

---

# **NORMA TÉCNICA**

---

**T. 186/ 1**

## **FERROCIMENTO PARA OBRAS DE SANEAMENTO**



A água de Minas



Sistema de Normalização Técnica  
Copasa



## NORMA TÉCNICA

Ferrocimento para Obras de Saneamento

Nº: T.186/1  
Subst.: T.186/0  
Aprov.: 18/04/16  
Pág.: 1/29

### 1. Objetivo

1.1. Fixar as condições exigíveis para projeto, execução, fiscalização, controle e recebimento de estruturas de ferrocimento, com intuito de obter unidades seguras, estanques e confiáveis para a COPASA.

### 2. Referências

2.1. Na aplicação desta Norma pode ser necessário consultar:

- Da ABNT

- NBR 5732 - Cimento Portland comum [CP I]
  - NBR 5733 - Cimento Portland de alta resistência inicial [CP V-ARI]
  - NBR 5735 - Cimento Portland de alto forno [CP III]
  - NBR 5736 - Cimento Portland Pozolânico [CP IV]
  - NBR 5737 - Cimento Portland resistente à sulfatos [- RS]
  - NBR 5738 - Moldagem e cura de corpos de prova de concreto, cilíndricos de concreto
  - NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto
  - NBR 6118 - Projeto e execução de obras de concreto armado
  - NBR 6207 - Arame de aço - Ensaio a tração
  - NBR 7211 - Agregados para concreto
  - NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência a compressão
  - NBR 7216 - Amostragem de agregados
  - NBR 7217 - Agregados - Determinação da composição granulométrica
  - NBR 7480 - Barras e fios de aço destinados à armadura para concreto armado
  - NBR 7481 - Telas de aço soldadas para armadura de concreto
  - NBR 9778 - Argamassa e concreto endurecido - Determinação da absorção de água por meio de índice de vazios e massa específica
  - NBR 10908 - Aditivos para argamassa e concretos - Ensaio de uniformidade
  - NBR 11173 - Projeto e execução de argamassa armada
  - NBR 12217 - Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público
  - NBR 15577 - Agregados - Reatividade álcali-agregado
- Da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP
- *Guia de Construções Rurais: à base de cimento.* Fascículo 2: como usar os materiais. São Paulo: ABCP.
- Da COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA.

  
Wilton José F. Ferreira  
DTE / SPDT / DVDT  
Matrícula 10.159




## NORMA TÉCNICA

Ferrocimento para Obras de Saneamento

Nº: T.186/1  
Subst.: T.186/0  
Aprov.: 18/04/16  
Pág.: 2/29

- Norma Técnica T.175: *Projeto e execução de estruturas em concreto para obras de saneamento*. COPASA: Belo Horizonte, 2014.
- Do INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS
  - *Telas soldadas: informações técnicas*. São Paulo: IBTS.
- Do INTERNATIONAL FERROCEMENT SOCIETY – IFS. INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS
  - *Ferrocement Model Code: Building Code Recommendations for Ferrocement*. IFS, 2001.
- Da ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD / CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE – OPS/CEPIS.
  - *Especificaciones técnicas para el diseño de estructuras de ferrocemento*. Lima, 2003.
  - *Fundamentos para la aplicación de ferrocemento*. Lima, 2000.
  - *Guia de construcción para estructuras de ferrocemento*. Lima, 2003.
- Outras Referencias:
  - ANDRADE, Márcio Antônio Nogueira *et al.* *Cartilha do biodigestor rural em ferrocimento artesanal*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Extensão, Centro de Tecnologia, 1994. 40 p.
  - BAPTISTA JUNIOR, Pedro Paulo Lessa. *Introdução ao Ferrocimento*. Belo Horizonte – MG, 1995. 39 p. Ed. Atualizada.
  - CARVALHO, Luis Alberto de Melo. *Projeto de Estruturas de Ferrocimento*. In: *Projeto Ferrocimento: V Edição Técnica*. Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia. Fortaleza, Ceará, 1987.
  - DIÓGENES, Alexandre. *Cartilha do ferrocimento artesanal*. Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia. Fortaleza, Ceará, 1987.
  - DIÓGENES, Alexandre. *Os pequenos reservatórios do Projeto Ferrocimento*. In: *Projeto Ferrocimento: V Edição Técnica*. Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia. Fortaleza, Ceará, 1987.
  - HANAI, João Bento de. *Construções de argamassa armada: fundamentos tecnológicos para projeto e execução*. São Paulo: Pini, 1992.
  - HOMEM, Antônio Cloves Fonseca. *FERROCIMENTO (Técnicas de construção)*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1991.
  - MORALEIDA, Cláudio. *Especificação técnica para execução de estruturas em ferrocimento*. Belo Horizonte: Constr. SANENCO, 2014. 19 p. Relatório.
  - VIANNA, Marcos Rocha; BONIFACIO, Sávio Nunes. *Estação de Tratamento de Água em Ferrocimento: aspectos hidráulicos e construtivos*. In: *23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Natal – RN: ABES, 1993.
  - WAINSHOTOK, Hugo. *Ferrocemento – Diseño y Construcción*. 4. ed. Riobamba, Ecuador, 2010.

  
Wilton José F. Ferreira  
DTE / SPDT / DVDT  
Matrícula 10.159



## NORMA TÉCNICA

Ferrocimento para Obras de Saneamento

Nº: T.186/1

Subst.: T.186/0

Aprov.: 18/04/16

Pág.: 3/29

2.2. Cada referência citada neste texto deve ser observada em sua edição em vigor.

### 3. Definições

Para efeitos desta Norma são adotadas as definições de **3.1 a 3.20**:

#### 3.1. Ferrocimento

Ferrocimento é um tipo de concreto armado comumente construído com argamassa de cimento Portland reforçado com telas de fios de diâmetros relativamente pequenos. A tela pode ser metálica ou outro material adequado. A finura da argamassa deverá ser compatível com a abertura e distribuição das malhas da armadura a ser envolvida. A matriz de argamassa poderá conter fibras descontínuas. (IFS, 2001)

Comentário da IFS (2001): Esta definição é bem geral e possibilita várias interpretações, mas apresenta características significativas que distinguem o ferrocimento da argamassa armada com telas, do estuque e do concreto delgado reforçado. Acrescenta-se a elasticidade, micro fissuramento, impermeabilidade, ductilidade, durabilidade, resistência a impactos e facilidade de manutenção e reparos. Estas características do ferrocimento são atribuídas ao controle dos parâmetros do reforço utilizado e das propriedades da argamassa.

