

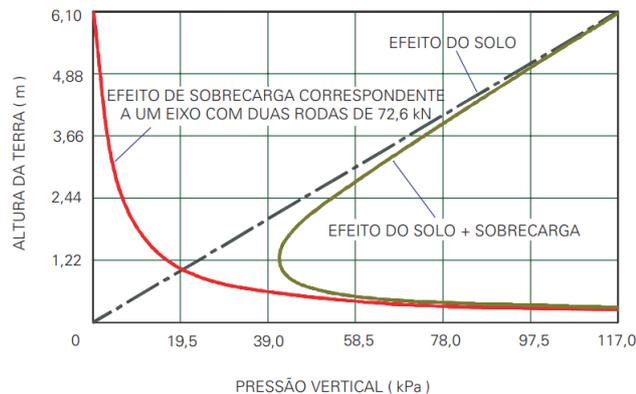


**LAJE E BOCA PARA BUEIRO CELULAR TRPLO EM
CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADO
3,00 x 3,00 m
ESTRUTURAL E FUNDAÇÕES**

1) Projeto Estrutural

1.1) Laje de Apoio

A laje de apoio que receberá as aduelas pré-moldadas foi dimensionada como pavimento sobre fundação direta utilizando-se o software de cálculo Belgo Pavimento, considerando como carregamento atuante uma carga uniformemente distribuída de 137,7 kN/m² (altura total de aterro de 7,65 m e peso específico do solo de 1.800 kg/m³) com fator de segurança de 1,2. Tal consideração simplificada se deve ao fato de que, como demonstra a normativa de cálculo de carregamentos sobre galerias do Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS-ABTC) a partir de 1,22 m de profundidade a carga rodoviária (já devidamente ponderada pelo coeficiente de impacto) se dissipa praticamente por completo e daí em diante prepondera o efeito da carga do solo (estática), assim como pode ser verificado na imagem abaixo, retirada do manual do próprio instituto:



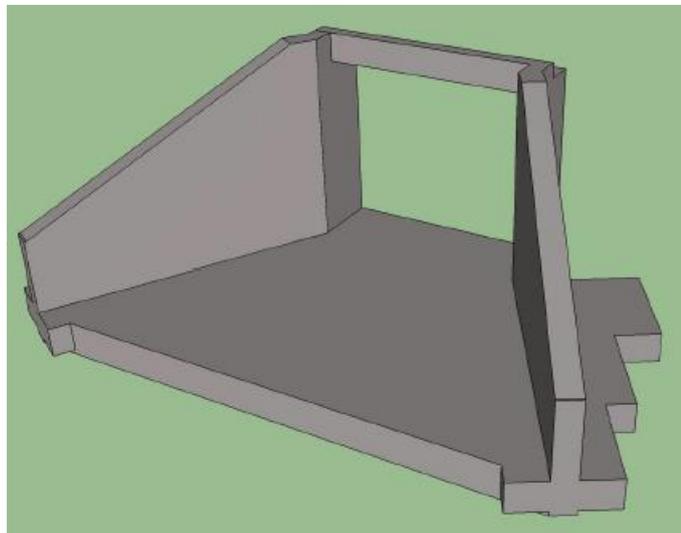
Assim, utilizando o cobrimento fixado em 3,5 cm e a espessura mínima de laje lisa determinada pela NBR 6118 de 16 cm, simulou-se todas as outras variáveis (f_{ck} do concreto, CBR do subleito, tipo e espessura da sub-base, tipo de acabamento superficial e tipo de ambiente) até que se atingisse uma solução que não fosse de armadura dupla, mesmo que isso significasse aumento da espessura da laje. Nesses termos, obteve-se uma solução estrutural de armadura simples (resultando num coeficiente k do sistema de fundação de 0,144 N/mm³) com os seguintes critérios:

- f_{ck} do concreto = 25 MPa para uma espessura de laje de 16 cm
- CBR do subleito $\geq 20\%$
- Sub-base em solo-cimento com 10 cm de espessura
- Acabamento superficial revestido e Ambiente interno
- Armadura simples superior nas duas direções com taxa de 5,045 cm²/m (tela Q503)

As aduelas, por serem pré-fabricadas, devem seguir dimensionamento do fabricante, considerando a altura de aterro sobre sua laje superior variando entre 3,5 m e 4,5 m.

1.2) Bocas

O modelo de cálculo utilizado para o dimensionamento das bocas foi por elementos finitos triangulares tipo lâmina espessa tridimensional, que considera a deformação por esforço cortante. São formados por seis nós, nos vértices e nos pontos médios dos lados, com seis graus de liberdade cada um. Realiza-se uma malha da passagem inferior em função das dimensões (espessuras e vãos). Em cada nó obtêm-se, através de uma análise elástica e linear, oito esforços com os quais se verifica e dimensiona a seção de concreto e a armadura. A partir dos deslocamentos verifica-se a flecha, tensões sobre o terreno, descolamentos da laje de fundação etc. O software de apoio para desenvolvimento dos projetos foi o Galerias e software utilizado para os projetos complementares é o Cypecad, ambos da Cype. A modelagem básica da estrutura da boca contém duas alas de dimensões variáveis simétricas, apoiadas por sapatas também de dimensões variáveis ligadas por duas vigas baldrame em suas extremidades, finalizados por uma laje cobrimento e uma viga superior agregando todos os elementos num conjunto hiperestático, como pode ser verificado na imagem abaixo:



A norma para concreto armado utilizada na orientação dos cálculos foi a NBR6118, considerando concreto com $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$, aço CA-50 e cobrimento geral de armaduras de 3,5 cm.

As especificações adotadas referentes ao terreno foram:

- a) Módulo de Winkler: 2.000 t/m^3
- b) Tensão admissível mínima na base: $0,5 \text{ kg/cm}^2$
- c) Densidade aparente: $1,8 \text{ kg/dm}^3$
- d) Ângulo de atrito interno: 17°
- e) Coesão: $1,0 \text{ t/m}^2$
- f) Porcentagem de atrito terreno muro: 0%

O ângulo de transmissão das cargas foi definido com base no Método empírico de Kögler

e Scheidig para a propagação e distribuição das tensões, que estabelece 30° para solos predominantemente argilosos e pouco rígidos, que é o caso de subleito predominante em aterros.

Assim, utilizando-se as dimensões dos elementos estruturais e as taxas de armaduras constantes das plantas executivas apresentadas, todas as verificações realizadas pelo software foram integralmente cumpridas, permitindo a implantação do sistema proposto.

2) Projeto de Fundações

Os relatórios de sondagem que no local da implantação do bueiro indicaram um perfil de solos argilo-arenosos de consistência mole a profundidades consideráveis. Então, baseando-se nos critérios mínimos de condições de apoio direto exigidos no dimensionamento da laje de apoio através do software supracitado, onde foi necessário elevar o CBR do subleito a 20% e acima, a solução disponível foi a de melhoramento da capacidade de suporte do solo através de penetração forçada de material pétreo (pedra marroada) até a profundidade de 2,0 m, atingindo dessa forma o índice de suporte necessário segundo os fundamentos considerados pelo software. Além disso, com o objetivo de reduzir a expansão do subleito e evitar excesso de tensões de tração na laje, foi, também como resultado do dimensionamento da laje de apoio através do software, necessária a inserção de uma camada de sub-base de 10 cm com adição de cimento.