PASSANDO NA N° 10 SECA (g)</b>  | 593 | TOTAL (%)                       | 100,00 |
| UMIDADE HIGROSCÓPICA (%)    | 20,311 | <b>AMOSTRA TOTAL SECA (g)</b>      | 620 |                                 |        |
| FATOR DE CORREÇÃO 100/100+H | 0,831  |                                    |     |                                 |        |

### PENEIRAÇÃO DA AMOSTRA TOTAL

| PENEIRA | PESO (g) | PENEIRA (mm) | MATERIAL RETIDO    |             | % QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL |
|---------|----------|--------------|--------------------|-------------|------------------------------|
|         |          |              | % DA AMOSTRA TOTAL | % ACUMULADA |                              |
| 2"      |          | 50,8         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 1 1/2"  |          | 38,1         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 1"      |          | 25,4         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 3/4"    |          | 19,1         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 3/8"    | 4,96     | 9,5          | 0,80               | 0,80        | 99,20                        |
| N° 4    | 11,09    | 4,8          | 1,79               | 2,59        | 97,41                        |
| N° 10   | 10,43    | 2,0          | 1,68               | 4,27        | 95,73                        |
| N, 16   | 8,59     | 1,2          | 1,39               | 5,66        | 94,34                        |
| N, 30   | 14,82    | 0,6          | 2,39               | 8,05        | 91,95                        |
| N, 40   | 36,95    | 0,42         | 5,96               | 14,02       | 85,98                        |
| N, 50   | 47,52    | 0,30         | 7,67               | 21,69       | 78,31                        |
| N, 100  | 51,04    | 0,15         | 8,24               | 29,93       | 70,07                        |
| N, 200  | 12,02    | 0,074        | 1,94               | 31,87       | 68,13                        |

### GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO





## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAMENTO

|               |                      |              |          |
|---------------|----------------------|--------------|----------|
| <b>LOCAL</b>  | APARECIDA DE GOIÂNIA | <b>DATA:</b> | 21/08/17 |
| <b>TRECHO</b> | EIXO 02              | <b>FUO:</b>  | 6        |

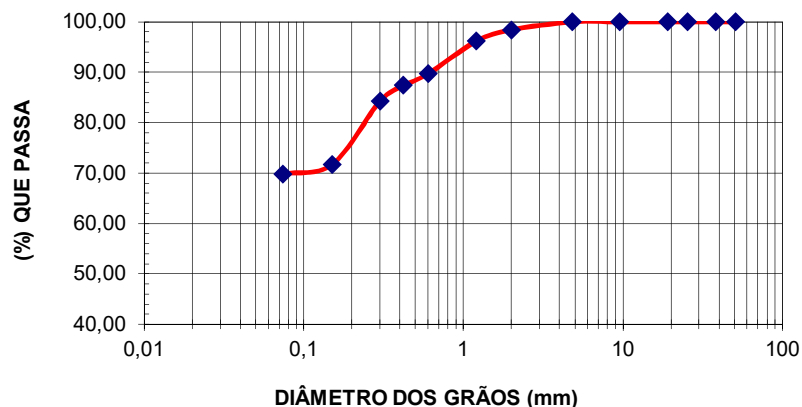
### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