#### 3.2. Aramado

Consiste do conjunto de toda armadura de uma estrutura. Compõe-se da armadura de reforço (ou esqueleto) e da armadura difusa. Tem o objetivo de determinar a forma, a resistência da estrutura e a distribuição dos esforços na estrutura de ferrocimento.

#### 3.3. Armadura de reforço (ou esqueleto)

Constitui a armadura principal das estruturas em ferrocimento construídas na COPASA. Denominada também, de malha de sustentação ou armadura discreta, que tem a função de conferir a forma desejada, sustentar a armadura difusa e resistir ao esforço de tração a que a estrutura estiver submetida. É constituída normalmente de malha de aço CA 60, em barras soltas ou telas soldadas, disposta em camadas aproximadamente no centro das paredes, lajes, pisos ou outras peças da estrutura.

#### 3.4. Armadura difusa

Armadura auxiliar constituída de tela de arames finos e pouco espaçados, aplicada sobre a armadura de reforço em camadas contínuas, envolvendo-a e comprimindo-a mediante amarração firme, de forma a se manter perfeitamente tensionada dentro de seus limites. Tem a função de ser forma para receber a argamassa, conferir ao ferrocimento a ductilidade, a microfissuração e atender os parâmetros internacionais de ferrocimento, quais sejam, a Superfície Específica e a Fração Volumétrica.

  
Wilton José F. Ferreira  
DTE / SPDT / DVDT  
Matrícula 10.159

### 3.5. Telas soldadas

É uma armadura pré-fabricada, formada por fios de aço longitudinais e transversais sobrepostos e soldados entre si em todos os pontos de cruzamento (nós), por corrente elétrica (caldeamento), formando malhas quadradas ou retangulares.

### 3.6. Malha

Figura geométrica que define a posição dos fios ou lâminas das telas, caracterizada pelo polígono cujos lados coincidem com os eixos desses fios ou lâminas.

### 3.7. Argamassa

Mistura homogênea composta por cimento portland, agregado miúdo (areia) e água, podendo eventualmente conter adições e aditivos que melhorem suas propriedades. Ou simplesmente massa, é aplicada sobre as armaduras para conformação das paredes, lajes e outros elementos das estruturas, mediante métodos e critérios específicos, definidos nesta Norma.

### 3.8. Argamassagem

Processo específico de aplicação de argamassa sobre o aramado, em que se dispensa as formas e se emprega métodos e cuidados especiais para evitar falhas e vazios na estrutura. É ideal que se utilize métodos mecânicos de aplicação associados a cuidados artesanais, providos por mão de obra treinada para este fim específico.

### 3.9. Juntas de argamassagem

Superfícies formadas pelo contato direto de ferrocimento de idades diferentes, devido à interrupção da aplicação da argamassa.

### 3.10. Cura

Procedimento pós argamassagem de vital importância para consolidação da estrutura sem sofrer os efeitos de retração pela evaporação de água da argamassa aplicada e das reações físico-químicas ocorridas no processo de endurecimento.

### 3.11. Aditivos

Substâncias adicionadas à argamassa do Ferrocimento, em quantidades e limites definidos, com a finalidade de alterar suas características físico-químicas, em benefícios da trabalhabilidade, anti-corrosividade, compacidade, impermeabilidade, etc.

### 3.12. Agentes agressivos

São agentes físicos, químicos ou biológicos capazes de desencadear ou provocar a degradação ou desgastes progressivos do Ferrocimento, comprometendo a durabilidade e a estabilidade das obras.



## NORMA TÉCNICA

Ferrocimento para Obras de Saneamento

Nº: T.186/1  
Subst.: T.186/0  
Aprov.: 18/04/16  
Pág.: 5/29

### 3.13. Corrosão

Degradação de um corpo sólido por meio de uma ação química, eletrolítica, física, físico-química ou biológica, natural ou intencional.

### 3.14. Durabilidade

Propriedade do ferrocimento de manter suas características ao longo do tempo, permitindo à estrutura atender às condições previstas para sua utilização e desempenho, sem necessidade de reparo.

### 3.15. Microfissuras

São falhas microscópicas que ocorrem na argamassa, cuja propagação percorre os caminhos de menor resistência.

### 3.16. Memorial descritivo

Documento elaborado pelo projetista, descrevendo a obra e a sua finalidade, no qual são explicitadas as condicionantes de todos os itens do projeto.

### 3.17. Memorial de cálculo

Memória dos cálculos feitos pelo projetista de ferrocimento, na qual constam o esquema estrutural, as cargas consideradas, a determinação dos esforços solicitantes e o dimensionamento.

### 3.18. Método executivo

Procedimento de execução elaborado pelo projetista, como sugestão ou exigência, que melhora ou viabiliza, respectivamente, a execução da obra, face às considerações do projeto.

### 3.19. Projetista de ferrocimento

Equipe que trabalha na concepção e elaboração de projetos, constituída de engenheiros e técnicos especializados em estrutura de ferrocimento.

### 3.20. Projeto

Conjunto de documentos técnicos constituídos de memoriais, especificações técnicas, orçamentos, quantificações, métodos executivos e desenhos necessários à execução, à manutenção e à utilização de uma obra.

## 4. Projetos de Estruturas de Ferrocimento

### 4.1. Considerações iniciais

Algumas considerações acerca dos projetos são de grande importância na execução do

  
Milton José F. Ferreira  
DTE / SPDT / DVDT  
Matrícula 10.159

ferrocimento, razão pela qual serão aqui citados os seguintes aspectos:

**4.1.1** Estes projetos são voltados à execução de obras de saneamento, notadamente, reservatórios, estações de tratamento de água e estações de tratamento de esgoto. Assim sendo, são considerados os projetos normalmente desenvolvidos e aplicados pela COPASA, e suas adequações segundo cada aplicação específica. Esta consideração não impede a aplicação do ferrocimento em outras condições, desde que, tomadas as devidas precauções de análise e adaptação.

**4.1.2** Em razão da aplicação do ferrocimento prioritariamente em estruturas hidráulicas, recomenda-se rigor nas prescrições desta Norma, ainda que detalhes executivos específicos não estejam prescritos nos projetos.

**4.1.3** Em caso de dúvidas ou discordâncias entre esta Norma e os projetos, recomenda-se consulta específica à fiscalização, projetista ou consultoria, para esclarecimento antes da construção.

**4.1.4** Deve-se ter em mente que a estrutura de ferrocimento, embora capaz de absorver deformações, tem seus limites. Assim, aplicações em que haja risco de movimentação do terreno, variações do lençol freático, impactos de qualquer natureza ou necessidade específica de reforço de fundação, verificadas na implantação, devem ser relatadas ao(à) projetista para adequada solução.

