


|   |   |                |           |
|---|---|----------------|-----------|
|  <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. | <b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b> |                |           |
| TÍTULO: <b>FORNECIMENTO, PREPARO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b>  | Nº<br><b>80-ES-028A-11-8009</b>                   | FOLHA<br>1 / 7 | REV.<br>0 |

## 1. OBJETIVO

A presente especificação define os critérios básicos para o Fornecimento, Preparo e Aplicação de Calda de Cimento nas obras de arte da construção de infraestrutura de vias férreas. São também aqui apresentados os requisitos concernentes a materiais, controle da qualidade, manejo ambiental, critérios de medição e forma de pagamento dos serviços executados.

## 2. FINALIDADE DA CALDA

A finalidade do procedimento é conseguir proteção eficiente para aços de protensão contra corrosão, assegurar uma ligação mecânica mais efetiva entre as armaduras ativas e o concreto. Entende-se, ainda, o procedimento como complementação quando for constatada uma situação de áreas não totalmente preenchidas.

A aplicação de calda de cimento ao maciço, visa a sua consolidação e, também, à fixação, nele, de peças metálicas.

## 3. MATERIAL

A calda de cimento é o resultado da mistura de cimento e água em proporções e condições tais que permitam seu transporte e aplicação, devendo, estes componentes, atenderem a condições específicas, como descritas a seguir.

### 3.1 Água

Deve se apresentar visualmente limpa e isenta de quantidades prejudiciais de impurezas, óleo, ácido, álcalis, sais e matéria orgânica ou qualquer outra substância que interfira com as reações de hidratação dos sólidos da calda.

### 3.2 Cimento

a) O cimento deve ser do tipo Portland ozolânico e apresentar uma finura *Blaine* não inferior a 3.200 cm<sup>2</sup>/g. Os locais de armazenamento devem estar secos e ventilados, de maneira a retardar sua hidratação. As pilhas não devem ser constituídas por mais de 10 sacos, devendo ser apoiadas sobre tablado de madeira, de maneira a ficarem isoladas do contato direto com o piso.

b) Não pode ser empregado nas injeções cimento já em início de processo de hidratação.

## 4. TRAÇO E PREPARO DAS CALDAS

a) É prevista, usualmente, a utilização de 2 traços básicos de calda, sendo um para injeção no solo a ser tratado e outro para preenchimento de bainha;

I - para injeção no solo, usa-se, em princípio, uma calda com fator água/cimento da ordem de 8,4 e

II - na calda para bainha, um fator água/cimento da ordem de 5,1.

|  |   |                |           |
|--|---|----------------|-----------|
| <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.                | <b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b> |                |           |
| TÍTULO: <b>FORNECIMENTO, PREPARO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b> | Nº<br><b>80-ES-028A-11-8009</b>                   | FOLHA<br>2 / 7 | REV.<br>0 |

- b) Entende-se por fator água/cimento a relação em peso da água com o cimento.
- c) Para a composição das caldas, devem ser adotados os seguintes valores para peso específico:
- $p_e = 3,1 \text{ g/cm}^3$  (3,1 kg/l), peso específico do cimento
  - Cimento = o cimento não deve conter substâncias agressivas ao aço, tais como: cloretos, sulfatos ou sulfetos. É proibido o uso cimento hidratado e, por fim, a temperatura do cimento por ocasião da fabricação da calda deve ser inferior a 40 °C
  - $p_a$  = peso específico da água
  - Água = A água deve ser potável, limpa, com teor máximo de cloro  $\leq 25 \text{ ml/l}$ , e neutra,  $\text{pH} \approx 7,2$
- b) Para o preparo de 1 m<sup>3</sup> de calda, a quantidade dos componentes é calculada segundo a fórmula:
- $$1000 \text{ litros de calda} = P_c/p_e + P_a/p_a = P_c/3,1 + P_a/1,0, \text{ onde:}$$
- $P_c$  = peso de cimento (kg)
- $P_a$  = peso de água (kg)
- c) Para a calda a ser usada no solo, a quantidade de cimento é de 1200 kg/m<sup>3</sup> de calda, resultando, aproximadamente, nos seguintes quantitativos de materiais:
- cimento – 1200 kg
  - água – 620 kg
- d) Para calda de bainha, onde o consumo de cimento é da ordem de 900 kg/m<sup>3</sup>, tem-se:
- cimento – 900 kg
  - água – 714 kg
- e) Os traços acima definidos são aproximados e devem ser ajustados durante a fase de ensaios iniciais.
- I - fator de sedimentação 5%
- II - tempo de escoamento:
- funil *Marsh*  $\varnothing 5,0 \text{ mm}$  – 36 a 40 seg
  - funil *Mecdsol*  $\varnothing 10 \text{ mm}$  – 9 a 14 seg
- f) Após a definição prévia, no laboratório, durante os trabalhos, as caldas são controladas a partir das medições de :
- densidade

|  |   |                |           |
|--|---|----------------|-----------|
| <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.                | <b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b> |                |           |
| TÍTULO: <b>FORNECIMENTO, PREPARO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b> | Nº<br><b>80-ES-028A-11-8009</b>                   | FOLHA<br>3 / 7 | REV.<br>0 |

