

**NORMA TÉCNICA  
PARA PREPARO,  
FORNECIMENTO E  
APLICAÇÃO DE CALDA  
DE CIMENTO**

---

**ESPECIFICAÇÃO DE  
SERVIÇO DE  
INFRAESTRUTURA**

**80-ES-028A-11-8009 Rev.02  
Aprovado: 29/01/2018**

7

<b>VALEC</b> Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		PREPARO, FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO			
Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO	Unidade Responsável SUPRO	Aprovação DIPLAN	Processo: 51402.197998/2017-11	Código: 80-ES-028A-11-8009 Rev.02	Página 2 de 10

#### Resumo

A presente especificação define os requisitos básicos necessários ao fornecimento, preparo e aplicação de calda de cimento em obras de arte, para implantação na infraestrutura de vias férreas.

**Palavras-chave:** Cimento, Calda, Injeção, Re-injeção.



<b>VALEC</b> Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		<b>PREPARO, FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b>			
Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO	Unidade Responsável SUPRO	Aprovação DIPLAN	Processo: 51402.197998/2017-11	Código: 80-ES-028A-11-8009 Rev.02	Página 3 de 10

## Sumário

1. OBJETIVO .....	4
2. ÁREA DE APLICAÇÃO .....	4
3. REFERÊNCIAS .....	4
4. FINALIDADE DA CALDA .....	4
5. DISPOSIÇÕES NORMATIVAS .....	5
6. MATERIAL.....	5
6.1. Água.....	5
6.2. Cimento.....	5
6.3. Aditivos .....	5
7. PREPARO DA CALDA.....	5
7.1. Equipamentos e utensílios.....	5
7.2. Mistura .....	6
8. REQUISITOS ESPECÍFICOS .....	6
9. EXECUÇÃO .....	6
9.1. Requisitos gerais .....	7
9.2. Programa de injeção.....	7
9.3. Ensaios .....	7
9.4. Disposições construtivas .....	7
9.4.1. Bainhas .....	7
9.4.2. Tubos para injeção e respiros .....	7
9.5. Operação de injeção.....	8
9.6. Registro e controle de dados.....	8
9.7. Re-injeção.....	8
10. ACEITAÇÃO .....	9
11. MANEJO AMBIENTAL .....	9
12. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO .....	9
13. FORMA DE PAGAMENTO.....	9
14. VIGÊNCIA.....	9
ANEXO A – TERMO DE APROVAÇÃO.....	10

<b>VALEC</b> Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		<b>PREPARO, FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b>			
Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO	Unidade Responsável SUPRO	Aprovação DIPLAN	Processo: 51402.197998/2017-11	Código: 80-ES-028A-11-8009 Rev.02	Página 4 de 10

## 1. OBJETIVO

A presente especificação define os requisitos básicos necessários ao preparo, fornecimento e aplicação de calda de cimento em obras de arte, para implantação na infraestrutura de vias férreas. São também apresentados os requisitos referentes a materiais, controle de qualidade, manejo ambiental, critérios de medição e forma de pagamento dos serviços executados.

## 2. ÁREA DE APLICAÇÃO

Esta Especificação de Serviço – ES se aplica em todo o âmbito da VALEC.

## 3. REFERÊNCIAS

ABNT NBR 7681-1:2013 – Calda de cimento para injeção – Parte 1: Requisitos.

ABNT NBR 7681-2:2013 – Calda de cimento para injeção – Parte 2: Determinação do índice de fluidez e da vida útil – Método de ensaio.

ABNT NBR 7681-3:2013 – Calda de cimento para injeção – Parte 3: Determinação dos índices de exsudação e expansão – Método de ensaio.

ABNT NBR 7681-4:2013 – Calda de cimento para injeção – Parte 4: Determinação da resistência à compressão – Método de ensaio.

ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

ABNT NBR 12655:2015 – Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.

ABNT NBR 14931:2004 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento.

DER-SP ET-DE-C00/018:2006 – Re-injeção de calda de cimento em bainhas de protensão.

## 4. FINALIDADE DA CALDA

A finalidade do procedimento de injeção é conseguir proteção eficiente para aços de protensão contra o efeito da corrosão, assegurando assim, uma ligação mecânica mais efetiva entre as armaduras ativas e a calda.

Por re-injeção entende-se o procedimento de complementação quando constatada situação de bainha preenchida parcialmente pela calda de cimento.