| UMIDADE HIGROSCÓPICA        |        | AMOSTRA TOTAL                      |     | RESUMO DA GRANULOMETRIA         |               |
|-----------------------------|--------|------------------------------------|-----|---------------------------------|---------------|
| CÁPSULA E SOLO ÚMIDO (g)    | 94,670 | AMOSTRA TOTAL ÚMIDA (g)            | 723 | PEDREGULHO: ACIMA DE 2,0 mm (%) | 1,58          |
| CÁPSULA E SOLO SECO (g)     | 93,570 | <b>PEDREGULHO (g)</b>              | 11  | AREIA GROSSA: 2,0 - 0,42 mm (%) | 11,01         |
| CÁPSULA Nº <b>68</b>        | 11,92  | <b>PASSANDO NA Nº 10 ÚMIDA (g)</b> | 712 | AREIA FINA: 0,42 - 0,075 mm (%) | 17,55         |
| PESO DA UMIDADE (g)         | 1,1    | <b>PESO DA UMIDADE (g)</b>         | 9   | ARGILA : AB. DE 0,075 mm (%)    | 69,86         |
| PESO DO SOLO SECO (g)       | 81,65  | <b>PASSANDO NA Nº 10 SECA (g)</b>  | 702 | <b>TOTAL (%)</b>                | <b>100,00</b> |
| UMIDADE HIGROSCÓPICA (%)    | 1,347  | <b>AMOSTRA TOTAL SECA (g)</b>      | 714 |                                 |               |
| FATOR DE CORREÇÃO 100/100+H | 0,987  |                                    |     |                                 |               |

### PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL

| PENEIRA | PESO (g) | PENEIRA (mm) | MATERIAL RETIDO    |             | % QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL |
|---------|----------|--------------|--------------------|-------------|------------------------------|
|         |          |              | % DA AMOSTRA TOTAL | % ACUMULADA |                              |
| 2"      |          | 50,8         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 1 1/2"  |          | 38,1         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 1"      |          | 25,4         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 3/4"    |          | 19,1         | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| 3/8"    |          | 9,5          | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| Nº 4    |          | 4,8          | 0,00               | 0,00        | 100,00                       |
| Nº 10   | 11,24    | 2,0          | 1,58               | 1,58        | 98,42                        |
| N, 16   | 16,10    | 1,2          | 2,26               | 3,83        | 96,17                        |
| N, 30   | 46,25    | 0,6          | 6,48               | 10,31       | 89,69                        |
| N, 40   | 16,24    | 0,42         | 2,28               | 12,59       | 87,41                        |
| N, 50   | 22,37    | 0,30         | 3,14               | 15,72       | 84,28                        |
| N, 100  | 89,64    | 0,15         | 12,56              | 28,29       | 71,71                        |
| N, 200  | 13,25    | 0,075        | 1,86               | 30,14       | 69,86                        |

### GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO



| ENSAIOS FÍSICOS        |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|----------|---------------|-------------------------|------------------------|
| LOCAL:                 | APARECIDA DE GOIÂNIA     |                         |             |          | DATA:         | 12/08/17                |                        |
| TRECHO:                | EIXO 02                  |                         |             |          | FURO:         | 1                       |                        |
| LIMITE DE LIQUEDEZ     |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
| CÁPSULA Nº:            | CÁPSULA E SOLO ÚMIDO (g) | CÁPSULA E SOLO SECO (g) | CÁPSULA (g) | ÁGUA (g) | SOLO SECO (g) | Nº GOLPES               | % DE ÁGUA              |
| 40                     | 29,430                   | 25,170                  | 12,35       | 4,260    | 12,82         | 40                      | 33,2                   |
| 11                     | 28,730                   | 24,030                  | 10,30       | 4,700    | 13,73         | 31                      | 34,2                   |
| 34                     | 30,780                   | 26,020                  | 12,69       | 4,760    | 13,33         | 25                      | 35,7                   |
| 37                     | 30,520                   | 25,720                  | 12,76       | 4,800    | 12,96         | 20                      | 37,0                   |
| 48                     | 28,880                   | 23,48                   | 9,73        | 5,400    | 13,75         | 13                      | 39,3                   |
|                        |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
|                        |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
| LIMITE DE PLASTICIDADE |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
| CÁPSULA Nº             | CÁPSULA E SOLO ÚMIDO (g) | CÁPSULA E SOLO SECO (g) | CÁPSULA (g) | ÁGUA (g) | SOLO SECO (g) | % DE ÁGUA               | LIMITE DE PLASTICIDADE |
| 90                     | 6,990                    | 6,750                   | 5,77        | 0,24     | 0,98          | 24,49                   |                        |
| 130                    | 7,980                    | 7,710                   | 6,65        | 0,270    | 1,06          | 25,47                   |                        |
| 121                    | 7,380                    | 7,110                   | 6,07        | 0,27     | 1,04          | 25,96                   | 25,4                   |
| 115                    | 7,250                    | 6,990                   | 5,96        | 0,260    | 1,03          | 25,24                   |                        |
| 123                    | 7,430                    | 7,140                   | 6,02        | 0,290    | 1,12          | 25,89                   |                        |
|                        |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
|                        |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
|                        |                          |                         |             |          |               | LIMITE DE LIQUEDEZ:     | 35,7                   |
|                        |                          |                         |             |          |               | LIMITE DE PLASTICIDADE: | 25,4                   |
|                        |                          |                         |             |          |               | ÍNDICE DE PLASTICIDADE: | 10,2                   |