- fator de sedimentação
- tempo de escoamento

- g) A densidade define o traço, o fator de sedimentação define a estabilidade e o tempo de escoamento define a fluidez (injetabilidade) da calda.
- h) O controle do traço se faz pela medida da densidade da mistura e da mistura final cimento + água.


## 5. EQUIPAMENTO PARA INJEÇÃO

- a) O equipamento de injeção é um dos componentes de um circuito, como indicado a seguir.



- b) Definição dos componentes do circuito acima mostrado:

- A – Misturador de alta turbulência (com dupla turbulência, provido de hélice superior e turbina inferior), com rotação mínima de 1700 RPM, capaz de preparar calda de cimento em quantidade suficiente para suprir a bomba injetora e fornecer adequada homogeneidade da mistura.
- B – Agitador de calda de igual capacidade do misturador, capaz de manter a calda em agitação. Entre o misturador e o agitador deve ser instalada uma peneira de 2mm de abertura. Esta deve ser facilmente removível para constante limpeza.
- C – Bomba de pistão triplex marca *Royal Bean, Boyles, Clivio, Sondap*, ou similar, com capacidade de injetar calda de vazões máximas de 50 l/min e capaz de atingir pressões de 50 kgf/cm<sup>2</sup> em furos distantes até 50m da central de injeção. Essas bombas devem possuir dispositivos controladores de velocidade dos pistões.
- D – Estabilizador de pressão capaz de reduzir as oscilações manométricas. Devem ser instalados nos circuitos quantos equipamentos forem necessários de maneira a atingir a estabilidade, com manômetro de 4" provido de dispositivo salva-manômetro e capacidade entre 10 e 100 kg/cm<sup>2</sup>.

|   |   |                    |               |
|---|---|--------------------|---------------|
|  <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. | <b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b> |                    |               |
| TÍTULO: <b>FORNECIMENTO, PREPARO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b>  | N°<br><br><b>80-ES-028A-11-8009</b>               | FOLHA<br><br>4 / 7 | REV.<br><br>0 |

- E – Medidor de volume geométrico.

## 6. SEQÜÊNCIA DOS TRABALHOS

### 6.1 Premissas

- A injeção pode ser executada em uma única ou em várias fases.
- Para evitar a injeção de calda a grandes distâncias, o volume a ser injetado, por manchete, deverá ser previamente limitado.
- A sistemática a ser adotada na injeção consiste em se impor um volume constante de injeção de calda, verificando o comportamento das pressões de resposta do solo. Em função das pressões observadas, são tomadas as decisões de prosseguimento ou paralisação das injeções. Nos critérios de paralisação das injeções, são levadas em conta as observações relativas ao surgimento de caldas na superfície ou eventuais riscos de comprometimento das estruturas vizinhas.

### 6.2 Abertura das Válvulas Manchete

- Após a pega da calda da bainha, devem ser iniciadas as injeções de baixo para cima a cada 0,5m.
- O primeiro passo é a abertura das manchetes, que é conseguida por meio da aplicação de pressões crescentes. Observa-se que houve início de injeção pela queda brusca do valor da pressão registrada no manômetro e a imediata absorção da calda. Caso não se consiga abrir a manchete utilizando calda, pode-se provocar sua abertura com a injeção de água.
- A pressão máxima utilizada para abertura da manchete deve ser registrada em boletim apropriado.

### 6.2 Pressões de Injeção

- As pressões de injeção são determinadas pelo estado de tensão do próprio solo que condiciona a clacagem.
- Em um processo de injeção com vazão constante, ocorre na maioria das vezes um comportamento de pressões semelhante ao mostrado no gráfico abaixo, de onde pode ser ressaltado:
  - após abertura da manchete e o rompimento da bainha ( $P_c$ ), observa-se uma queda brusca da pressão ( $P_i$ ), caracterizando o início da clacagem do solo.
  - à medida que a injeção prossegue, novos trechos do solo vão sendo rompidos e preenchidos com calda, acarretando um aumento lento e progressivo da pressão. Algumas vezes é comum observar um ligeiro aumento brusco da pressão, voltando em seguida a aumentar lentamente. Este fato pode ser entendido como a clacagem de mais um trecho do solo, o qual em seguida passa a ser preenchido por calda.

|  |   |                |           |
|--|---|----------------|-----------|
| <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.                | <b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b> |                |           |
| TÍTULO: <b>FORNECIMENTO, PREPARO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b> | Nº<br><b>80-ES-028A-11-8009</b>                   | FOLHA<br>5 / 7 | REV.<br>0 |

III - quando, em determinado momento, a pressão de injeção fica estabilizada, pode significar que o plano de clacagem interceptou uma cavidade, a qual está sendo preenchida por calda. Após o preenchimento desta cavidade, a pressão provavelmente voltará a subir, caracterizando o seu preenchimento.