## 5. DISPOSIÇÕES NORMATIVAS

Esta especificação tem como fundamentação técnica as disposições da norma NBR 7681:2013 (Calda de cimento para injeção), ABNT NBR 14931:2004 (Execução de estruturas de concreto – Procedimento) e da especificação DER-SP ET-DE-C00/018:2006 (Re-injeção de calda de cimento em bainhas de protensão).

<b>VALEC</b> Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		<b>PREPARO, FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b>			
Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO	Unidade Responsável SUPRO	Aprovação DIPLAN	Processo: 51402.197998/2017-11	Código: 80-ES-028A-11-8009 Rev.02	Página 5 de 10

Quando não previstas em norma nacional, devem ser observadas as disposições das revisões mais recentes das normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, além de critérios julgados cabíveis pela VALEC, os quais prevalecem sobre os demais, devendo os casos omissos ou dúbios, uma vez constatados, serem resolvidos pela equipe técnica da mesma.

## 6. MATERIAL

A calda de cimento é o resultado da mistura de cimento e água em condições e proporções adequadas, as quais permitam o transporte e aplicação da calda. Esses componentes devem atender as condições específicas descritas a seguir.

### 6.1. Água

A água deve se apresentar visualmente limpa, potável e isenta de quantidades prejudiciais de impurezas, tais como: óleos, ácidos, álcalis, sais e matéria orgânica ou qualquer outra substância que interfira nas reações químicas de hidratação das partículas sólidas componentes da calda. Ela deve possuir teor máximo de cloro igual a 25 ml/l e deve ser neutra, com  $\text{pH} \approx 7,2$ .

### 6.2. Cimento

O cimento utilizado na fabricação da calda deve atender aos seguintes critérios:

- Não deve conter substâncias agressivas ao aço, tais como: sulfatos, sulfetos e cloretos;
- É proibido o uso de cimento hidratado e a temperatura do mesmo por ocasião da fabricação da calda deve ser inferior a 40 °C;
- O cimento a ser utilizado deve ser do tipo Portland CP I, CP I-S, CP V ARI, CP IV e CP II (com exceção do CP II-E);
- O módulo de fissura Blaine deve ser de aproximadamente 3.600 cm<sup>2</sup>/g;
- Os sacos de cimento devem ser armazenados em locais ventilados e livres de úmida. As pilhas não devem ser constituídas por mais de 8 sacos, os quais devem ser apoiados em tablados de madeira erguidos a no mínimo 30 cm do chão.

### 6.3. Aditivos

Os aditivos são empregados na mistura a fim de melhorar características de fluidez e expansão da calda de cimento, aumentando assim, a resistência e a estabilidade da pasta. Eles não devem conter substâncias agressivas ao aço e a definição do emprego de aditivos deve ser precedida por ensaios em composições de calda com os cimentos disponíveis para aplicação, a fim de obter certificação de sua adequação e compatibilidade.

## 7. PREPARO DA CALDA

### 7.1. Equipamentos e utensílios

<b>VALEC</b> Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		<b>PREPARO, FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b>			
Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO	Unidade Responsável: SUPRO	Aprovação: DIPLAN	Processo: 51402.197998/2017-11	Código: 80-ES-028A-11-8009 Rev.02	Página: 6 de 10

Os equipamentos e utensílios necessários à preparação da calda de cimento estão descritos detalhadamente na ABNT NBR 7681-1:2013 (Calda de cimento para injeção – Parte 1: Requisitos).

Os aparelhos metálicos utilizados no preparo da mistura e no manuseio da calda não podem ser de ligas que contenham alumínio.

## 7.2. Mistura

A quantidade de mistura deve ser considerada para um saco de cimento ou seus múltiplos inteiros, e a sequência de preparo deve atender os seguintes passos:

- Introduzir a água no recipiente de mistura, acionar o misturador de alta turbulência e permiti-lo girar em baixa rotação;
- Adicionar o cimento gradualmente, não permitindo o ingresso de grandes massas;
- Aumentar a rotação do misturador para no mínimo 1200 rpm;
- Após 1 min e 30 s, adicionar o aditivo e deixar o misturador girar por no mínimo mais 3 min e 15 s, ou até que se atinja o tempo total predeterminado ou a fluidez de aplicação almejada.