## **4.2. Estudos Preliminares**

**4.2.1** Escolha (ou inspeção) do local da obra, levando em consideração:

- a) natureza do solo e topografia do terreno;
- b) movimentação de terra;
- c) área compatível com a obra;
- d) suprimento de água, em quantidade e qualidade suficiente para a argamassagem e cura do ferrocimento;
- e) fornecimento de energia elétrica;
- f) vias de acesso;
- g) escoamento da descarga de fundo;
- h) identificação de propriedade e avaliação preliminar dos terrenos.

**4.2.2** Fase de projeto definitivo

**4.2.2.1** Elementos imprescindíveis para esta fase:

- a) relatório dos estudos preliminares;

- b) levantamento topográfico e cadastral da área;
- c) perfis e relatórios de sondagem necessários para a caracterização do solo de fundação;
- d) informações sobre o grau de agressividade do meio ao ferrocimento.

**4.2.2.2** Com base nestes elementos, devem ser feitos:

- a) concepção do projeto, adotando-se formas arredondadas, evitando arestas;
- b) memorial descritivo;
- c) dimensionamento da estrutura em ferrocimento com respectivos desenhos executivos de detalhamento;
- d) memorial de cálculo;
- e) composição de custo dos itens não codificados;
- f) relação de materiais;
- g) planilha de orçamento com descritivos codificados.

**4.3. Determinações especiais de projeto**

**4.3.1** Os projetos em ferrocimento devem ser elaborados de acordo com a norma NBR 6118 da ABNT, e onde esta for omissa recomenda-se a utilização das publicações internacionais citadas no item "Referência" dessa Norma.

**4.3.2** A estrutura em ferrocimento e os seus componentes devem satisfazer às exigências de resistência, rigidez, comportamento à fissuração e estabilidade geral durante as etapas de construção e utilização.

**4.3.3** Para efeito de dimensionamento devem ser usadas as seguintes massas específicas:

- água .....	1000 kg/m <sup>3</sup>
- esgoto.....	1000 kg/m <sup>3</sup>
- lodo digerido aeróbio.....	1050 kg/m <sup>3</sup>
- lodo digerido anaeróbio.....	1150 kg/m <sup>3</sup>
- lodo de filtro à vácuo.....	1200 kg/m <sup>3</sup>

**4.3.4** As sobrecargas serão fixadas em cada caso e, salvo condições especiais devem atender aos seguintes valores mínimos:

- depósitos.....	500 kg/m <sup>2</sup>
- pisos em geral, passadiços e passarelas.....	200 kg/m <sup>2</sup>
- coberturas para reservatório.....	100 kg/m <sup>2</sup>



**4.3.5** Todas as cargas acidentais adotadas devem constar do memorial de cálculo.

**4.3.6** Nas estruturas destinadas ao armazenamento de água devem ser considerados, como carga permanente, a lâmina d'água referente ao nível do extravasor.

**4.3.7** Os principais parâmetros característicos do ferrocimento são:

$S_r = 0,8 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  - Superfície Específica (*Surface of reinforcement*), que é a relação entre a área superficial do aço e o volume da argamassa nas direções transversal e longitudinal da estrutura.

$V_f = 1,8 \%$  - Fração Volumétrica (*Volume fraction*) porcentagem do volume da armadura em relação ao volume do compósito;

$G = 160 \text{ Kg/m}^3$  - conteúdo de armadura em peso, relativo ao volume da argamassa em  $\text{Kg/m}^3$ ;

$V_l = 0,5 V_f$  - porcentagem do volume de armadura disposta na direção do esforço predominante, em relação ao volume total de argamassa;

**4.3.8** Para estrutura destinada ao armazenamento de água recomenda-se utilizar no ferrocimento a superfície específica  $S_r \geq 1,6 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ .

**4.3.9** Tensões admissíveis no ferrocimento:

a) Tração na armadura

- estrutura destinada ao armazenamento de água  $\sigma_a = 0,5 \sigma_y$

- outras estruturas  $\sigma_a = 0,6 \sigma_y$

Onde:  $\sigma$  é a tração no limite elástico do aço medido a uma deformação  $\epsilon$  de 0,0035.

b) Compressão na argamassa

- o máximo esforço de compressão da argamassa não deverá exceder a  $0,45 f_{ck}$ , onde  $f_{ck}$  é a resistência característica à compressão da argamassa em corpos de prova cilíndricos.

**4.3.10** Valor máximo de abertura da fissura:

a) para ambientes não corrosivos -  $\leq 0,10 \text{ mm}$ ;

b) para ambientes corrosivos ou em contato com a água -  $\leq 0,05 \text{ mm}$ .

**4.3.11** Estruturas enterradas, considerar:

a) coeficiente de segurança mínimo de flutuação de 1,2 fixado em relação ao nível máximo do lençol freático;

b) os efeitos desfavoráveis na estrutura, devidos a uma eventual depressão do lençol freático.

## 5. Materiais

### 5.1. Cimento

Nas estruturas de Ferrocimento pode-se utilizar os cimentos portland existentes no mercado, desde que seu tipo seja definido em função da finalidade da obra.

#### 5.1.1 Definição do tipo:

Para a definição do tipo de cimento, deve-se levar em consideração:

- a) a agressividade do meio;
- b) o controle de elevação da temperatura devido ao calor de hidratação;
- c) as características executivas da obra e o método executivo previsto;
- d) Utilizar preferencialmente para estruturas hidráulicas, cimento Portland de alto forno com características de resistência a sulfatos CP III-RS. Jamais utilizar cimento de alta resistência inicial (ARI);
- e) que, para meios de fraca e média agressividade ao ferrocimento devem ser usados cimentos portland de alto forno - CP III (NBR 5736), Pozolânico - CP IV (NBR 5736) ou resistentes à sulfato - RS (NBR 5737);
- f) que, para obras em meios de agressividade muito forte ao ferrocimento, em estruturas para tratamento de esgoto, deve ser usado o cimento portland resistente à sulfato - RS (NBR 5737).

#### 5.1.2 Recebimento

- a) o cimento deve ser recebido pela fiscalização da obra, que verificará a procedência, o tipo e o estado de conservação da embalagem;
- b) deve ser rejeitado todo cimento que apresentar sinais indicativos de hidratação ou endurecimento.

