



PREFEITURA MUNICIPAL DE  
**ARATIBA**  
RIO GRANDE DO SUL

## **MEMORIAL TÉCNICO DESCRITIVO**

**PONTE EM CONCRETO ARMADO PROTENDIDO**  
ARATIBA, RIO GRANDE DO SUL

**RESPONSÁVEL TÉCNICO:**

DALTRO VANSO  
ENGENHEIRO CIVIL – CREA: PR 080.167

Aratiba, 10 de junho de 2024.

## **1.0 - GENERALIDADES**

Trata o presente memorial de estabelecer diretrizes para o serviço de execução de ponte em concreto armado localizada no interior, conforme prancha Situação em anexo, neste município de Aratiba, Estado do Rio Grande do Sul. Para a interpretação deste documento é imprescindível o acompanhamento do projeto em anexo, no qual deverá ser executada rigorosamente de acordo com o memorial descritivo e projetos, sendo necessária a prévia demarcação do local através do auxílio do topógrafo.

Toda e qualquer alteração que por necessidade deva ser introduzida nos projetos ou nas especificações visando melhorias, só serão admitidas mediante consulta prévia e autorização da fiscalização da Contratante. Todos os materiais e serviços utilizados nas obras deverão seguir as Normas Técnicas e recomendações de execução do DAER/RS e/ou ABNT. A fiscalização da Contratante se reserva no direito de a qualquer momento durante a execução dos serviços solicitar a paralisação ou mesmo mandar refazer-los, quando os mesmos não se apresentarem de acordo com as especificações, detalhes ou normas de boa técnica. A Contratada deverá, durante a execução de todos os serviços previstos para conclusão da obra, observar as normas de segurança do trabalho para os colaboradores responsáveis pela sua execução. A Contratada deverá visitar o local onde serão executadas as obras, sendo que não serão aceitas alegações de desconhecimento dos serviços a serem realizados.

A contratada deverá dispor de um diário de obra onde serão devidamente dispostas as ocorrências consideradas necessárias pela empreiteira ou pela fiscalização, tais como: consultas, medições, esclarecimentos, estado de tempo, prazos e etc.

Apresentamos a seguir uma tabela detalhando a resistência do concreto em diferentes componentes-chave do projeto. Incluímos valores específicos para blocos de fundação, cortina de concreto armado, longarinas, pré-laje e capa de concreto. Essas informações são cruciais para garantir a conformidade com normas e regulamentações, assegurando a durabilidade e desempenho adequado de cada elemento estrutural. A tabela proporciona uma

visão objetiva das características de resistência do concreto, facilitando a tomada de decisões informadas durante a execução do projeto.

<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>RESISTÊNCIA</b>
Bloco de fundação em concreto armado	30 MPa
Cortina em concreto armado	30 MPa
Longarinas em concreto armado protendido	40 MPa
Transversina	30 MPa
Pré-laje	40 MPa
Capeamento	40 MPa

## **2.0 - CONTROLE DE QUALIDADE**

O controle de qualidade dos serviços e materiais é de responsabilidade integral da empresa contratada. O acompanhamento da obra pela fiscalização, não exime, em hipótese nenhuma, a responsabilidade da empresa executora, que deverá permitir total acesso do fiscal e seus assessores às suas instalações. Deverá ainda, ser empregados materiais reconhecidamente de primeira qualidade e que estejam rigorosamente de acordo com as normas técnicas vigentes.

Caberá a Executante a proteção dos materiais e serviços executados, não cabendo à Prefeitura Municipal a responsabilidade por quaisquer danos, de qualquer natureza que venham a sofrer. A vigilância da área enquanto da execução dos serviços será de inteira responsabilidade da Contratada.

## **3.0 - SEGURANÇA DOS TRABALHADORES**

Todas as etapas da construção deverão ser realizadas por equipe especializada, com material de segurança e equipamentos adequados. A equipe de trabalho deverá ser registrada legalmente junto à empresa e habilitada a todas as medidas de prevenção quanto à saúde e integridade do trabalhador.

Deverão ser obedecidas todas as recomendações, com relação à segurança e medicina do trabalho, contidas nas Normas Regulamentadoras (NR), tais como NR-6 (Equipamentos de Proteção Individual). A responsabilidade com segurança e medicina do trabalho fica a cargo da Executante, assim como a fiscalização e distribuição de EPI's (Equipamento de Proteção Individual).

#### **4.0 - ORGANIZAÇÃO**

Todas as despesas de fornecimento e transporte de materiais, mão de obra, ferramentas, maquinários, equipamentos, leis sociais e eventuais acidentes a terceiros, ocorrerão por conta exclusiva da empresa contratada. Um diário de obra deverá ser confeccionado, preenchido e apresentado à fiscalização pública sempre que requisitado, o mesmo deverá ser entregue e anexado ao processo ao final da execução dos serviços. Todas as cópias da documentação técnica dos projetos e memoriais, necessárias à execução da obra, serão por conta do executante. Deverão estar disponíveis em canteiro todos os projetos, orçamento, cronograma, memorial e diário de obra.

A obra deverá ser mantida limpa durante toda a execução, devendo ser feita a remoção periódica de todo entulho e detritos que venham a se acumular no local. Resíduos e entulhos da construção deverão ser transportados para locais de reciclagem e /ou reutilização, e quando não possível, deverão ser descartados em locais autorizados. Todos os materiais necessários para a realização da obra deverão ser fornecidos pela contratada e estão contidos no preço orçado e na descrição deste documento.

Caberá à Fiscalização, sempre que julgar necessário, ordenar providências no sentido de alterar hábitos e depósitos de materiais que oferecem riscos às obras e ou prejuízo ao funcionamento da área afetada.

#### **5.0 - MÁQUINÁRIOS E EQUIPAMENTOS**

Caberá ao Executante o fornecimento de todas as máquinas, tais como: caminhões (para transporte de areia, pedra basáltica até o canteiro de

obras), carrinhos de mão, enxadas, pás, etc., necessárias à boa execução dos serviços, bem como os equipamentos de segurança (botas, capacetes, cintos, óculos, etc.) necessários e exigidos pela legislação vigente. Do fornecimento e uso de qualquer máquina pelo Executante, não advirá qualquer ônus para o Contratante.

## **6.0 - SERVIÇOS PRELIMINARES**

A Executante fixará placas de obra exigidas pela legislação, assim como será responsável pela conservação das mesmas, sendo vedada a fixação de placas em árvores, o local a ser instalado será definido pelo corpo técnico da Prefeitura Municipal de Aratiba. A localização dos equipamentos de obra não deve causar problemas às atividades instaladas nas proximidades.

A locação da ponte, deverá ser executada através de gabarito de tábuas corridas com auxílio de topografo e deverá seguir rigorosamente o projeto.

Para garantir a energia elétrica necessária à execução dos serviços, será instalado um gerador. A localização do equipamento é cuidadosamente planejada visando a minimização de impactos ambientais, em conformidade com normas e regulamentações vigentes. Priorizamos a otimização dos recursos, buscando eficiência energética e a redução de emissões. Além disso, adotamos medidas de segurança criteriosas, como a instalação em áreas de fácil acesso para manutenção preventiva e corretiva. Essas decisões visam não apenas a funcionalidade técnica, mas também a sustentabilidade e a segurança integral durante a execução do projeto da ponte.

