

CALDAS DE CIMENTO PARA INJEÇÃO E REINJEÇÃO.

Especificação Particular de Material

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Fevereiro de 2023



DESIGNAÇÃO - ARTERIS EM – 018 Rev.00

Especificação Particular de Material

Caldas de Cimento para Injeção e Reinjeção.

Designação ARTERIS EM 018- Rev.00 (fevereiro/2023) 

1. RESUMO

Esta especificação particular, estabelece os requisitos e respectivos métodos de ensaio para caldas de cimento Portland, empregada no preenchimento de bainhas e dutos de armaduras de protensão de peças de concreto protendido e o preenchimento de bainhas de grampos perfurados/autoperfurantes, bem como a injeção ou re-injeção após o preenchimento da bainha, para muros e taludes em solo-grameado e estabilização de maciços, a serem utilizadas nas obras de artes especiais nas rodovias administradas pelo grupo ARTERIS.

Para execução devem ser consultados as normativas de referências.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para o entendimento desta norma devem ser consultados os documentos seguintes, em suas versões mais recentes:

- ABNT NBR 5629. Tirantes ancorados no terreno – Projeto e execução.
- ABNT NBR 7215. Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.
- ABNT NBR 7681-1. Calda de cimento para injeção. Parte 1: Requisitos
- ABNT NBR 7681-2. Calda de cimento para injeção. Parte 2: Determinação do índice de fluidez e da vida útil – Método de ensaio.
- ABNT NBR 7681-3. Calda de cimento para injeção. Parte 3: Determinação dos índices de exsudação e expansão – Método de ensaio.
- ABNT NBR 7681-4. Calda de cimento para injeção. Parte 4: Determinação da resistência de compressão – Método de ensaio.
- ABNT NBR 9425. Hipoclorito de sódio - Determinação de cloro ativo - Método volumétrico
- ABNT NBR 12655. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.
- ABNT NBR 14931. Projeto de estruturas de concreto — Procedimento.
- ABNT NBR 15900-1. Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos
- ABNT NBR 16697. Cimento Portland – Requisitos.
- ABNT NBR 16920-1. Muros e taludes em solos reforçados. Parte 2: Solos grampeados.
- ABNT NBR NM 19. Cimento Portland - Análise química - Determinação de enxofre na forma de sulfeto.
- DNIT-ES 117. Pontes e viadutos rodoviários – Concretos, argamassas e calda de cimento para injeção - Especificação de serviço
- DER/SP ET-DE-C00/018. Re-injeção de calda de cimento em bainhas de protensão.

- DER/SP ET-DE-C00/023. Tirantes em contenção de maciço.
- DER/SP ET-DE-C00/028. Injeção de materiais para estabilização de maciços.

3. DEFINIÇÃO

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições:

3.1. Calda de cimento

Material ligante, destinado ao preenchimento de bainhas ou dutos de armaduras de protensão (ex: tirantes), injeção e/ou re-injeção de grampos. Responsáveis pela aderência do elemento de tração ao terreno (solo/rocha/concreto) ou transferência de esforços entre armação do grampo e o terreno.

3.2. Material ligante

Material, fluído, aglutinante, obtido pela mistura conveniente de cimento, água e, eventualmente, aditivos e/ou adições minerais.

3.3. Bainha

Espaço anelar a ser preenchido com calda de cimento, que isola o elemento de tração/armação do grampo (cabo) e a parede da perfuração (furo).

3.4. Grampo

Elemento linear de reforço instalado no maciço, que mobiliza resistência com o solo ao longo de todo o seu comprimento.

3.5. Cabo

Conjunto formado por fios, cordoalhas ou barras e seus dispositivos complementares, como ancoragem, bainhas, purgadores, etc.

3.6. Reinjeção

Procedimento de complementação quando for constatada uma situação de bainhas não totalmente preenchidas com o material ligante.

4. CONDIÇÕES GERAIS

As caldas de cimento, são dosadas segundo sua aplicação:

- a) Preenchimento de bainhas e dutos de armaduras de protensão de peças de concreto protendido;
- b) Preenchimento de bainhas, injeções e re-injeções de grampos ou inclusões passivas para muros e taludes de solo reforçado ou grampeado;
- c) Estabilização de maciços;

Além do atendimento a esta especificação particular, normas relacionadas nas referências normativas, podem ser consultadas para atendimento aos requisitos específicos, segundo o projeto.