#### 5.1.3 Armazenamento

- a) deve ser guardado em lugar abrigado de chuva e umidade excessiva e de fácil acesso;
- b) as pilhas de sacos de cimento devem ser colocadas sobre estrado de madeira, para evitar o contato com o piso;
- c) os sacos devem ser empilhados em altura de, no máximo, dez unidades;
- d) o período máximo de estocagem de cimento deve ser:
  - 15 (quinze) dias em período de chuva e/ou com umidade relativa do ar superior à 50%;
  - 40 (quarenta) dias em período seco e/ou com umidade relativa do ar inferior à 50%;

Atentar para o prazo de validade do cimento.

- e) utilizar os sacos de cimentos de acordo com a ordem de chegada.

## 5.2. Areia

A areia é o componente que ocupa 60% a 70% do volume do ferrocimento e sua granulometria deve obedecer a Tabela 1, a seguir:

**Tabela 1 - Granulometria da areia**

Abertura (mm)	Peneira	Porcentagem que passa em peso (%)	
		(ACI 549 <i>apud</i> IFS, 2001)	ABNT NBR 7211
9,50	nº 3/8"		100
4,75	nº 4		95 – 100
2,36	nº 8	80 – 100	80 – 90
1,18	nº 6	50 – 85	70 – 80
0,60	nº 30	25 – 60	45 - 55
0,30	nº 50	10 – 30	15 – 35
0,15	nº 100	2 - 10	5 - 10

NOTA - ABNT:NBR 7211 estabelece o módulo de finura ótimo entre 2,20 a 2,90

### 5.2.1 Definição da Areia

- a) A areia deve ser proveniente de rio sem carga considerável de poluentes orgânicos ou minerais (fezes de animais, restos de alimento, sinais de jazida, mica, cinzas ou rio contaminado por esgotos). Materiais orgânicos podem afetar a hidratação e o endurecimento do cimento e a proteção da armadura contra corrosão. Rejeitar se positivo.
- b) Deve ser composta por grãos de minerais duros, compactos e resistentes; ter a forma arredondada e áspera; as areias com partículas lamelares ou pontiagudas são inadequadas.
- c) O material pulverulento (pó) deve ser evitado, pois interfere na aderência entre os grãos da areia e a pasta de cimento endurecido; ocorrendo este e não havendo outra fonte, o material deverá ser lavado antes da aplicação.
- d) Agregados que reagem com o álcalis do cimento devem ser evitados. Quando há dúvida da reatividade da areia, deverá ser realizado os ensaios de acordo com a NBR 15577.
- e) A granulometria da areia será função, também, das dificuldades construtivas de

passagem da argamassa pelas aberturas resultantes das camadas de telas da estrutura de ferrocimento.

- f) Outras areias de jazidas naturais, ou artificiais como britamento de rochas estáveis, pelotização de argila expandida, etc, que satisfaçam as condições acima citadas, também podem ser aceitas.
- g) Deve satisfazer aos padrões de qualidade estabelecidos na NBR 7211 da ABNT - Agregados para Concreto.

### 5.2.2 Recebimento

- a) No recebimento da areia o Fiscal deve verificar os itens acima definidos e rejeitar os carregamentos que apresentarem padrões duvidosos.

### 5.2.3 Armazenamento

- a) O depósito deve ser protegido de enxurradas de águas pluviais;
- b) A areia passada na peneira deve ser coberta com lona terreiro ou outra, para evitar o inchaço dos grãos, no caso de ocorrência de chuvas;
- c) Deve-se tomar cuidados especiais para que não ocorra contaminação da areia por óleo, graxas e materiais ferrosos.

## 5.3. Aço

Nas estruturas de ferrocimento usa-se a armadura difusa e a armadura de reforço ou esqueleto em aço, especificadas nas normas NBR 7480 e NBR 7481 da ABNT.

### 5.3.1 Definição

- a) **Armadura difusa (Telas finas):** É constituída por fios de pequenos diâmetros, pouco espaçados e com distribuição uniforme. As telas industriais mais usuais são:
  - tela de aço trançada de malha hexagonal, abertura de ½" em arame nº 22 ou 24, galvanizado (tela de viveiro);
  - tela de aço, tecida em malha quadrada, em arame nº 20 (tela de peneira);
  - tela de aço, soldada 1 x 1 cm, em arame de diâmetro de 1mm;
  - tela de metal expandido 12 x 25mm, com cordão de 1mm e espessura de 0,9mm.
- b) **Armadura de reforço ou esqueleto:** A definição do aço é estabelecida pelo projeto estrutural e deve conter a categoria, determinada através da resistência característica de escoamento à tração (CA-25, CA-50, CA-60).

- na execução de estrutura em ferrocimento deve procurar utilizar barras de aço com diâmetros variando de 3,4mm a, no máximo, 6,3mm;
- devem ser unidas e amarradas por arames recozidos nº 18 BWG;
- a tabela 2, abaixo, apresenta as principais características de barras de aço e de arames utilizados em armadura de reforço.

**Tabela 2 - Aços para o ferrocimento**

Denominação	Tipo	Diâmetro (mm)	Massa p/ metro (g/m)	Comprimento por quilo (m/kg)
barra de aço (ferro de construção)	6,3mm	6,35	250	4,00
	5,0mm	5,0	160	7,10
	4,2mm	4,2	108	9,20
	3,4mm	3,4	71	14,10
arame de aço ovalado	3,4 x 2,7mm	3,0	57	17,70
	3,0 x 2,4mm	2,7	44	22,6
	2,7 x 2,2mm	2,4	37	27,3
arames (BWG)	14	2,10	27,2	41
	16	1,65	16,8	63
	18	1,25	9,6	110
	20	0,89	4,9	220
	22	0,71	3,1	350
	24	0,56	1,9	570

- c) **Armadura de reforço em telas soldadas:** As telas soldadas são fornecidas padronizadas, em rolos ou painéis dependendo do diâmetro dos fios longitudinais. Quanto ao espaçamento, medido entre os eixos dos fios, os padronizados pelos fornecedores são de 10, 15 e 30 cm.

As telas soldadas são designadas através da letra que define seu tipo (Q, L ou T), são estes:

- Tipo Q – Possui área de aço longitudinal igual à área de aço transversal, usualmente malha quadrada;
- Tipo L – Possui área de aço longitudinal maior que a área de aço transversal, usualmente malha retangular;
- Tipo T – Possui área de aço transversal maior que a área de aço longitudinal, usualmente malha retangular;

- Tipo E – Tela não padronizada (especial), em sua designação, além da letra que define o tipo, é acrescida a letra “E”. Exemplo: EQ 98 - malha 5 x 5cm e fio Ø 2,5mm, tela soldada para argamassa armada.