## **7.0 - INFRAESTRUTURA**

### **7.1 - BLOCO DE FUNDAÇÃO**

Para fixar o bloco na rocha, é necessário realizar perfurações com uma profundidade mínima de 50 cm. Posteriormente, os pinos (aço CA-50 de 16,0 mm) são instalados, a ancoragem dos pinos em rocha é feita por meio de

grauteamento. Por fim, o bloco é construído sobre essa base, no qual a sua armadura deverá obrigatoriamente respeitar um cobrimento de 5 cm.

A fôrma para os blocos de coroamento será em madeira serrada com espessura de 25 mm, as superfícies aparentes deverão ser executadas de modo a garantir a geometria das peças, conforme projeto. As formas não poderão sofrer deformações, deverão ser estanques, rígidas, sem defeitos e irregularidade que possam causar danos às dimensões e acabamento das peças estruturais. O acabamento final do concreto deverá ser garantido pelo número de reuso das formas.

## **8.0 - MESOESTRUTURA (CORTINAS DE CONCRETO ARMADO)**

A mesoestrutura corresponde à execução das cortinas e alas da contensão. Deverão ser executados nas dimensões de projeto com os cuidados de locação, alinhamento e cotas de nivelamento com o greide da rodovia e/ou em função do nível d'água e gabarito de navegação. As alas deverão ser bem fixadas para receber o aterro da rodovia.

As fôrmas serão em chapa de madeira compensada plastificada com espessura de 18 mm, as superfícies aparentes deverão ser executadas de modo a garantir a geometria das peças, conforme projeto estrutural. As formas não poderão sofrer deformações, deverão ser estanques, rígidas, sem defeitos e irregularidade que possam causar danos às dimensões e acabamento das peças estruturais.

A instalação dos estribos suplementares (ganchos), essenciais no processo de construção da ponte, será realizada de forma estratégica e sem intervalos, conforme detalhado no projeto estrutural. Esta abordagem específica, conforme as diretrizes estabelecidas, visa otimizar a distribuição de carga e reforçar a estrutura de maneira eficiente. A disposição intercalada dos estribos, conforme demonstrado no projeto, é cuidadosamente planejada para garantir a máxima eficácia na sustentação e estabilidade da ponte. Durante a execução dessa fase, rigorosos padrões de controle de qualidade serão mantidos para

assegurar a conformidade com as especificações técnicas, contribuindo assim para a construção de uma infraestrutura robusta e segura.

## **9.0 - SUPERESTRUTURA**

### **9.1 - LONGARINAS**

A Superestrutura corresponde à execução do tabuleiro. Deverão ser executados nas dimensões de projeto com os cuidados de locação e alinhamentos. Serão executadas longarinas Classe 45 conforme especificações das normas, pré-moldadas em concreto armado, com FCK mínimo de 40 MPa, com seção “i” conforme detalhado em projeto estrutural e comprimento de 18 m, o aço utilizado para as armaduras dos elementos é o CA-50, cordoalha CP-190 RB e fio CP-170 RB. É necessário a utilização de no máximo brita nº 1 com diâmetro máximo de 19 mm, para que não ocorra falta de concreto entre armaduras e de cobrimento mínimo. As especificações, dimensões e locação das longarinas estão especificadas nos projetos.

Devido às dimensões e peso consideráveis das longarinas a serem empregadas na construção, é imprescindível o uso de guindaste com capacidade adequada para a correta colocação desses elementos em suas posições designadas. É crucial que o equipamento escolhido seja capaz de realizar o serviço com a lança estendida, proporcionando um alcance adequado para posicionar as longarinas de 18 m. Vale ressaltar que as longarinas já estão preparadas com pontos de içamento, facilitando a operação de elevação.

Para a ligação entre as longarinas apoiadas sobre as cortinas, faz-se necessário a utilização de uma viga transversina sobre a cortina ligando todas as longarinas. Para esta ligação é necessário a ancoragem entre a armadura de espera das cortinas e a armadura transversal que transpassa por dentro das longarinas, fazendo com que todas trabalhem em conjunto. Os enchimentos dos apoios de entrada devem ser executados com concreto com FCK mínimo de 30 MPa, o aço utilizado para armaduras dos elementos é CA-50 de 8 mm e 16 mm.

As dimensões e locação da transversina intermediária estão especificadas nos projetos em anexo a este memorial.

## **9.2 - PRÉ-LAJE**

A produção externa das pré-lajes em concreto armado, realizada fora do canteiro de obra, representa uma abordagem eficiente e otimizada no processo construtivo. Essas estruturas pré-fabricadas são moldadas com precisão em instalações especializadas, incorporando armaduras para garantir resistência e durabilidade. Após o período de cura, as pré-lajes são transportadas para o local da obra, prontas para instalação. A execução coordenada e alinhada, seguindo as especificações do projeto, contribui não apenas para a redução do tempo de construção no canteiro, mas também para benefícios em termos de qualidade, padronização e controle de processo, otimizando recursos e minimizando interferências no ambiente de construção.

As pré-lajes especificadas para este projeto possuem dimensões de 1,60 m de comprimento, 1 m de largura e 8 cm de espessura. Este formato foi escolhido para atender às exigências estruturais e facilitar o manuseio e transporte das peças. Cada pré-laje será reforçada com 4 unidades de treliça TR 12, cuja configuração inclui banzo inferior e superior com diâmetro de 6,0 mm e diâmetro da diagonal de 4,2 mm e uma malha com aço CA-60 com diâmetro de 5,0 mm. Essas especificações foram cuidadosamente definidas para assegurar a rigidez e resistência necessárias para suportar as cargas previstas durante a vida útil da ponte.

O processo de instalação das pré-lajes no tabuleiro da ponte envolve diversas etapas. Primeiramente, será realizada a preparação da base onde as pré-lajes serão posicionadas. Esta preparação inclui a limpeza e nivelamento da superfície, garantindo uma base estável e uniforme para a colocação das pré-lajes. Em seguida, as pré-lajes serão cuidadosamente posicionadas conforme o projeto estrutural, assegurando que cada peça esteja corretamente alinhada.



### **9.3 - LAJE (CAPEAMENTO)**

Após a conclusão da montagem do tabuleiro com as pré-lajes, a próxima etapa envolverá a montagem da armadura do tabuleiro e posterior execução da concretagem da laje. A execução seguirá rigorosamente as espessuras indicadas no projeto estrutural.

A laje de capeamento do tabuleiro da ponte será executada com concreto de alta resistência, conforme especificações do projeto, utilizando fck mínimo de 40 MPa. Serão utilizadas barras de aço CA-50 para as armaduras principais e serão posicionadas conforme o detalhamento estrutural, assegurando a cobertura adequada de concreto. A concretagem será executada de forma contínua para evitar juntas frias, com lançamento e adensamento do concreto por meio de vibradores mecânicos. O concreto deve ser lançado preferencialmente nas primeiras horas da manhã ou no final da tarde para evitar altas temperaturas que podem comprometer a cura.