### 6.3 Critério para Paralisação

a) O critério para paralisação da injeção é definido com base no comportamento da pressão de injeção e novo volume injetado, conforme descrito a seguir:

- I - rompida a bainha com a pressão  $P_c$ , é iniciada a injeção do solo com a pressão  $P_i$ , a qual deve ser registrada em boletim.
- II - injetar um determinado volume, por exemplo 100 l de calda por manchete, anotando a pressão final de injeção ( $P_f$ ).
- II - se, durante a injeção, for observado que a pressão de injeção se estabilizou em determinado valor, prosseguir a injeção até que a pressão volte a subir. Essa situação caracteriza o preenchimento de uma cavidade.

### 6.4 Controle e Registros

- a) Na fase inicial de definição dos traços das caldas e durante a execução dos trabalhos de injeção, há uma série de controles, visando à determinação das características das caldas.
- b) Basicamente estes controles constam de:
  - controle visual (contínuo)
  - densidade (diário) e para cada traço preparado
  - tempo de escoamento (diário)
- c) Durante a execução dos furos, todas as informações julgadas de interesse devem ser registradas, tais como presença de vazios, níveis d'água, perda d'água etc.

|   |   |                |           |
|---|---|----------------|-----------|
|  <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. | <b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b> |                |           |
| TÍTULO: <b>FORNECIMENTO, PREPARO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b>  | Nº<br><b>80-ES-028A-11-8009</b>                   | FOLHA<br>6 / 7 | REV.<br>0 |

- d) Na instalação do tubo, deve-se registrar o posicionamento e o espaçamento, tomando por referência o nível da boca do furo, de forma a permitir o correto posicionamento do obturador duplo durante as injeções.
- e) Na injeção da bainha devem ser registrados principalmente, o traço utilizado, pressões e volumes de calda.
- f) Durante as injeções do solo, além dos volumes injetados por manchete, devem ser registradas a pressão de abertura da manchete (Pc) e a pressão final de injeção.
- g) Para cada furo, deve ser elaborado um boletim, contendo todos os dados desde a sua furação até a injeção.

#### 6.5 Equipamentode Ensaio de Calda

Para execução dos ensaios da calda, deve-se instalar um pequeno laboratório de campo, equipado com:


- a) densímetros com graduação que permita leitura de variação de densidade de 0,01 g/cm<sup>3</sup> e
- b) funil *Marsh* com saída de 5cm de comprimento e diâmetro de 5mm.

#### 7. MANEJO AMBIENTAL

- a) Durante a aplicação do concreto *in loco*, devem ser preservadas as condições ambientais, exigindo-se, entre outros, os seguintes procedimentos:
  - I - deve ser removido todo o material excedente ou sobras, nas proximidades do elemento a ser utilizado o concreto;
  - II - o material excedente removido é transportado para local pré-definido pela fiscalização, cuidando-se ainda para que o mesmo não seja conduzido para cursos d'água, de modo a não causar assoreamento e/ou entupimento nos sistemas de drenagem naturais ou implantados em função das obras;
  - III - durante o desenvolvimento das obras deve ser evitado o tráfego dos veículos (betoneiras) sem a devida proteção nas lanças, evitando o derramamento da massa de concreto, em terrenos naturais e vias públicas.
- b) Além destas, devem ser observadas, no que couber, as disposições das Normas Ambientais da VALEC (NAVAS) e a política ambiental da empresa.

#### 8. CRITÉRIO DE MEDIÇÃO

Deve ser apropriada a quantidade de sacos de cimento aplicados para injeção de determinado volume de calda, sendo medida tão somente a quantidade de sacos de cimento utilizados.

|   |   |                    |               |
|---|---|--------------------|---------------|
|  <b>VALEC</b> ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. | <b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE INFRAESTRUTURA</b> |                    |               |
| TÍTULO: <b>FORNECIMENTO, PREPARO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b>  | N°<br><br><b>80-ES-028A-11-8009</b>               | FOLHA<br><br>7 / 7 | REV.<br><br>0 |

## 9. FORMA DE PAGAMENTO

O pagamento é efetuado pelo preço unitário contratual e remunera as despesas com equipamento, utilização de equipamentos e ferramentas, mão de obra com encargos e demais itens e serviços auxiliares necessários à execução das operações.