Telas soldadas para tubos de concreto armado:

- Tipo MF – Tela para tubo Macho e Fêmea, comprimento do tubo de 1,0 metro;
- Tipo PB – Tela para tubo Ponta e Bolsa, comprimento de tubo de 1,0 e 1,5 metros. Considera o adicional de 2 fios para a bolsa.

Acompanhada da área de aço da armadura principal apresentada em milímetro quadrado por metro linear de tela, obtido pelo número de fios em um metro multiplicado pela área de um fio.

Na representação gráfica de um projeto que utiliza telas soldadas, cada painel é representado por meio de um retângulo em escala com uma diagonal traçada. Quando for o caso de armaduras sobrepostas, terão várias diagonais traçadas, quantas forem as telas sobrepostas.

Emendas com telas soldadas nas armaduras principais, usa-se a sobreposição de duas malhas. Emendas para armaduras de distribuição usa-se sobreposição de apenas uma malha.

Quando for armadura mista, composta por telas soldadas e aço solto, serão apresentados a relação de telas, bem como a relação do aço solto.

### 5.3.2 Recebimento

- a) deve ser recebido com a presença do Fiscal, que executará inspeção visual de modo a verificar o aspecto e a homogeneidade do aço;
- b) as barras de aço que apresentarem escamas e oxidações profundas devem ser rejeitadas;
- c) no recebimento de telas não necessitam pesagem, pois tem as dimensões padronizadas e são vendidas por metro quadrado. A identificação dos painéis ou dos rolos consta de etiquetas que contém o tipo de aço, o nome do fabricante, a designação da tela e as dimensões de largura e comprimento.

### 5.3.3 Armazenamento

- a) devem ficar em depósitos fechados e apoiado sobre travessas de madeira, para evitar a umidade de chuva e do contato com o solo;
- b) o material depositado por longo período deve ser inspecionado e, se necessário, submetido aos ensaios de caracterização estabelecidos na NBR 7480 da ABNT;

- c) as telas soldadas devem ser armazenadas em pilhas distintas de cada tipo de tela, tomando-se o cuidado para não amassar as franjas das telas.

## 5.4. Água

Tão importante quanto a qualidade do cimento ou da areia, a qualidade da água utilizada no ferrocimento é vital para a integridade da estrutura.

Em princípio, considera-se que toda água potável devidamente estabilizada é aprovada para uso em ferrocimento. Águas não potáveis que atendam aos requisitos da NBR 15900-1 a 15900-11 e da NBR 7215 da ABNT podem ser empregadas como água de amassamento e cura.

### 5.4.1 Definição

#### 5.4.1.1 Água de amassamento

**5.4.1.1.1.** Para a água de amassamento deverá se dedicar maior rigor quanto a sua origem, transporte e armazenamento. A obra deverá dispor de condições de armazenagem segura, que impeça acesso de animais e permita proteção contra contaminação. Não deverá ser permitido o uso da mesma para lavagem de ferramentas ou higiene pessoal dos operários. O volume armazenado deverá ser no mínimo o dobro do necessário para uma argamassagem normal da estrutura.

**5.4.1.1.2.** Quando obtida de fontes naturais, (rios, córregos, lagos etc.), deve-se verificar sua qualidade quanto a contaminação orgânica de qualquer tipo, principalmente esgotos domésticos. Deve-se ainda verificar a ocorrência de sal (águas salobras), óleos, sabões, detergentes etc., ou elevada turbidez (águas turvas ou barrentas). Na ocorrência de qualquer destes fatores, a água deverá ser rejeitada para o amassamento.

#### 5.4.1.2 Água para cura

**5.4.1.2.1.** Para utilização na cura da argamassa de ferrocimento, admite-se alguma flexibilidade em relação às exigências preconizadas para o amassamento. Há que se considerar entretanto, a aplicação da estrutura após sua edificação. Assim, reservatórios de água potável ou estações de tratamento de água exigem qualidade de água para cura semelhante a água de amassamento, com a finalidade de não contaminar as superfícies internas. Admite-se águas com alguma turbidez, porém não barrentas. Em nenhuma hipótese deverá ser utilizada água contaminada por esgotos, óleos, detergentes ou qualquer agente químico nocivo.

**5.4.1.2.2.** Para estruturas de tratamento de esgotos (reatores, filtros, leitos de secagem etc.), águas com pequena carga orgânica poderão ter seu uso tolerado, embora este uso obrigue maiores cuidados no preparo da superfície interna para pintura de proteção, após a cura. Devem ser evitadas de todas as formas as águas contaminadas

por óleos e agentes químicos gordurosos, que prejudicarão em muito a aderência dos revestimentos protetores da superfície interna das estruturas.

**5.4.1.2.3.** Na hipótese de se utilizar água de qualidade duvidosa, prevenir e proteger os operários em relação ao contato primário e procurar neutralizar as possibilidades de estabelecer colônias de organismos nocivos à saúde.

#### **5.4.2 Recebimento**

Caso o fornecimento de água seja efetuado por caminhão-tanque, é necessário conhecer sua origem e suas características.

#### **5.4.3 Armazenamento**

- a) é necessário estocar quantidade suficiente de água para o amassamento e cura do ferrocimento;
- b) o local de armazenamento deve ser, se possível, tanques impermeáveis, cobertos;
- c) deve-se permitir o fácil e rápido acesso;
- d) deve-se também, impedir o contato direto dos operários, não permitindo a contaminação com óleos, graxas, sabões, detergentes ou outras substâncias estranhas.

#### **5.5. Aditivos**

Produtos que adicionados em pequena quantidade a argamassa de ferrocimento modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições.

Em geral dispensa-se o uso de aditivos na argamassa do ferrocimento, exceção feita aos plastificantes, que são de grande utilidade na aplicação da argamassa, melhorando sua trabalhabilidade.

##### **5.5.1 Definição**

- a) na definição do tipo de aditivo deve-se levar em consideração a função, o efeito e a necessidade real de seu emprego;
- b) deverá, também, ser considerada a estrutura e as condições de execução da mesma;
- c) não será permitido, em nenhuma hipótese, o uso de aditivos aceleradores a base de cloreto em estruturas estancadas.

##### **5.5.2 Recebimento**

- a) Deverá ser recebido pelo Fiscal, que verificará o prazo de validade do produto,





## NORMA TÉCNICA

Ferrocimento para Obras de Saneamento

Nº: T.186/1  
Subst.: T.186/0  
Aprov.: 18/04/16  
Pág.: 16/29

a estanqueidade e integridade do recipiente;

- b) Na hipótese de utilização de aditivo plastificante, observar sua validade em relação data de fabricação, armazenar adequadamente na embalagem original hermeticamente fechada, protegidos da umidade e calor. Aplicar rigorosamente dentro dos limites e critérios estabelecidos pelo fabricante.