A cura do concreto será realizada por um período mínimo de 7 dias, utilizando métodos como aplicação de água sobre a superfície ou mantas de cura, garantindo a resistência final do concreto. Após a cura, a laje será inspecionada para verificar possíveis defeitos superficiais ou estruturais, e o acabamento será realizado conforme especificações, podendo incluir lixamento ou aplicação de revestimentos protetores.

### **10.0 - DRENO**

Serão utilizados tubos de PVC com diâmetro nominal de 100 mm. Este material foi escolhido devido à sua durabilidade, resistência à corrosão, leveza e facilidade de instalação. Além dos tubos, serão utilizados conexões e acessórios, incluindo joelhos, curvas, adaptadores e uniões, todos em PVC, para garantir a estanqueidade e flexibilidade do sistema de drenagem. Fitas de vedação e materiais de selagem compatíveis com PVC serão empregados para assegurar conexões seguras e evitar vazamentos.

O primeiro passo envolve a definição precisa dos pontos de coleta de água e a disposição dos tubos de drenagem no tabuleiro da ponte. Serão feitas marcações no local para garantir que a instalação siga o projeto. Antes da instalação dos tubos, o local deve ser preparado, o que inclui a limpeza e, se necessário, a abertura de furos para os tubos ao longo do tabuleiro.

Os tubos de PVC de 100 mm serão cortados nas dimensões necessárias e instalados conforme o projeto, transpassando 30 cm o fundo do tabuleiro. Após a instalação, serão realizados testes para verificar a eficácia do sistema de drenagem. Isso inclui testes de vazão e estanqueidade, garantindo que não haja pontos de vazamento ou acúmulo de água.

#### **11.0 - GUARDA CORPO**

Após a desforma do guarda-rodas e cura do concreto, deverá ser executado a instalação do guarda-corpo de aço galvanizado de 1,10 m de altura, com montantes tubulares de 1.1/2", travessa superior de 2" e gradil formado por barras chatas em ferro de 32x4,8 mm, fixado com chumbador mecânico.

#### **12.0 – PINTURA E SINALIZAÇÃO**

Após limpeza da superfície com jato de alta pressão, deverá ser executado a pintura de faixa com tinta acrílica com espessura de 4 mm, sendo 2 faixas no eixo (cor amarela) e 1 faixa em cada lateral do tabuleiro (cor branca). As larguras das faixas são de 10 cm.

Deverão ser instaladas placas de sinalização, conforme projeto específico e descrição em planilha orçamentária, sendo duas placas A-22 e duas placas com a descrição das características da ponte.

#### **13.0 - MOVIMENTAÇÃO DE TERRA**

O reaterro deverá ser processado após a execução das peças estruturais de fundação, até o restabelecimento dos níveis anteriores das

superfícies originais ou de forma designada pela FISCALIZAÇÃO, devendo ser executado de modo a oferecer condições de segurança às estruturas e o bom acabamento da superfície. Os trabalhos de reaterro serão executados com cuidados especiais, evitando-se possíveis danos às estruturas (cortina, longarinas, etc.), quer por impactos de ferramentas e equipamentos utilizados, quer por carregamentos exagerados e/ ou assimétricos.

O reaterro deverá ser executado com material escolhido, sem detritos vegetais, em camadas com espessura máxima de 0,20 m (vinte centímetros) molhadas e apiloadas de modo a ser evitado o surgimento de fendas, trincas e desníveis por recalque das camadas aterradas. As superfícies a serem aterradas deverão ser previamente limpas, cuidando-se para que nelas não haja nenhuma espécie de vegetação, nem qualquer tipo de entulho, quando do início dos serviços. Os trabalhos de aterro ou reaterro das cavas de fundação terão de ser executadas com material escolhido, de preferência areia ou terra, nunca turfa e argila orgânica, sem detritos vegetais, pedras ou entulho em camadas sucessivas.

A FISCALIZAÇÃO deverá aprovar o material escolhido para ser usado como reaterro ou aterro. No caso de o material proveniente da escavação não se prestar para a execução do aterro, deverá ser utilizado material adequado, importado do empréstimo. A compactação poderá ser executada, mediante processos manuais ou mecânicos, de acordo com as características e disposições da obra, até atingir um grau de dureza pelo menos igual ao do solo adjacente. Os processos manuais de compactação recomendados serão: o apiloamento executado com soquetes de 20 kg (vinte quilos) de peso, com seção de 0,20 x 0,20 m (vinte por vinte centímetros) ou ainda, mediante o emprego de compactadores dotados de placa vibratória pneumática e a combustão, tipo “sapo”. Após a conclusão dos serviços de reaterro compactado, o excesso do material escavado deverá ser espalhado para a regularização superficial do terreno ou removido para outros locais, conforme indicações da FISCALIZAÇÃO. Os serviços de compactação de aterro que compreendem as atividades de espalhamento e compactação de materiais deverão ser executados de forma a promover uma conformação ideal do solo, obedecendo às dimensões de projeto. O aterro

compactado terá início após a autorização e, de acordo com as indicações fornecidas pela FISCALIZAÇÃO.

As massas excedentes que não se destinarem ao fim indicado no parágrafo anterior serão objeto de remoção, de modo a não se constituírem ameaça à estabilidade rodoviária, e nem prejudicarem o aspecto paisagístico ou meio ambiente da região. Quando, ao nível da plataforma dos cortes, for verificada ocorrência de rocha, sã ou em decomposição, ou de solos de expansão maior que 2%, baixa capacidade de suporte ou de solos orgânicos, promove-se o rebaixamento, respectivamente, da ordem de 0,40m e 0,60m, e execução de novas camadas, constituídas de matérias selecionadas, objeto de indicação nas especificações complementares, integrantes do projeto. As valetas de proteção dos cortes serão obrigatoriamente executadas e revestidas, independentes das demais obras de proteção projetadas. Nos cortes de altura elevada e prevista a implantação de patamares, com banquetas de largura mínima de 3m, valetas revestidas e proteção vegetal.

#### **14.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As obras deverão ser entregues conforme a expressão das especificações, com todas as garantias legais, possuindo condicionantes técnicos requeridos para todas as atividades inseridas nestas especificações e no prazo determinado pelo requisito desta aquisição, impreterivelmente. Ônus decorrentes da não observância de quaisquer destes predicados, serão atribuídos à empresa executora.

Ao final dos trabalhos, a obra e toda a área de interferência de sua abrangência deverá estar limpa, sem quaisquer tipos de resíduos e entregue em perfeitas condições de uso. O recebimento da obra deverá ser acompanhado pela Contratada, para ciência da rejeição ou aprovação dos serviços executados.



PREFEITURA MUNICIPAL DE  
**ARATIBA**  
RIO GRANDE DO SUL

DALTRO VANSO  
Engenheiro Civil

GILBERTO LUIZ HENDGES  
Prefeito Municipal

## MEMORIAL DE QUANTIDADES

### 2.2.2 LOCAÇÃO CONVENCIONAL DE OBRA, UTILIZANDO GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS

Largura (m):	6
Comprimento (m)	36
Total (m):	84
<b>Total final (m):</b>	<b>92</b>

Obs: Adicionado 1m a mais para extremidade, totalizando 8m a mais.