4.1. Estudos prévios

As caldas de cimento Portland, destinada as aplicações referidas nessa especificação particular, e seus materiais constituintes devem ser submetidos a análise a aprovação da equipe de qualidade da concessionária, através da apresentação de carta traço padrão, com resultados previstos para os parâmetros de exsudação e expansão, e laudos de ensaios dos materiais constituintes, apresentados com prazo mínimo de 7 dias úteis antecedentes ao início das operações, podendo ainda ser necessário o atendimento dos itens 4.1.1 a 4.1.3., segundo aplicações específicas descritas.

4.1.1. Ensaio de laboratório

As caldas que por ocasião sejam aplicadas no preenchimento de bainhas e dutos de armaduras de protensão de peças de concreto protendido, devem ter suas características estudadas em laboratório, de maneira a comprovar que as condições exigíveis sejam satisfeitas, e o intervalo de tempo decorrido entre o início dos ensaios e a execução do serviço deve ser inferior a 6 meses, podendo também a critério do controle de qualidade da obra, ser solicitado esses ensaios para homologação de calda destinadas as demais aplicações objeto dessa especificação.

Os ensaios de laboratório devem ser efetuados com os mesmos materiais (tipo/classe/marca/procedência) dos que se prevê utilizar na execução do serviço, e as temperaturas ambientes e dos materiais constituintes, devem estar em temperaturas semelhantes às previstas na operação de injeção.

O laboratório responsável pelo ensaio, deverá emitir um relatório contendo as informações mínimas descrita no Anexo B da ABNT NBR 14931.

4.1.2. Ensaio de campo

Os ensaios de campos visam determinar qual a dosagem resultante dos ensaios de laboratório, tais como equipamentos de mistura e condições climáticas, e devem ser realizados em um prazo máximo de duas semanas antes do início das injeções.

Nos ensaios de campos devem ser determinados, índice de fluidez, vida útil, expansão e exsudação, segundo métodos de ensaio descritos na ABNT NBR 7681.

Nota: Para a verificação do correto desempenho do funil Marsh, deve-se realizar o ensaio da ABNT NBR 7681-2, utilizando água e obedecendo a um resultado de 6 s.

4.1.3. Ensaio de injeção em cabos-teste

Fica a critério da concessionária, exigir a execução de alguns ensaios de injeção em cabos-testes em escala real, o qual por ocasião de ensaio deverão atender o item B.4.4 da ABNT NBR 14931.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.2. Materiais

5.2.1. Cimento

Para a dosagem de caldas destinadas ao preenchimento de bainhas e dutos de armação de protensão, o cimento empregado deve atender:

- a) teor de cloro proveniente de cloretos, determinado conforme a ABNT NBR 9425;
 - devem ser $\leq 0,10\%$
- b) teor de enxofre proveniente de sulfetos, determinado conforme a ABNT NBR NM 19;
 - devem ser $\leq 0,20\%$
- c) temperatura máxima para aplicação de 40°C.
- d) proibido o uso de cimento hidratado ou pré-hidratado.
- e) atender notas e restrições se estabelecidas em projeto quanto ao tipo e classe

Os cimentos a ser utilizado devem atender às exigências da ABNT NBR 16697, podendo ser correspondentes aos tipos CP II (exceto CP II E), CP IV, e CPV ARI.

Não é permitido o uso de Cimentos Portland dos tipos CP II E e CP III, para aplicação citada, por conterem teores de enxofre na forma de sulfeto historicamente maiores do que previsto no item 5.1.b, segundo requisitos estabelecidos na própria ABNT NBR 16697:2018 (Tabela 5). Somente poderão ser utilizados mediante apresentação dos ensaios de comprovação.

Para dosagem de caldas destinadas as aplicações segundo definido nos itens 4.b e 4.c desta especificação, admite-se o uso de Cimentos Portland dos tipos CP II, CP III, CP IV e CP V e suas classes, desde que atendam os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 16697, e os itens 5.1.c a 5.1.e do presente documento.

O cimento deve ser armazenado separadamente, de acordo com sua marca e tipo, classe, devendo atender os demais requisitos constantes na ABNT NBR 12655, no que se refere ao cimento.

5.2.2. Água

A água destinada a produção de caldas, independentemente de sua aplicação, deve atender aos requisitos da ABNT NBR 15900-1, de forma a garantir a durabilidade do elemento de tração/armação. .

5.2.3. Aditivos

Os aditivos a serem utilizados devem atender os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 11768, e são proibidos aditivos que contenham cloreto de cálcio, ou quaisquer outros halogenetos. Não devem conter ainda, ingredientes que possam provocar a corrosão do aço.