Limite de liquidez

Umidade (%)

40,0

39,0

38,0

37,0

36,0

35,0

34,0

33,0

32,0

10

100

Número de golpes

<

| ENSAIOS FÍSICOS        |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|----------|---------------|-------------------------|------------------------|
| LOCAL:                 | APARECIDA DE GOIÂNIA     |                         |             |          | DATA:         | 17/08/17                |                        |
| TRECHO:                | EIXO 02                  |                         |             |          | FURO:         | 4                       |                        |
| LIMITE DE LIQUEDEZ     |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
| CÁPSULA Nº:            | CÁPSULA E SOLO ÚMIDO (g) | CÁPSULA E SOLO SECO (g) | CÁPSULA (g) | ÁGUA (g) | SOLO SECO (g) | Nº GOLPES               | % DE ÁGUA              |
| 32                     | 25,290                   | 21,140                  | 10,49       | 4,150    | 10,65         | 50                      | 39,0                   |
| 19                     | 26,260                   | 21,400                  | 9,20        | 4,860    | 12,20         | 39                      | 39,8                   |
| 35                     | 26,850                   | 22,150                  | 10,70       | 4,700    | 11,45         | 32                      | 41,0                   |
| 8                      | 28,920                   | 23,810                  | 11,74       | 5,110    | 12,07         | 25                      | 42,3                   |
| 22                     | 27,050                   | 21,9                    | 10,37       | 5,150    | 11,53         | 16                      | 44,7                   |
|                        |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
|                        |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
| LIMITE DE PLASTICIDADE |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
| CÁPSULA Nº             | CÁPSULA E SOLO ÚMIDO (g) | CÁPSULA E SOLO SECO (g) | CÁPSULA (g) | ÁGUA (g) | SOLO SECO (g) | % DE ÁGUA               | LIMITE DE PLASTICIDADE |
| 126                    | 6,730                    | 6,530                   | 5,78        | 0,2      | 0,75          | 26,67                   |                        |
| 113                    | 6,640                    | 6,420                   | 5,62        | 0,220    | 0,80          | 27,50                   |                        |
| 119                    | 7,130                    | 6,920                   | 6,16        | 0,21     | 0,76          | 27,63                   | 26,9                   |
| 109                    | 6,850                    | 6,610                   | 5,74        | 0,240    | 0,87          | 27,59                   |                        |
| 112                    | 7,600                    | 7,390                   | 6,57        | 0,210    | 0,82          | 25,61                   |                        |
|                        |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
|                        |                          |                         |             |          |               |                         |                        |
|                        |                          |                         |             |          |               | LIMITE DE LIQUEDEZ:     | 42,3                   |
|                        |                          |                         |             |          |               | LIMITE DE PLASTICIDADE: | 26,9                   |
|                        |                          |                         |             |          |               | ÍNDICE DE PLASTICIDADE: | 15,4                   |

Limite de liquidez

Umidade (%)