### 3.1.3 LOCAÇÃO DE GRUPO GERADOR 80 A 125 KVA, MOTOR A DIESEL, REBOCAVEL, ACIONAMENTO MANUAL, INCLUSO COMBUSTIVEL S-10 OU S-500

Quantidade de dias:	120
Horas ligado/dia:	4
<b>Total (h):</b>	<b>480</b>

### 4.1.3 PERFURATRIZ PARA FURO EM ROCHA COM CAPACIDADE ATÉ 89 KN, POTÊNCIA 24,8 HP A 80 HP - INCLUSO FERRAMENTAS E LOCALIZADOR

Quantidade de pinos:	288
Fixação (h/pino):	0,27800
<b>Total arredondado (h):</b>	<b>80</b>

Obs: Considerado o tempo de 16 min para perfuração de cada pino.

### 4.2.1 ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO (INCLUINDO ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS)

Comprimento (m):	9,5
Largura (m):	5
Altura (m):	0,6
Volume bloco cabeceiras (m <sup>3</sup> ):	28,5
<b>Volume 2 blocos (m<sup>3</sup>):</b>	<b>57</b>

Obs: Os blocos localizados nas duas cabeceiras serão escavados em sua totalidade, devido ao aumento na extensão da ponte.

### 4.2.2 MOTOBOMBA TRASH (PARA ÁGUA SUJA) AUTOESCOVANTE, MOTOR A GASOLINA DE 6,41 HP, DIÂMETRO DE SUÇÃO X RECALQUE (3" X 3"), 60 M3/H A 23 MCA

Tempo de execução/bloco (dias):	12,5
Horas trabalhadas (dia):	8
Total de horas para execução de 1 bloco:	100
Horas trabalhadas (bomba):	50
<b>Horas trabalhadas (bomba) para 2</b>	<b>100</b>

Obs: Considerando que a bomba trabalhe 50% do tempo da execução do bloco.

### 4.2.7 FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA BLOCO DE COROAMENTO EM MADEIRA SERRADA, ESP: 25 MM, 4 UTILIZAÇÕES

#### BLOCO CORTINAS

Comprimento (m):	9,5
Largura (m):	5
Altura (m):	0,6
Área 1 bloco (m <sup>2</sup> ):	17,4
<b>Área 2 blocos (m<sup>2</sup>):</b>	<b>34,8</b>

BLOCO PILAR CENTRAL

Comprimento (m):	7,4
Largura (m):	2,4
Altura (m):	1
Área bloco (m <sup>2</sup> ):	19,6

<b>ÁREA TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>	<b>54,40</b>
-----------------------------------	--------------

**5.1.1 FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA CORTINA DE CONTENÇÃO EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, ESP: 18 MM, 10 UTILIZAÇÕES**

Comprimento (m):	7,5
Largura (m):	4
Altura (m):	7

Área frente (m <sup>2</sup> ):	52,5
Área lateral (m <sup>2</sup> ):	56
Fechamento (m <sup>2</sup> ):	7

Área total 1 cortina (m <sup>2</sup> ):	231
<b>Área total 2 cortinas (m<sup>2</sup>):</b>	<b>462</b>

**5.1.6 CONCRETAGEM DE CORTINA/PILAR DE CONTENÇÃO, ATRAVÉS DE BOMBA, CONCRETO FCK 30 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO**

Comprimento (m):	15,5
Espessura (m):	0,5
Altura (m):	7,3
Volume 1 cortina (m <sup>3</sup> ):	56,58
Volume 2 cortinas (m <sup>3</sup> ):	113,15

Área 45º base (m <sup>2</sup> ):	0,5
comprimento base (m):	15,5
Volume 1 cortina (m <sup>3</sup> ):	7,75
Volume 2 cortinas (m <sup>3</sup> ):	15,50

<b>Volume total (m<sup>3</sup>):</b>	<b>128,65</b>
--------------------------------------	---------------

**5.3.1 MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ DIREITO DUPLO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 18 UTILIZAÇÕES**

Comprimento (m):	1
Largura (m):	6
Altura (m):	7
<b>Área total (m<sup>2</sup>):</b>	<b>98</b>

**5.3.5 CONCRETAGEM DE CORTINA/PILAR DE CONTENÇÃO, ATRAVÉS DE BOMBA, CONCRETO FCK 30 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO**

Comprimento (m):	6
Espessura (m):	1

Altura (m):	7,3
Volume total (m <sup>3</sup> ):	43,80

**6.1.1 FÔRMA METÁLICA PARA VIGA DE CONCRE PRÉ-MOLDADA PROTENDIDA PARA OAE UTILIZAÇÃO 20 VEZES - CONFEÇÃO, INSTALAÇÃO E RETIRADA**

Área lateral por longarina (m <sup>2</sup> ):	41,94
Área de fundo por longarina (m <sup>2</sup> ):	14,4
<b>Área total por longarina (m<sup>2</sup>):</b>	<b>56,34</b>

<b>Área total para 8 longarinas (m<sup>2</sup>):</b>	<b>450,72</b>
--	---------------

**6.1.11 CONCRETAGEM DE VIGAS OU LAJES, FCK 40 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO**

Seção por longarina (m <sup>2</sup> ):	0,208
Comprimento por longarina (m):	18,00
Volume por longarina (m <sup>3</sup> ):	3,75
Volume para 8 longarinas (m <sup>3</sup> ):	30,00

**6.3.1 FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, ESP: 17 MM**

Perímetro 1 pré-laje (m):	5,20
Espessura (m):	0,08
Área (perímetro x espessura) m <sup>2</sup> :	0,416
Área fundo m <sup>2</sup> :	1,60
Área total por pré-laje (m <sup>2</sup> ):	2,02

Quantidade de pré-lajes:	108
--------------------------	-----

Área total (m <sup>2</sup> ):	217,73
-------------------------------	--------

**6.3.4 CONCRETAGEM DE VIGAS OU LAJES, FCK 40 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO (INCLUI GUARDA RODAS)**

Área fundo (m <sup>2</sup> ):	1,60
Espessura (m):	0,08
Volume por pré-laje (m <sup>3</sup> ):	0,13

Quantidade de pré-lajes:	108
--------------------------	-----

Área total (m <sup>2</sup> ):	13,82
-------------------------------	-------



**MEMORIAL DE CÁLCULO - PERDAS DE  
PROTENSÃO NA PÓS-TRAÇÃO E  
DIMENSIONAMENTO NO ESTADO LIMITE  
ÚLTIMO (ELU)**

## 1. DADOS E PARÂMETROS INICIAIS

- Vão = 18 m
- Concreto C40
- CAA III
- Aço 190 1,43 mm
- Pós-tração
- Abatimento do concreto entre 10 - 15 cm
- Todas as faces expostas ao ar
- Escorregamento da cunha de ancoragem = 8 mm
- Protensão aos 7 dias
- Cimento CP III
- Temperatura média do ambiente de 30°C
- Umidade relativa do ar de 70%
- Agregado Basalto

## 2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

$$A_c = 2278 \text{ cm}^2$$
$$y_{cg, \text{ inf}} = 34,79 \text{ cm}$$
$$I_c = 2058984,51 \text{ cm}^4$$
$$W_x = 59182,7 \text{ cm}^3$$
$$e_p = 30,79 \text{ cm}$$
$$u_{\text{ ar}} = 372,78 \text{ cm}$$