### 5.5.3 Armazenamento

- a) devem ficar abrigados das intempéries, umidade e calor;
- b) os aditivos que superarem a idade de 6 meses de fabricação, devem ser necessariamente ensaiados para a verificação de sua eficiência, segundo a norma NBR 10908 da ABNT;
- c) os aditivos com idade superior a data de validade serão rejeitados e retirados da obra.

## 6. Processos Construtivos do Ferrocimento

A aparente simplicidade executiva do ferrocimento não deve implicar em menosprezo das boas técnicas executivas. O ferrocimento não prescinde de critérios técnicos específicos desta tecnologia, bem como dos cuidados em relação às prescrições mais elementares na execução de estruturas de concreto e argamassa.

Recomenda-se dispor na equipe de execução de profissionais que já tenham experiência na técnica, de modo a transmitir aos demais as peculiaridades da execução.

A pouca espessura da seção construída, que é característica da estrutura de ferrocimento, torna a qualidade construtiva mais importante.

É importante se ter em mente que os projetos nem sempre determinam a técnica executiva e muitas vezes não apontam solução para situações específicas encontradas nas locações ou para detalhes das próprias estruturas. O ferrocimento exige, em razão disto, criatividade aliada à engenharia, em detrimento do improvisado.

As prescrições a seguir devem ser adotadas como requisitos mínimos exigidos para uma boa execução no sentido de se obter unidades de bom aspecto estético, estruturalmente seguras e hidraulicamente estanques.

Uma vez definido o projeto da obra que se deseja construir, de preferência na forma curvilínea e sem arestas, iniciamos os trabalhos de construção da estrutura em ferrocimento.

Apresentaremos, como roteiro de trabalho, as principais técnicas de construção do ferrocimento, usadas mundialmente e que são basicamente divididas em:

  
Wilton José F. Ferreira  
DTE / SPDT / DVDT  
Matrícula 10.159

- a) Locação e preparo de fundação;
- b) Concreto de regularização;
- c) Execução do aramado;
- d) Argamassagem;
- e) Forma, quando necessária;
- f) Cura;
- g) Reforço da estrutura nas interligações;
- h) Tratamento superficial;
- i) Consertos e reparos.

### **6.1. Locação e Reparo de Fundação**

**6.1.1** O ferrocimento exige terreno firme e estável, sendo recomendado uma resistência mínima do solo da ordem de 1,0 kg/cm<sup>2</sup>. Nas locações das estruturas, verificar a condição do terreno quanto a possível ocorrência de aluvião, aterros, bota fora ou qualquer outra situação que não garanta estabilidade. Estas locações devem sempre ser evitadas.

**6.1.2** Quando verificado terreno adequado na locação, deverá ser retirada toda a camada de solo orgânico e no mínimo mais 0,20 m de solo natural. A escavação deverá ser feita em caixa na conformação da base da estrutura e pelo menos mais 0,50 m no diâmetro. Em caso de estrutura semienterrada, o diâmetro deverá ser acrescido em mais 1,0 m, a fim de permitir boa condição de trabalho.

**6.1.3** É sempre recomendável a execução de reforço de fundação que deverá ser previsto em projeto. Na ausência desta prescrição, em se tratando de solo, deve ser feita no mínimo uma camada de 0,20 m de solo cimento, traço mínimo 1:20, utilizando o próprio material escavado. Cuidar para que a mistura de solo e cimento apresente baixa umidade, compatível com a compactação necessária (material solto e homogêneo granulometricamente - peneirar se necessário). Em se tratando de solo puramente argiloso, acrescentar até 30% de areia à mistura e promover cuidadosa homogeneização. A compactação deverá ser feita mecanicamente com utilização de compactador tipo "sapo", em no mínimo duas camadas.

**6.1.4** Ocorrendo outros tipos de deficiência no solo, cada caso deverá ser analisado para solução específica, que poderá ser enrocamento, concreto ciclópico, argamassa de baixo teor de cimento (1:6) ou até mesmo concreto armado. Casos deste tipo deverão ser relatados pela fiscalização à projetista em busca da melhor solução.

**6.1.5** Em todos os casos o reforço da fundação deverá estar confinado em toda a área escavada e deverá se mostrar firme e impermeável após secagem natural.

**6.1.6** A camada de reforço de fundação deverá estar compatibilizada com eventual sistema de drenagem de fundo da estrutura previsto em projeto.

## **6.2. Concreto de Regularização**

**6.2.1** Sobre a camada de dreno deverá ser lançada uma camada de concreto magro ( $f_{ck}=10$  MPa) que terá por função a regularização da área de fundo para assentamento das ferragens. Deverá ter 5,0 a 7,0 cm de espessura, bem regularizada e preparada com brita 1.

## **6.3. Execução do Aramado**

### **6.3.1 Instruções gerais**

Inicia-se uma construção em ferrocimento pela montagem do aramado.

- a) As armaduras de reforço e difusa são executadas concomitantemente, sendo colocadas em uma ordem de entrada que facilite a amarração e conformação do esqueleto da estrutura.
- b) É de suma importância que a distribuição das ferragens seja feita da maneira mais homogênea possível, obedecendo os distanciamentos previstos em projeto.
- c) As telas finas de distribuição de esforços (armadura difusa), normalmente previstas em três camadas, devem ser dispostas de maneira a envolver a armadura de reforço e permitir uma amarração firme mediante o trançamento de seus próprios fios.
- d) Em se tratando de telas soldadas na armadura de reforço, a armadura difusa deve ser colocada com uma tela interna, uma externa e a terceira entre as telas de reforço.
- e) Em se tratando de armadura de barras avulsas, colocar sempre uma tela difusa internamente e duas na parte externa.
- f) Amarrar as telas entre si de tal forma que não haja movimentação de telas ou barras por escorregamento. O conjunto de telas deve formar um corpo único, rígido e indeformável sob os esforços de montagem da armadura e argamassagem final.
- g) As telas difusas devem estar tensionadas abaixo de seu limite de rompimento, pelo entrelaçamento dos fios das telas internas e externas, mostrando-se firmes e resistentes a esforços manuais. O afrouxamento das telas difusas elimina sua função na estrutura.
- h) Em nenhuma hipótese deve haver descontinuidade de uma barra de aço no

interior da estrutura. Se a ferragem ou tela deixa de ter continuidade, o material deste local passa a ter características diferenciadas de ferrocimento, e ali certamente surgirá uma trinca.