Número de golpes

$y = -5,115\ln(x) + 58,796$

| ENSAIOS FÍSICOS |                      |       |          |
|-----------------|----------------------|-------|----------|
| LOCAL           | APARECIDA DE GOIÂNIA | DATA: | 21/08/17 |
| TRECHO          | EIXO 02              | FURO: | 6        |

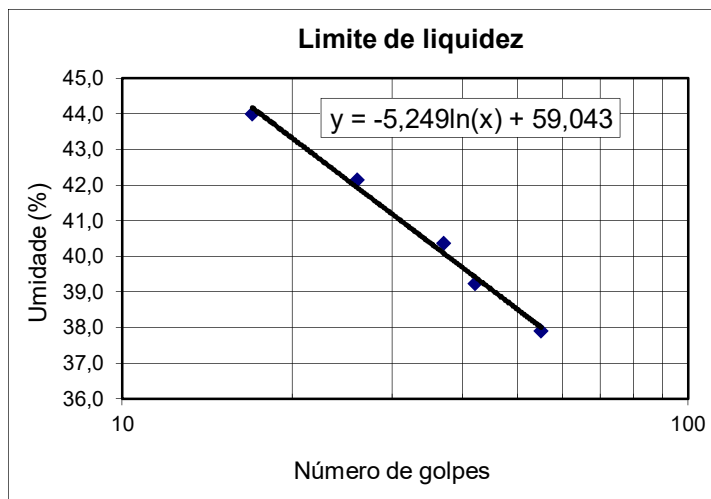
#### LIMITE DE LIQUEDEZ

| CÁPSULA Nº: | CÁPSULA E SOLO ÚMIDO (g) | CÁPSULA E SOLO SECO (g) | CÁPSULA (g) | ÁGUA (g) | SOLO SECO (g) | Nº GOLPES | % DE ÁGUA |
|-------------|--------------------------|-------------------------|-------------|----------|---------------|-----------|-----------|
| 27          | 25,34                    | 21,02                   | 9,62        | 4,32     | 11,40         | 55        | 37,9      |
| 28          | 28,82                    | 23,63                   | 10,40       | 5,19     | 13,23         | 42        | 39,2      |
| 11          | 28,32                    | 23,14                   | 10,31       | 5,18     | 12,83         | 37        | 40,4      |
| 9           | 30,88                    | 25,09                   | 11,35       | 5,79     | 13,74         | 26        | 42,1      |
| 26          | 31,05                    | 25,01                   | 11,28       | 6,04     | 13,73         | 17        | 44,0      |
|             |                          |                         |             |          |               |           |           |
|             |                          |                         |             |          |               |           |           |

#### LIMITE DE PLASTICIDADE

| CÁPSULA Nº | CÁPSULA E SOLO ÚMIDO (g) | CÁPSULA E SOLO SECO (g) | CÁPSULA (g) | ÁGUA (g) | SOLO SECO (g) | % DE ÁGUA | LIMITE DE PLASTICIDADE |
|------------|--------------------------|-------------------------|-------------|----------|---------------|-----------|------------------------|
| 77         | 7,430                    | 6,950                   | 5,12        | 0,48     | 1,83          | 26,23     |                        |
| 87         | 7,480                    | 7,140                   | 5,86        | 0,340    | 1,28          | 26,56     |                        |
| 88         | 8,070                    | 7,590                   | 5,78        | 0,48     | 1,81          | 26,52     | 26,4                   |
| 99         | 7,960                    | 7,470                   | 5,56        | 0,490    | 1,91          | 25,65     |                        |
| 100        | 8,410                    | 7,960                   | 6,27        | 0,450    | 1,69          | 26,63     |                        |
|            |                          |                         |             |          |               |           |                        |
|            |                          |                         |             |          |               |           |                        |

|                         |      |
|-------------------------|------|
| LIMITE DE LIQUEDEZ:     | 42,1 |
| LIMITE DE PLASTICIDADE: | 26,4 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDADE: | 15,7 |



## **Planta de Locação das Sondagens a Trado – Eixo 02**

## **Plantas de Pavimentação - Eixo 02**