## 3. TIPO DE PROTENSÃO

CAA III + Pós-tração = Protensão limitada nível 2

## 4. MÁXIMAS TENSÕES DE TRAÇÃO NA SEÇÃO MAIS SOLICITADA

### 4.1. Permanente

$$M_{gk} = 0 \text{ kN.cm}$$
$$\sigma_{gk} = \frac{M_{gk}}{I_c} \cdot y_t$$
$$\sigma_{gk} = 0 \text{ kN/cm}^2$$

### 4.2. Variável

$$M_{qk} = 350867 \text{ kN.cm}$$

$$\sigma_{qk} = \frac{M_{qk}}{I_c} \cdot y_t$$

$$\sigma_{qk} = 5,929 \text{ kN/cm}^2$$

## 5. CÁLCULO DE $P_{\infty,est}$

### 5.1. Combinação frequente de ações (ELS-F)

$$\sigma_{gk} + \psi_1 \cdot \sigma_{qk} + \sigma_{p\infty} = \alpha \cdot f_{tk}$$

$\alpha = 1,2$  para seções T ou duplo T

$\alpha = 1,3$  para seções I ou T invertido

$\alpha = 1,5$  para retangulares

$$f_{tk} = f_{ctk,inf} = \frac{0,7 \cdot 0,3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}}{10} \Rightarrow \text{Concretos do Grupo I (C20 - C50)}$$

$$f_{tk} = f_{ctk,inf} = \frac{0,7 \cdot 2,12 \cdot \ln[1 + 0,1 \cdot (f_{ck} + 8)]}{10} \Rightarrow \text{Concretos do Grupo II (C55 - C90)}$$

$$\psi_1 = 0,4$$

$$\alpha = 1,3$$

$$f_{tk} = 0,246 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{p\infty} = -2,052 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Valor A}$$

### 5.2. Combinação quase-permanente de ações (ELS-D)

$$\sigma_{gk} + \psi_2 \cdot \sigma_{qk} + \sigma_{p\infty} = 0$$

$$\psi_2 = 0,3$$

$$\sigma_{p\infty} = -1,779 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Valor B}$$

### 5.3. $P_{\infty,est}$

Adotado o Valor A por ser o maior em módulo

$$P_{\infty,est} = \frac{\sigma_{p\infty}}{\left( \frac{1}{A_c} + \frac{e_p}{W_x} \right)}$$

$$P_{\infty,est} = -2139,31 \text{ kN}$$

## 6. CÁLCULO DE $P_i$

$$\Delta P = 30\% \Rightarrow \text{adotado}$$

$$P_{i,est} = \frac{P_{\infty,est}}{1 - \Delta P}$$

$$P_{i,est} = 3056,16 \text{ kN}$$

$$\sigma_{pi,lim} \leq \begin{cases} 0,74 \cdot f_{ptk} \\ 0,82 \cdot f_{pyk} = 0,82 \cdot 0,90 \cdot f_{ptk} \end{cases}$$

$$f_{ptk} = 190 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{pi,lim} = 140,22 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{p1\phi} = 1,43 \text{ cm}^2$$

$$A_{p,est} = \frac{P_{i,est}}{\sigma_{pi,lim}}$$

$$A_{p,est} = 21,8 \text{ cm}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de cordoalhas} = \frac{A_{p,est}}{A_{p1\phi}}$$

$$n_{cord.} = 15,24 \Rightarrow 16 \text{ cordoalhas}$$

Adotado (1x) 16 CP 190 RB 1,43 mm  $\Rightarrow$  Total de 16 cordoalhas

$$A_{p,ef} = A_{p1\phi} \cdot \text{N}^\circ \text{ de cordoalhas}$$

$$A_{p,ef} = 22,88 \text{ cm}^2$$

$$P_i = A_{p,ef} \cdot \sigma_{pi,lim}$$

$$P_i = 3208,23 \text{ kN}$$

## 7. DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DO CABO REPRESENTANTE

Para cabos circulares:

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{x}{R-y} \right), \text{ sendo } R = \frac{x^2 + y^2}{2 \cdot y} \geq 12 \text{ m}$$

Para cabos parabólicos:

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{2 \cdot y}{x} \right), \text{ sendo } y \text{ a diferença de nível entre o início e o fim do cabo}$$

Trajetória: Circular  $\Rightarrow R = 2613,61 \text{ cm}$

Seção	x (m)	y (cm)	$\alpha$ (°)	$\alpha$ (rad)
S1	0	30,79	4,41	0,0771
S2	2	7,66	4,39	0,0766
S3	4	0	0	0
S4	6	0	0	0
S5	8	0	0	0
S6	10	0	0	0
S7	12	0	0	0
S8	14	0	0	0

S9	16	7,66	4,39	0,0766
S10	18	30,79	4,41	0,0771

## 8. CÁLCULO DE $P_0$ (força de protensão que atua logo após a montagem final da peça) - perdas imediatas

$$P_0 = P_i - \Delta P_{\text{atrito}} - \Delta P_{\text{ancoragem}} - \Delta P_{\text{encurtamento do concreto}}$$

$\mu = 0,2$  coeficiente de atrito entre cordoalhas e bainha metálica

$\beta = 0,01 \cdot \mu \Rightarrow$  Atrito parasitário

$\beta = 0,002$  rad/m

### 8.1. Perda por atrito

Seção	$\Delta x$ (m)	$\Delta \alpha$ (rad)	$e^{-(\mu \cdot \Delta \alpha + \beta \cdot \Delta x)}$	$\sigma_p$ (kN/cm <sup>2</sup> )	P (kN)
S1	0	0	1	140,22	3208,23
S2	2	0,0771	0,981	137,52	3146,56
S3	4	0,1536	0,962	134,89	3086,36
S4	6	0,1536	0,958	134,35	3074,03
S5	8	0,1536	0,954	133,82	3061,76
S6	10	0,1536	0,951	133,28	3049,54
S7	12	0,1536	0,947	132,75	3037,37
S8	14	0,1536	0,943	132,22	3025,24
S9	16	0,2302	0,925	129,69	2967,36
S10	18	0,3073	0,907	127,20	2910,31

### 8.2. Perda por deslizamento da ancoragem

$$\Omega = \Delta \ell \cdot E_p$$

$$E_p = 200 \text{ GPa}$$

$$\Omega = 16000 \text{ kN/cm}$$

$$\Delta \sigma = \sigma_{n-1} - \sigma_n$$

$$X_T = X_{n-1} + X_n$$

$$\Omega_n = \Omega_{n-1} + \Delta \sigma \cdot X_T$$

Seção	X (cm)	$\sigma_{p-\text{atrito}}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	$\Delta \sigma$ (kN/cm <sup>2</sup> )	$X_T$ (cm)	$\Omega_n$ (kN/cm)	$\sigma_{p-\text{ancoragem}}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	P (kN)
S1	0	140,22	0	0	0	118,24	2705,37
S2	200	137,52	2,70	200	539,09	120,94	2767,05