- i) Para um bom acabamento da estrutura, é recomendável se ater a conceitos básicos de geometria na gabaritação das armaduras, evitando-se a verificação unicamente visual.
- j) Durante a amarração das armaduras com arame recozido deve-se ter em mente que a argamassa poderá ser aplicada com a mão e, por isso as pontas dos arames devem ser grandes para facilitar seu recolhimento para o interior da peça, a fim de evitar ferimentos no aplicador da argamassa.
- k) O importante é que no final da montagem da armadura de reforço, a estrutura (peça) já tenha o formato (forma) desejado.
- l) Quando utilizar telas hexagonais (tela de galinheiro, ou pinteiro) na armadura difusa, podemos fazer a ligação à armadura de reforço usando uma chave metálica, que promove a união de dois fios da tela que ladeiam uma barra de aço, através de uma pequena torção, o que garantirá a fixação e o esticamento da tela.
- m) Deve ser observado um trespasse entre as ferragens na estrutura, relativo ao comprimento de ancoragem, de 40 diâmetros do aço, visando garantir a transmissão dos esforços.

São indicados os trespases na Tabela 3.

**Tabela 3 - Trespases das armaduras**

<b>Armadura</b>	<b>Trespases</b>
Diâmetro 3,4 a 5,0mm	15 a 20cm
Tela Eletrossoldada (armadura principal)	2 malhas (quadros)
Tela Eletrossoldada (armadura de distribuição)	1 malha (quadro)
Tela de viveiro	10 cm ou 7 malhas (quadros)

### 6.3.1.1 Armaduras de paredes

As armaduras de paredes também podem ser executadas em barras avulsas ou telas soldadas, embora as telas ofereçam maior facilidade e agilidade de montagem.

Usando-se barras avulsas, os ferros verticais são colocados já trespessando os ferros da laje de fundo, mediante seu dobramento para dentro da estrutura. Em seguida, monta-se

toda a ferragem horizontal no espaçamento previsto em projeto e só então é adicionada a armadura difusa. Esta modalidade tem a vantagem de ser mais compacta, permitindo uma parede mais delgada, porém oferece maiores dificuldades na gabaritação para conformação da estrutura e um tempo de execução muito maior.

Usando-se telas soldadas, o empacotamento da ferragem impõe uma maior espessura da parede, porém muito maior facilidade na montagem.

A primeira tela soldada deve ser posicionada em todo o perímetro servindo como primeiro gabarito para conformação da curvatura da estrutura. Através de atirantamentos a pontos externos, a tela é puxada e tensionada para pré-acerto de prumo e raio. A segunda tela soldada é colocada sobre a primeira com a curvatura contrária a que vem no rolo de telas, de forma que os fios de aço se encaixem, diminuindo a espessura final da armação da parede, e amarrada a esta. Em seguida é colocada a primeira tela difusa e terceira tela soldada, se houver, e a última camada externa de tela difusa. Coloca-se em seguida a tela difusa interna, providenciando as primeiras amarrações de empacotamento da ferragem.

Para acertar o prumo e conformação final, o método mais utilizado é a colocação de sarrafos externos verticais firmemente amarrados à armadura, regularmente espaçados (média 1,5 m), e através destes, "puxar" conjunto aramado por meio de torniquetes, ajustando o posicionamento.

Após o posicionamento final, providenciar o travamento dos torniquetes e a amarração final das telas, dando ao conjunto a rigidez e tensionamento desejado.

Na montagem de aramado com telas soldadas, pode-se dispensar o trespasse para dentro da laje de fundo, desde que sejam providenciadas ferragens de reforço entre fundo e parede. Deve-se manter o espaçamento e densidade de ferragem previstos no projeto. Obedecer a regra de trespases.

#### **6.4. Argamassagem**

A argamassa é a mistura em proporções adequadas de cimento, areia e água. A estas proporções dos materiais chamamos de traço, que é determinado em função da:

- a) trabalhabilidade da argamassa no estado fresco;
- b) resistência à compressão mínima, a ser garantida;
- c) durabilidade da argamassa após o endurecimento.

Para as estruturas em ferrocimento exige-se que a resistência mínima à compressão da argamassa (fck), seja superior a 25 MPa (250 kg/cm<sup>2</sup>).

Com isto, adota-se o traço em volume de 1:2 (relação cimento: areia seca) e o fator

água/cimento na relação de 0,40 a 0,50 (400ml a 500ml de água para 1 kg de cimento).

#### 6.4.1 Preparo da argamassa

Antes de iniciar o preparo da argamassa deve-se certificar se os materiais necessários, bem como as ferramentas, estão disponíveis, em quantidade e condições compatíveis com as especificadas em projeto, para evitar interrupções por falta dos mesmos.

A argamassa pode ser preparada pelos processos:

- a) Manual;
- b) Mecanizado.

##### 6.4.1.1 No processo manual seguir as recomendações:

- a) utilizar um estrado de madeira, ou qualquer outra superfície plana, impermeável e resistente;
- b) colocar primeiro a areia, formando uma camada de 15 cm de altura;
- c) colocar o cimento sobre a areia e misturar até que fique uniforme;
- d) fazer um monte da mistura e abrir um espaço no meio;
- e) adicionar, aos poucos, a água necessária, mexendo até se obter uma massa de aspecto uniforme e evitar que a água escorra desta.

**6.4.1.2** No processo mecanizado, recomenda-se preparar a argamassa numa misturadora (argamassadeira) de pás giratórias e o tambor fixo que permite uma perfeita mistura de massa relativamente seca, sem dúvidas que a betoneira tradicional, com tambor giratório, pode ser empregada.

Para o processo mecanizado seguir as recomendações:

- a) colocar primeiro a areia na betoneira;
- b) adicionar a metade da água prevista;
- c) funcionar a betoneira;
- d) colocar o cimento;
- e) completar com o restante da água;
- f) deixar funcionar a betoneira por um período contínuo, até 03 (três) minutos (tempo necessário para a homogeneização da mistura dos materiais).

Nota: Nos dois processos, manual e mecanizado, o tempo de utilização da argamassa pronta não pode ultrapassar de 30 minutos.

##### 6.4.1.3 O método prático para verificar se a argamassa está no ponto, é:

a) apanhar um punhado de argamassa recém misturada e apertá-la com a mão;

b) se escorrer água entre os dedos é porque tem água demais (muito plástica);

Nota: Para corrigir, basta acrescentar mais massa seca com o mesmo traço.

c) se não escorrer água, abra a mão e verifique se as marcas dos dedos ficaram moldadas na argamassa;

d) ficando marca, tente partir a argamassa no meio e certifique:

- se esfarelar, a massa está muito seca e falta água;

Nota: Para corrigir basta acrescentar água aos poucos.