## 8. REQUISITOS ESPECÍFICOS

Após a preparação da calda os seguintes requisitos devem ser atendidos:

- A relação água/cimento deve ser inferior ou igual a 0,40;
- O índice de fluidez da calda de injeção, imediatamente antes de ser injetada, não deve exceder 12 s, determinado conforme ABNT NBR 7681-2:2013. Não se admite calda cujo índice de fluidez ultrapasse o valor recomendado, durante o período de 30 min, após conclusão da mistura;
- A água exsudada deve ser no máximo 2% do volume inicial de calda, medida por 2 h após a mistura, conforme ABNT NBR 7681-3:2013;
- A expansão deve ser no máximo 7% do volume inicial de calda, medida por 2 h após a mistura, conforme ABNT NBR 7681-3:2013;
- A calda deve apresentar resistência à compressão uniaxial igual ou superior a 35 MPa aos 28 dias de idade, conforme ABNT NBR 7681-4:2013;
- A resistência à tração por flexão deve ser igual ou superior a 4 MPa, conforme ABNT NBR 7681-4:2013;
- Início de pega: 2 h e 30 min.

## 9. EXECUÇÃO

Os procedimentos gerais e especificações de equipamentos para execução das injeções de calda de cimento devem seguir as recomendações conforme ABNT NBR 14931:2004.

<b>VALEC</b> Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		<b>PREPARO, FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b>			
Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO	Unidade Responsável SUPRO	Aprovação DIPLAN	Processo: 51402.197998/2017-11	Código: 80-ES-028A-11-8009 Rev.02	Página 7 de 10

### 9.1. Requisitos gerais

Os objetivos das injeções são:

- a) Assegurar a aderência mecânica entre as armaduras de protensão e o concreto ao longo do cabo, obtendo-se as condições estabelecidas no cálculo estrutural;
- b) Garantir a proteção da armadura contra corrosão.

A injeção deve ser efetuada o mais rápido possível após a protensão das barras ou cabos, e o método de injeção escolhido deve garantir que as bainhas sejam totalmente preenchidas com calda.

Após a injeção, as peças não devem ser submetidas a esforços ou vibrações que possam vir a afetar a integridade da calda. Se, por meio de ensaios, não houver comprovação dessa integridade, deve ser exigida uma resistência mínima de 10 MPa para a calda.

### 9.2. Programa de injeção

Deve-se apresentar um programa de injeção, o qual estabelecerá parâmetros da operação de injeção, tais como: características de injetabilidade da calda, pressão máxima admissível de injeção e sequência de barras ou cabos a serem injetados. Ressalta-se que a pressão de injeção não deve ser inferior a 1,5 MPa e não deve ser superior a 2 MPa.

### 9.3. Ensaios

Além dos ensaios a fim de determinar os requisitos conforme ABNT NBR 7681:2013, a ABNT NBR 14931:2004 recomenda a realização de ensaios de campo e ensaios de injeção em cabos-teste, os quais devem ser exigidos pelo responsável/fiscalização da obra.

### 9.4. Disposições construtivas

#### 9.4.1. Bainhas

As bainhas devem ser escolhidas e especificadas conforme ABNT NBR 14931:2004 anexo A, ressalta-se que devem ser levados em consideração os processos de montagem que são utilizados para a armadura de protensão, assim como as condições ambientais.

#### 9.4.2. Tubos para injeção e respiros

Os tubos devem ser de plástico e possuir diâmetro mínimo de 12 mm, e espessura suficiente para resistir às pressões estipuladas no item 9.2.

A instalação do tubo deve ser realizada de modo que a saída do mesmo seja para cima, e seu comprimento deve sobressair a superfície do concreto em no mínimo 30 cm. Além disso, deve ser prevista a utilização de dispositivo que permita o fechamento rápido e assegure a manutenção das pressões estabelecidas anteriormente.

Os respiros devem ser instalados em todos os pontos altos do traçado do cabo, desde que haja desnível superior a 30 cm, ou em locais onde bolsas de ar possam ocorrer. Respiros adicionais devem ser implantados caso re-injeções sejam previstas.

<b>VALEC</b> Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		<b>PREPARO, FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b>			
Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO	Unidade Responsável SUPRO	Aprovação DIPLAN	Processo: 51402.197998/2017-11	Código: 80-ES-028A-11-8009 Rev.02	Página 8 de 10

### 9.5. Operação de injeção

Para obtenção de uma injeção adequada deve-se ter uma equipe qualificada, a qual deve conhecer as características dos equipamentos, a composição da calda, a ordem de injeção das bainhas e as seqüências operacionais gerais. As recomendações prescritas na ABNT NBR 14931:2004 devem ser observadas.

A operação deve ser iniciada logo após a lavagem do cabo, e em locais com temperatura elevada, recomenda-se realizar as injeções no período matutino.

A injeção deve ser realizada pelo tubo de injeção, especificado conforme 9.4.2, e deve ser contínua, regular e com pressão compatível ao especificado no item 9.2.