S3	400	134,89	2,63	600	2117,93	123,57	2827,25
S4	600	134,35	0,54	1000	2656,43	124,11	2839,57
S5	800	133,82	0,54	1400	3407,31	124,64	2851,85
S6	1000	133,28	0,53	1800	4368,88	125,18	2864,07
S7	1200	132,75	0,53	2200	5539,43	125,71	2876,24
S8	1400	132,22	0,53	2600	6917,30	126,24	2888,37
S9	1600	129,69	2,53	3000	14507,12	128,77	2946,25
S10	1800	127,20	2,49	3400	22983,61	127,20	2910,31

Nota-se que os pontos indeslocáveis à ancoragem estão situados entre as seções S9 e S10  
 Situação A do método de Marconato (2015):

$$tg\theta = \frac{\sigma_{pos} - \sigma_{ant}}{X_{pos} - X_{ant}}$$

$$tg\theta = -0,01247$$

$$X_R = \sqrt{X_{ant}^2 + \frac{\Omega_{ant} - \Omega_R}{tg\theta}} \Rightarrow (\text{posição do ponto indeslocável à ancoragem})$$

$$X_R = 1637 \text{ cm}$$

$$\sigma_R = \sigma_{ant} + (X_R - X_{ant}) \cdot tg\theta \Rightarrow (\text{tensão na armadura no ponto indeslocável à ancoragem})$$

$$\sigma_R = 129,23 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{p-ancoragem} = \begin{cases} se X > X_R \rightarrow \sigma_{p-ancoragem} = \sigma_{p-atrito} \\ se X \leq X_R \rightarrow \sigma_{p-ancoragem} = 2 \cdot \sigma_R - \sigma_{p-atrito} \end{cases}$$

### 8.3. Perda por encurtamento elástico do concreto devido a protensão dos cabos restantes

$$\alpha_p = \frac{E_p}{E_{ci,j}}$$

$$E_{ci,28} = \alpha_E \cdot 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}} \Rightarrow \text{Concretos do Grupo I (C20 - C50)}$$

$$E_{ci,28} = 21500 \cdot \alpha_E \cdot \left( \frac{f_{ck}}{10} + 1,25 \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow \text{Concretos do Grupo II (C55 - C90)}$$

$$\alpha_E = 1,2 \text{ para agregado basalto}$$

$$\alpha_E = 1,0 \text{ para agregado granito}$$

$$\alpha_E = 0,9 \text{ para agregado calcário}$$

$$\alpha_E = 0,7 \text{ para agregado arenito}$$

$$\alpha_E = 1,2$$

$$E_{ci,28} = 42501,01 \text{ MPa}$$

$$f_{cj} = \beta_1 \cdot f_{ck}$$

$$\beta_{1,t} = e^{\left\{s \left[1 - (28/t)^{1/2}\right]\right\}}$$

$$s = 0,38 \text{ (CP III e CP IV)}$$

$$s = 0,25 \text{ (CP I e CP II)}$$

$$s = 0,20 \text{ (CP V-ARI)}$$

$$s = 0,38$$

$$t = 7 \text{ dias}$$

$$\beta_{1,t} = 0,6839$$

$$f_{cj} = 27,35 \text{ MPa}$$

$$E_{ci,t} = \left[ \frac{\beta_{1,t} \cdot f_{ck}}{f_{ck}} \right]^{0,5} \cdot E_{ci,28}$$

$$E_{ci,t} = 35146,6 \text{ MPa}$$

$$\alpha_p = 5,69$$

$$\Delta\sigma_{p,m\u00e9dio} = \alpha_p \cdot \left( \frac{N_p}{A_c} + \frac{N_p \cdot e_p^2}{I_x} - \frac{|M_{pp,k}| \cdot e_p}{I_x} \right) \cdot \frac{(n-1)}{2 \cdot n} \Rightarrow n = \text{N}^\circ \text{ de cabos}$$

$$N_p = P \cdot \cos \alpha$$

$$M_p = N_p \cdot e_p$$

Se  $|M_{pp,k}| < |M_p| \therefore M_{pp,k}$  \u00e9 mobilizado

Se\u00e7\u00e3o	X (m)	$e_p$ (cm)	$N_p$ (kN)	$M_p$ (kN.cm)	$M_{pp,k}$ (kN.cm)	$M_{pp,k}$ \u00e9 mobilizado?	$\Delta\sigma_{p,m\u00e9dio}$ (kN/cm <sup>2</sup> )
S1	0	0	2697,35	0	0	N\u00e3o	0,000
S2	2	23,13	2758,93	63805,41	155520	N\u00e3o	0,000
S3	4	30,79	2827,25	87052	0	N\u00e3o	0,000
S4	6	30,79	2839,57	87431,36	155520	N\u00e3o	0,000
S5	8	30,79	2851,85	87809,21	0	N\u00e3o	0,000
S6	10	30,79	2864,07	88185,55	0	N\u00e3o	0,000
S7	12	30,79	2876,24	88560,38	207360	N\u00e3o	0,000
S8	14	30,79	2888,37	88933,72	0	N\u00e3o	0,000
S9	16	23,13	2937,61	67937,71	0	N\u00e3o	0,000
S10	18	0	2901,68	0	155520	N\u00e3o	0,000

Se\u00e7\u00e3o	$\sigma_{p0}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	P (kN)	% de perda
S1	118,24	2705,37	15,67
S2	120,94	2767,05	13,75

S3	123,57	2827,25	11,88
S4	124,11	2839,57	11,49
S5	124,64	2851,85	11,11
S6	125,18	2864,07	10,73
S7	125,71	2876,24	10,35
S8	126,24	2888,37	9,97
S9	128,77	2946,25	8,17
S10	127,20	2910,31	9,29

## 9. CÁLCULO DE $P_{\infty}$ (força de protensão que atua após todas as perdas) - PERDAS DIFERIDAS NO TEMPO

As perdas de protensão diferidas no tempo são avaliadas conjuntamente pela expressão:

$$\Delta\sigma_p(t, t_0) = \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_p - \alpha_p \cdot \sigma_{c, P0g} \cdot \phi(t, t_0) - \sigma_{p_0} \cdot \chi(t, t_0)}{\chi_p + \chi_c \cdot \alpha_p \cdot \eta \cdot \rho_p}$$

### 9.1. Cálculo de $\alpha_p$

$$\alpha_p = \frac{E_p}{E_{ci,28}}$$

$$\alpha_p = 4,71$$

### 9.2. Cálculo de $\sigma_{c, P0g}$

$$\sigma_{c, P0g} = \frac{N_p}{A_c} + \frac{N_p \cdot e_p^2}{I_x} - \frac{|M_{gk}| \cdot e_p}{I_x}$$

Seção	$N_p$ (kN)	$M_{gk}$ (kN.cm)	$e_p$ (cm)	$\sigma_{c, P0g}$ (kN/cm <sup>2</sup> )
S1	2697,35	0	0	1,184
S2	2758,93	209520	23,13	-0,426
S3	2827,25	0	30,79	2,543
S4	2839,57	209520	30,79	-0,579
S5	2851,85	0	30,79	2,565
S6	2864,07	0	30,79	2,576
S7	2876,24	279360	30,79	-1,591
S8	2888,37	0	30,79	2,598
S9	2937,61	0	23,13	2,053
S10	2901,68	209520	0	1,274