Devem ainda, atender as condições prescritas na ABNT NBR 12655, quanto ao seu armazenamento e acondicionamento.

5.2.4. Adições

As adições minerais, devem atender normativas respectivas (ex: sílica, metacaulim), e ser compatível com o cimento utilizado, sendo a temperatura máxima de aplicação para produção da mistura de 40°C.

5.3. Equipamentos

Antes do início dos serviços, todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela fiscalização da ARTERIS. Os equipamentos necessários para a preparação e injeção/reinjeção de caldas de cimento compreendem:

5.3.1. Preparo da calda

Os equipamentos e utensílios necessários para o preparo da calda são os seguintes:

- a) recipiente de mistura: metálico, estanque e com capacidade mínima para efetuar a mistura de um saco de cimento;
- b) recipiente de estocagem (agitador): metálico, estanque e com capacidade mínima para estocagem do volume de calda produzida, sendo esse volume o suficiente para a injeção total do cabo ou família de cabo, sem interrupção e respeitando a velocidade da injeção. Deve estar em constante movimento, mesmo durante a operação de injeção, onde recomenda-se que a velocidade de rotação do agitador do recipiente de estocagem deve estar compreendida entre 60 e 160 rpm;
- c) recipiente de amostragem: metálico, estanque e com capacidade mínima de 5.000 cm³ (5 litros) para amostragem da calda produzida;
- d) misturador: dispositivo metálico com aletas dispostas no eixo vertical em posição que resultem imersas no volume de calda, podendo ser a hélice, rolos ou turbina, com acionamento eletromecânico (manuais não são permitidos), onde recomenda-se que tenha potência de aproximadamente 1 HP por saco de cimento;
- e) balde graduado: recipiente metálico com alças, com capacidade mínima de 20 L;

- f) proveta: recipiente cilíndrico transparente, graduado, com capacidade de 1.000 cm³ (1 litro) e escala de 10 cm³ (10 mililitros);
- g) balança com capacidade mínima de 10,0 kg e precisão de 0,1 kg;
- h) peneira com abertura de malha 2,36 mm (segundo ABNT NBR NM ISSO 3310-1);
- i) cronômetro: relógio eletrônico digital provido de dispositivo de registro de tempo, com precisão de 0,01 s;
- j) termômetro: aparelho de escala graduada para medir a temperatura com precisão de 0,5 °C e campo de medida de ±5 °C da temperatura de trabalho.

Os aparelhos metálicos utilizados na mistura e no manuseio da calda, não podem ser de ligas que contenham alumínio, e devem ser seguidas as especificações dos fabricantes quanto ao uso. E peneiras, provetas, balanças, cronômetros, e termômetros, devem apresentar certificados de calibração.

5.4. Mistura

A operação de mistura da calda de cimento Portland, deve ser considerada para um saco de cimento ou seus múltiplos inteiros.

Introduzir a água no recipiente de mistura, acionar o misturador e deixá-lo girar a baixa rotação.

Adicionar o cimento gradualmente, não permitindo o ingresso de grandes massas, e aumentar a rotação para no mínimo 1200 rpm.

Após 1 min e 30s, adicionar o aditivo e deixar o misturador girar por mais 3 min e 15 s, ou até que atinja o tempo total predeterminado nos estudos prévios e/ou a fluidez de aplicação desejada, a qual não deverá diferir dos obtidos em laboratório em ± 3 s.

Quando da dosagem de adições minerais, essas devem ser adicionadas antes dos aditivos, logo após a adição do cimento ou incorporadas ao cimento.

Nota: Uma vez ligado o misturador e adicionado o cimento, a mistura não pode ser interrompida.

5.4.1. Requisitos específicos

As caldas segundo suas aplicações devem atender os requisitos estabelecidos na Tabela 1:

Tabela 1 - Requisitos específicos de caldas de cimento.