O controle tecnológico da calda de injeção deve ser realizado conforme ABNT NBR 7681:2013. Ao longo do processo de injeção devem ser verificados: a evolução da pressão da bomba, a qual deve aumentar progressivamente, e o volume de calda que está sendo injetado.

Os respiros de uma mesma bainha só devem ser fechados quando for possível assegurar que a calda que por eles flui é semelhante àquela injetada e não contém mais ar aprisionado.

A fim de minimizar os efeitos de exsudação da calda deve-se observar os preceitos da ABNT NBR 14931:2004 anexo B.

### 9.6. Registro e controle de dados

O controle do serviço deve ser rigoroso, observando-se o exposto na ABNT NBR 14931:2004 anexos A e B, de modo que não resulte em bainhas não injetadas.

Para cada cabo deve-se efetuar os seguintes registros durante a injeção:

- Data e hora do início e fim de cada injeção;
- Composição e temperatura dos materiais e da calda;
- Pressões manométricas da bomba ao longo da injeção, a fim de verificar se as pressões especificadas no item 9.1 são respeitadas;
- Volume injetado, a ser comparado com o volume teórico de vazio do cabo;
- Índices de fluidez na entrada e na saída das bainhas;
- Registro de qualquer anomalia.

### 9.7. Re-injeção

Os trechos das bainhas nos quais forem constatadas insuficiências de preenchimento de calda, detectados por meio de ensaios de ultrassonografia ou outro tipo de ensaio destrutivo, devem ser indicados em projeto específico de recuperação. Pode-se detectar três tipos de falhas de preenchimento de bainhas:

- Pequenos espaços da bainha não estão preenchidos em consequência da exsudação ou retração da calda;



<b>VALEC</b> Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		<b>PREPARO, FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO</b>			
Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO	Unidade Responsável SUPRO	Aprovação DIPLAN	Processo: 51402.197998/2017-11	Código: 80-ES-028A-11-8009 Rev.02	Página 9 de 10

- b) Longos trechos de bainha não estão preenchidos;
- c) Toda a extensão da bainha necessita de preenchimento.

Para cada situação citada anteriormente deve-se adotar um procedimento correspondente, conforme DER-SP ET-DE-C00/018:2006.

## 10. ACEITAÇÃO

Os serviços de injeção e re-injeção de calda de cimento são aceitos se todos os itens de controle foram observados e atendidos de acordo com o disposto nesta especificação, na ABNT NBR 7681:2013 e na ABNT NBR 14931:2004 anexos A e B.

Qualquer serviço que apresentar defeitos ou avarias antes da aceitação, deve ser revisto de acordo com as especificações.

## 11. MANEJO AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpo d'água e à segurança viária. Desta forma, ao longo do processo de injeção e re-injeção de calda de cimento deve-se observar as seguintes premissas:

- a) Deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes a tais serviços;
- b) O material descartado deve ser removido para local apropriado, definido pela fiscalização da obra, atentando-se à preservação do meio ambiente;
- c) É proibido o lançamento da água de lavagem das betoneiras em corpos d'água e na drenagem superficial. O local de lavagem deve ser definido pela fiscalização da obra;
- d) É obrigatório o uso de EPIs pelos funcionários de acordo com as normas pertinentes.

## 12. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

O serviço é medido por quilo (kg) de cimento efetivamente utilizado nos serviços de injeção e re-injeção.

## 13. FORMA DE PAGAMENTO

O pagamento é efetuado conforme respectivo preço unitário contratual e remunera as despesas com fornecimento de material, equipamentos e ferramentas, mão-de-obra e os devidos encargos sociais, BDI e demais itens e serviços auxiliares necessários à execução das operações.

## 14. VIGÊNCIA

Esta Norma foi aprovada pela Diretoria de Planejamento, conforme Termo de Aprovação.

<b>VALEC</b> Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		PREPARO, FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE CALDA DE CIMENTO			
Tipo de Documento: ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO	Unidade Responsável SUPRO	Aprovação DIPLAN	Processo: 51402.197998/2017-11	Código: 80-ES-028A-11-8009 Rev.02	Página 10 de 10

## ANEXO A – TERMO DE APROVAÇÃO

<b>VALEC</b> Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.	Termo de Aprovação
<p>Este Documento Normativo foi aprovado pela Diretoria de Planejamento, em 29/01/2018, e entrará em vigor na data da sua assinatura.</p> <p>Brasília, 29 de janeiro de 2018.</p> <div style="text-align: center;">          _____               Diretor de Planejamento               VALEC Engenharia Construções e Ferrovias.     </div>	