### 9.3. Cálculo de $\varepsilon_{cs}(t, t_0)$



A idade fictícia inicial para a retração é:

$$t_0 = \alpha \cdot \sum_i \left( \frac{T_i + 10}{30} \right) \cdot \Delta t_{ef,i}$$

$$t_\infty = 10000 \text{ dias}$$

$$\alpha = 1$$

$$T_i = 30^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{ef,i} = 7 \text{ dias}$$

$$t_0 = 9,33 \text{ dias}$$

$$h_{fic} = \gamma \cdot \frac{2 \cdot A_c}{u_{ar}}$$

$$\gamma = 1,5$$

$$h_{fic} = 18,33 \text{ cm} \Rightarrow 0,1833 \text{ m}$$

$$\varepsilon_{cs}(t, t_0) = \varepsilon_{cs,\infty} \cdot [\beta_s(t_\infty) - \beta_s(t_0)]$$

$$\varepsilon_{cs,\infty} = \varepsilon_{1s} \cdot \varepsilon_{2s}$$

$$\varepsilon_{1s} = -0,00062$$

$$\varepsilon_{2s} = \frac{33 + 2 \cdot h_{fic}}{20,8 + 3 \cdot h_{fic}}$$

$$\varepsilon_{2s} = 0,9191$$

$$\varepsilon_{cs,\infty} = -0,0005698$$

$$\beta_s(t_0) = 0,1207$$

$$\beta_s(t_\infty) = 1,0009 \quad \left. \vphantom{\beta_s(t_\infty)} \right\} \text{Ábaco A.3 (ABNT NBR 6118:2023)}$$

$$\varepsilon_{cs}(t, t_0) = -0,0005016$$

#### 9.4. Cálculo de $\phi(t_\infty, t_0)$

A idade fictícia inicial para a fluência é:

$$t_0 = \alpha \cdot \sum_i \left( \frac{T_i + 10}{30} \right) \cdot \Delta t_{ef,i}$$

$$t_\infty = 10000 \text{ dias}$$

$$\alpha = 1$$

$$T_i = 30^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{ef,i} = 7 \text{ dias}$$

$$t_0 = 9,33 \text{ dias}$$

$$\phi(t_\infty, t_0) = \phi_{d\infty} \cdot \beta_d(t_\infty, t_0) + \phi_{f\infty} \cdot [\beta_f(t_\infty) - \beta_f(t_0)] + \phi_a$$

$$\phi_{d\infty} = 0,4$$

$$\phi_{f\infty} = \phi_{1c} \cdot \phi_{2c} \Rightarrow (\text{C20} - \text{C45}); \phi_{f\infty} = 0,45 \cdot \phi_{1c} \cdot \phi_{2c} \Rightarrow (\text{C50} - \text{C90})$$

$$\phi_{1c} = 2,5$$

$$\phi_{2c} = \frac{42 + h_{fic}}{20 + h_{fic}}$$

$$\phi_{2c} = 1,5739$$

$$\phi_{f\infty} = 3,9348$$

$$\beta_d(t_\infty, t_0) = \frac{t - t_0 + 20}{t - t_0 + 70}$$

$$\beta_d(t_\infty, t_0) = 0,995$$

$$\beta_{1,t_\infty} = e^{\left\{s \left[1 - (28/t_\infty)^{1/2}\right]\right\}}$$

$$\beta_{1,t_\infty} = 1,4332$$

$$\phi_a = 0,8 \cdot \left[1 - \frac{f_c(t_0)}{f_c(t_\infty)}\right] \Rightarrow (\text{C20} - \text{C45}); \phi_a = 1,4 \cdot \left[1 - \frac{f_c(t_0)}{f_c(t_\infty)}\right] \Rightarrow (\text{C50} - \text{C90})$$

$$\phi_a = 0,4183$$

$$\beta_f(t_0) = 0,2276$$

$$\beta_f(t_\infty) = 0,9833$$

$$\beta(t_\infty, t_0) = 3,7897$$

} Ábaco A.2 (ABNT NBR 6118:2023)

### 9.5. Cálculo de $\chi(t, t_0)$

$$\chi(t, t_0) = -\ln[1 - \psi(t, t_0)]$$

$$R = \frac{\sigma_{P0,máx}}{f_{pk}}$$

$$\sigma_{P0,máx} = 128,77 \text{ kN/cm}^2$$

$$R = 0,6777$$

$$\psi_{1000} = 2,2328\%$$

$$\psi(t_\infty, t_0) = 2,5 \cdot \psi_{1000}$$

$$\psi(t_\infty, t_0) = 5,5821\%$$

$$\chi(t, t_0) = 0,0574$$

### 9.6. Cálculo de $\chi_p$

$$\chi_p = 1 + \chi(t, t_0)$$

$$\chi_p = 1,0574$$

### 9.7. Cálculo de $\chi_c$

$$\chi_c = 1 + 0,5 \cdot \phi(t, t_0)$$

$$\chi_c = 2,8949$$

### 9.8. Cálculo de $\eta$

$$\eta = 1 + \frac{e_p^2 \cdot A_c}{I_c}$$

Seção	$e_p$ (cm)	$\eta$
S1	0	1
S2	23,13	1,5917
S3	30,79	2,0489
S4	30,79	2,0489
S5	30,79	2,0489
S6	30,79	2,0489
S7	30,79	2,0489
S8	30,79	2,0489
S9	23,13	1,5917
S10	0	1

### 9.9. Cálculo de $\rho_p$

$$\rho_p = \frac{A_p}{A_c}$$

$$\rho_p = 0,010044$$

### 9.10. Cálculo das perdas diferidas

Seção	$\Delta\sigma_p(t_\infty, t_0)$ (kN/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{p\infty} = \sigma_{p0} -  \Delta\sigma_p(t_\infty, t_0) $ (kN/cm <sup>2</sup> )	% de perda total	$P_\infty$ (kN)
S1	-31,768	86,474	38,33	1978,52
S2	-7,362	113,575	19,00	2598,60
S3	-46,703	76,866	45,18	1758,69
S4	-5,106	119,001	15,13	2722,75
S5	-47,044	77,600	44,66	1775,48
S6	-47,213	77,964	44,40	1783,83
S7	8,308	117,402	16,27	2686,15
S8	-47,550	78,690	43,88	1800,42
S9	-42,372	86,398	38,38	1976,79
S10	-33,538	93,661	33,20	2142,96

## 10. ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO (ELU)

### 10.1. Cálculo do momento fletor solicitante de cálculo

Para pontes rodoviárias:

$M = \dots$

$$M_{sd} = \gamma_g \cdot M_{gk} + \phi \cdot \gamma_q \cdot M_{qk}$$

$$\phi = 1,35 \Rightarrow \text{Para vãos até } 10 \text{ m}$$

$$\phi = 1 + 1,06 \cdot \left( \frac{20}{\ell + 50} \right) \Rightarrow \text{Para vãos entre } 10 \text{ m e } 200 \text{ m} \Rightarrow \ell : \text{ Comprimento da peça}$$