PARÂMETROS ADMITIDOS			
Aplicação	Bainhas e dutos de armaduras de protensão, para peças de concreto protendido.	Preenchimento de bainhas para muros e taludes de solo reforçado ou grampeado.	Injeções e re-injeções de grampos ou inclusões passivas para muros e taludes de solo reforçado ou grampeado.
Relação água/cimento	$\leq 0,40$	$\leq 0,50$	$\leq 0,70$
Fluidez (Entrada)	≤ 12 s	Segundo determinação de projeto	Segundo determinação de projeto
Fluidez (Saída)	No mínimo igual ao da entrada.	No mínimo igual ao da entrada.	No mínimo igual ao da entrada.
Vida útil	≤ 12 s	Segundo determinação de projeto.	Segundo determinação de projeto.
Exsudação	2% a cada 2 horas	Segundo determinação de projeto.	Segundo determinação de projeto.
Expansão	7% a cada 2 horas	Segundo determinação de projeto.	Segundo determinação de projeto.
Resistência à compressão (MPa)	$\geq 35,0$	$\geq 25,0$	$\geq 15,0$

Por ocasião da especificação em projeto de normativas de referência, ou dos requisitos a serem considerados, deve-se avaliar junto a concessionário os parâmetros a serem adotados.

6. INSPEÇÃO

6.5. Materiais constituintes

A aceitação dos materiais da calda deve atender as condições específicas prevista no item 5.2 da presente especificação e suas normativas de referências e a inspeção deve ser realizada com antecedência em relação ao início das operações segundo itens 7.5.1 a 7.5.3.

6.5.1. Cimento e Adições minerais

A cada lote de no máximo 100 sacos de cimento (de mesma procedência/marca/tipo/classe), recebidos na obra, devem ser coletados de 10 unidades ao acaso, amostras parciais de 5 kg, que deverão ser cuidadosamente misturadas, constituindo uma amostra média representativa do lote, pesando no mínimo 50 kg, que irão compor dois exemplares de 25 kg cada um, sendo um exemplar destinado aos ensaios (ver item 5.2) e o outro preservado até que se obtenha todos os resultados dos ensaios, na forma de contraprova.

Cada um dos exemplares de amostra colhida deve ser acondicionado em recipiente hermético e impermeável, de material não-reagente com o cimento, devidamente identificado e a crivo de fiscalização.

Em relação a massa (kg), se a média dos sacos, em qualquer lote de no máximo 100 sacos, obtida pela pesagem de 50 unidades tomadas ao acaso, apresentar variação $\pm 2\%$, em relação a massa nominal indicada na embalagem, todo o lote deve ser rejeitado.

O cimento armazenado a granel ou contêiner por mais de seis meses, ou armazenado em sacos por mais de três meses, deve ser reensaiado, podendo ser rejeitado senão satisfizer a qualquer exigência desta norma.

6.5.2. Água

Devem ser realizadas inspeções, segundo a frequência estabelecida na Tabela 6 da ABNT NBR 15900-1, e deve ser aceita se atender as condições específicas descritas no item 5.2.2.

6.5.3. Aditivos

Estão condicionados a aceitação desde que atendidos as condições específicas prescritas no item 5.2.3 da presente especificação, inspecionados mediante a cada lote recebido pela obra, e apresentação de certificado de ensaio do lote.

6.6. Calda

O cimento e as adições mineráveis devem ser sempre medidas em massa com precisão de $\pm 2\%$, em relação a massa total da mistura (ver item 5.4).

A inspeção de caldas, independente de suas aplicações, devem seguir o prescrito na Tabela 1 da ABNT NBR 7681, quanto a frequência máxima de ensaio, onde acrescenta-se para o controle de resistência à compressão:

- A frequência de amostragem do lote, não deve exceder três dias de operações, compreendidas em um prazo máximo de uma semana;
- Se o número de amostras por lote for superior >1, deverá ser adotado o controle estatístico por amostragem excepcional segundo o prescrito na ABNT NBR 12655;
- O valor representativo do parâmetro de resistência à compressão da calda, deve ser determinado através da média aritmética das resistências individuais (ABNT NBR 7215), de seis corpos de prova, onde as resistências que se afastarem dessa média mais de 15% deverão ser expurgadas, calculando-se uma nova média dos valores remanescentes.

6.6.1. Aceitação

A calda de cimento, deve ser aceita ou recebida, desde que atenda os parâmetros admitidos no projeto, e estabelecidas no presente documento. Caso ocorram não conformidades, deve-se recorrer a ensaios que comprovem o desempenho em serviço, juntamente da análise e parecer do projetista.

7. MANEJO AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e à segurança viária.

Todo o material excedente de escavação ou sobras deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento. O material excedente removido será transportado para local pré-definido em conjunto com a fiscalização, cuidando-se ainda para que este material não seja conduzido para os cursos d'água, de modo a não causar assoreamento.

Nos pontos de deságue dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, para impedir a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.

Durante o desenrolar das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a sua desfiguração.