Para outros casos:

$$M_{sd} = \gamma_g \cdot M_{gk} + \gamma_q \cdot M_{qk}$$

$$\gamma_g = 1,35$$

$$\gamma_q = 1,5$$

$$\phi = 1,31$$

$$M_{sd} = 690382,42 \text{ kN.cm}$$

## 10.2. Limites dos domínios de deformação

$$d_p = 81 \text{ cm}$$

$$x_{2\text{lim}} = \frac{\varepsilon_c \cdot d_p}{10 + \varepsilon_c}$$

Valores de  $\varepsilon_c$ :

$$\text{Concretos Grupo I (C20 - C50)} \Rightarrow \varepsilon_c = 3,5\% \therefore x_{2\text{lim}} = \frac{3,5 \cdot d_p}{10 + 3,5} = 0,259 \cdot d_p$$

$$\text{Concretos Grupo II (C55 - C100)} \Rightarrow \varepsilon_c = 2,6\% + 35\% \cdot \left[ \frac{(90 - f_{ck})}{100} \right]^4 \therefore \text{Calcula-se } x_{2\text{lim}} \text{ conforme } f_{ck}$$

$$\varepsilon_c = 0,0035$$

$$x_{2\text{lim}} = 21 \text{ cm}$$

$$\beta_{x_{2\text{lim}}} = \frac{x_{2\text{lim}}}{d_p}$$

$$\beta_{x_{2\text{lim}}} = 0,259$$

Valores de  $x_{\text{lim}}$ :

$$\text{Concretos Grupo I (C20 - C50)} \Rightarrow x_{\text{lim}} = 0,45 \cdot d_p \therefore \beta_{x_{\text{lim}}} = \frac{0,45 \cdot d_p}{d_p} = 0,45$$

$$\text{Concretos Grupo II (C55 - C100)} \Rightarrow x_{\text{lim}} = 0,35 \cdot d_p \therefore \beta_{x_{\text{lim}}} = \frac{0,35 \cdot d_p}{d_p} = 0,35$$

$$x_{\text{lim}} = 36,45 \text{ cm}$$

$$\beta_{x_{\text{lim}}} = 0,45$$

## 10.3. Cálculo da profundidade da linha neutra

$$M_{sd} = b_w \cdot \lambda \cdot x \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (d_p - 0,5 \cdot \lambda \cdot x)$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$a = -0,5 \cdot b_w \cdot \lambda^2 \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}$$

$$b = b_w \cdot \lambda \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot d_p$$

$$c = -M_{sd} \cdot 1,31$$

1142157,18 kN.cm

Valores de  $\lambda$ :

$$\text{Concretos Grupo I (C20 - C50)} \Rightarrow \lambda = 0,8$$

$$\text{Concretos Grupo II (C55 - C100)} \Rightarrow \lambda = 0,8 - \frac{(f_{ck} - 50)}{400}$$

$$\lambda = 0,8$$

Valores de  $\alpha_c$ :

$$\text{Concretos Grupo I (C20 - C50)} \Rightarrow \alpha_c = 0,85$$

$$\text{Concretos Grupo II (C55 - C100)} \Rightarrow \alpha_c = 0,85 \cdot \left[ 1 - \frac{(f_{ck} - 50)}{200} \right]$$

$$\alpha_c = 0,85$$

$$x = 0,45 \text{ cm} \Rightarrow \text{Domínio 2}$$

$$\beta_x = \frac{x \cdot 0,0035}{d_p \cdot 6,85 \text{ cm}}$$

$$\beta_x = 0,01 < 0,45 \Rightarrow \text{Ok}$$

### 10.3. Cálculo da profundidade da linha neutra

$$M_{sd} = b_f \cdot \lambda \cdot x \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (d_p - 0,5 \cdot \lambda \cdot x)$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$a = -0,5 \cdot b_f \cdot \lambda^2 \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}$$

$$b = b_f \cdot \lambda \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot d_p$$

$$c = -M_{sd}$$

Valores de  $\lambda$ :

$$\text{Concretos Grupo I (C20 - C50)} \Rightarrow \lambda = 0,8$$

$$\text{Concretos Grupo II (C55 - C100)} \Rightarrow \lambda = 0,8 - \frac{(f_{ck} - 50)}{400}$$

$$\lambda = 0,8$$

Valores de  $\alpha_c$ :

$$\text{Concretos Grupo I (C20 - C50)} \Rightarrow \alpha_c = 0,85$$

$$\text{Concretos Grupo II (C55 - C100)} \Rightarrow \alpha_c = 0,85 \cdot \left[ 1 - \frac{(f_{ck} - 50)}{200} \right]$$

$$\alpha_c = 0,85$$

$$x = 0,45 \text{ cm} \Rightarrow \text{Domínio 2}$$

$$0,8 \cdot x = 0,36 \text{ cm} < hf = 8 \text{ cm} \Rightarrow \text{T falsa}$$

Para seção T verdadeira:

$$0,8$$

$$M_{sd} = M_{1d} + M_{2d}$$

$$M_{1d} = (b_f - b_w) \cdot h_f \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (d_p - 0,5 \cdot h_f)$$

$$M_{1d} = 266028,75 \text{ kN.cm}$$

$$M_{2d} = M_{sd} - M_{1d}$$

$$M_{2d} = 0,85$$

$$M_{2d} = b_w \cdot \lambda \cdot x \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (d_p - 0,5 \cdot \lambda \cdot x)$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$a = -0,5 \cdot b_w \cdot \lambda^2 \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}$$

$$b = b_w \cdot \lambda \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot d_p$$

$$c = -M_{2d}$$

$$x = 19,97 \text{ cm} \Rightarrow \text{Domínio 2}$$

$$\beta_x = \frac{x}{d_p}$$

$$\beta_x = 0,01 < 0,45 \Rightarrow \text{Ok}$$

Valores de  $\varepsilon_s$

$$\text{Domínio 2: } \varepsilon_s = 10\text{‰}$$

$$\text{Domínio 3: } \varepsilon_s = \varepsilon_c \cdot \frac{(d_p - x)}{x} \Rightarrow \varepsilon_c = 3,5\text{‰}$$

$$\varepsilon_s = 0,01$$

#### 10.4. Cálculo do pré-alongamento

$$0,8$$

Adotar o valor da seção que tem o momento fletor solicitante máximo:

$$\sigma_{p,t\infty} = 0 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_p = 0 \Rightarrow \text{Tabela 6.1 - Livro Prof. Roberto Chust Carvalho}$$

#### 10.5. Cálculo de $\varepsilon_t$ e $\sigma_{pd}$

$$\varepsilon_t = \varepsilon_p + \varepsilon_s$$

$$\varepsilon_t = 0,01$$

$$\sigma_{pd} = 148,6 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Tabela 6.1 - Livro Prof. Roberto Chust Carvalho}$$

#### 10.6. Cálculo da armadura ativa necessária

$$A = \frac{M_{sd}}{\sigma_{pd} \cdot z}$$

$$A_{p, nec} = \sigma_{pd} \cdot (d_p - 0,5 \cdot \lambda \cdot x)$$

$A_{p, nec} = 0,27 \text{ cm}^2 < 5,74 \text{ cm}^2 \Rightarrow$  Não é necessário recalcular as perdas