- se partir em duas partes, está com a umidade correta, no ponto.

#### **6.4.2 Aplicação manual da argamassa**

Com a argamassa preparada e no ponto, e, as armaduras posicionadas e fixadas, inicia-se a argamassagem sobre a estrutura.

##### **6.4.2.1 Aplicação da argamassa em uma etapa**

**6.4.2.1.1.** A aplicação da massa se faz com duas pessoas, uma para aplicar a massa e outra para escorar o local de aplicação, seguindo o seguinte roteiro e cuidados:

a) Inicia a argamassagem da base para o topo (de baixo para cima) da estrutura, em faixas horizontais.

b) Uma pessoa apoia um pedaço de madeira ou um papelão revestido de plástico na armadura, do lado oposto do local de aplicação da argamassa.

c) A outra pessoa aplica a argamassa e comprime-a sobre a armadura, até a massa atravessar a armadura. Compactar, constantemente, o local de aplicação com movimentos vibratórios manuais com colher de pedreiro, com mão enluvada ou outro recurso, ou se necessário, com equipamentos de vibração. O mais importante é não deixar vazios no interior da argamassa.

d) O recobrimento da armadura não deve ser inferior a 0,5 cm e nem superior a 1,5 cm.

e) O acabamento pode ser feito depois do emassamento endurecido, completando-se as irregularidades da superfície com nova argamassa, que se vai espalhando e a seguir alisando com auxílio de uma esponja.

f) Logo após o trabalho inicia-se a etapa da cura do cimento, que consiste em manter a peça constantemente úmida durante duas a três semanas.

##### **6.4.2.2 Aplicação da argamassa em duas etapas**

**6.4.2.2.1.** Quando a colocação de argamassa fica difícil devido ao grande número de telas, pode-se lançar mão da aplicação da massa em duas etapas, conforme descrito a seguir:

- a) A primeira capa é aplicada de um lado das telas, usando uma colher de pedreiro.
- b) Terminado o recobrimento de uma das faces, espera-se até que a argamassa da mesma adquira a resistência necessária para, então, iniciar a face oposta.
- c) Aplica-se a segunda capa de massa comprimindo bem contra a primeira, que se parecerá com um chapisco grosso, redobrando a atenção para evitar vazios no interior da argamassa.
- d) Para a colocação da segunda capa pode-se aplicar, utilizando uma trincha ou pincel, uma nata de cimento grossa antes da aplicação da argamassa. Esta técnica evita o risco de separação entre as duas capas.
- e) Igual ao descrito na técnica de uma etapa também se executa sem o uso de formas e ter atenção para não deixar vazios no meio da massa.
- f) Proceder o acabamento em toda altura da estrutura, com uma camada fina de massa de forma a atender ao recobrimento adequado e passar uma esponja ligeiramente úmida, igualando toa a superfície.
- g) Para obter uma argamassa endurecida de boa qualidade, logo a seguir da aplicação e compactação adequadas, deverá iniciar a cura mantendo úmidas e protegidas, durante duas a três semanas.

### **6.4.3 Aplicação da argamassa com caixa vibratória**

**6.4.3.1** Para a construção do ferrocimento, de tanques acima de 200 m<sup>3</sup> devemos utilizar a aplicação da massa com caixa vibratória, conforme detalhado a seguir:

- a) Utilizar uma caixa metálica, ou outro material resistente, nas dimensões de 27 cm de altura x 20 cm de largura x 13 cm de profundidade, com duas alças laterais para o operário segurar a caixa, com uma abertura superior, para abastecer de massa; e uma abertura de 5 cm x 20 cm na face voltada para a armadura, por onde sairá a massa vibrada. Mais uma abertura lateral circular Ø 25 mm, por onde será introduzido o vibrador de agulha. O vibrador poderá ser inserido pela abertura de cima da caixa.
- b) A massa passará vibrada pela armadura e será anteparada com desempenadeira do outro lado. A massa recebendo a vibração diminui os vazios, expulsa o ar e aumenta a compacidade da estrutura.



- c) No planejamento da etapa, evitar alturas de faixa de argamassagem de paredes superiores a 1,0 m.
- d) Deverá ser feito o apicoamento e limpeza das juntas de argamassagem, saturando com água momentos antes da aplicação.
- e) Aplicar sobre a junta, antes da argamassa, uma calda de cimento e água, proporção 1:1 em peso.
- f) Aplicar a argamassa sempre de dentro para fora das estruturas e em movimento vertical com o dispositivo de aplicação por vibração, de baixo para cima.
- g) Promover a regularização e acabamento final interno à medida do desenvolvimento da argamassagem e início de "pega" da mesma.
- h) Promover a regularização da argamassa por dentro e por fora da parede utilizando espalhamento sob pressão com desempenadeira de aço dentada externamente a argamassa deverá ser mantida ranhurada pela desempenadeira, para posterior aplicação da camada de argamassa de acabamento.
- i) Em uma única etapa, fechar cada faixa de argamassagem de modo a não gerar junta fria vertical.

#### **6.4.4 Aplicação por meio de equipamentos de projeção da argamassa**

**6.4.4.1** Os equipamentos de projeção podem lançar a argamassa com um alto poder de penetração através da armadura.

**6.4.4.2** Um tipo de equipamento de projeção, conhecido como de via úmida, é associado a uma misturadora de argamassa, proporciona um bombeamento da mistura através de uma mangueira ajustada a um bocal conectado a um jato de ar comprimido, de onde se projeta a argamassa.

**6.4.4.3** Outro tipo de procedimento, conhecido como via seca, requer uma instalação especial. Permite a projeção de uma argamassa extremamente seca e compacta, impermeável mesmo em seções bem finas, podendo utilizar aditivos. Uma de suas propriedades é sua excelente aderência a outros materiais.

**6.4.4.4** São equipamentos de operação difícil, com a problemática da segregação dos materiais e do rebote dos grãos de areia, razões que devem ser executados por pessoal qualificado.

#### **6.5. Forma (quando necessária)**

**6.5.1** Uma das vantagens na construção de ferrocimento é a possibilidade de sua realização sem a necessidade de forma, mas, muitas vezes o emprego desta pode ser conveniente, principalmente quando se trata de cobertura de reservatórios, tanques, elementos pré-fabricados, entre outros.

**6.5.2** A forma é formada por gomos ou tiras de madeira, ou outro material, apoiadas sobre um cimbramento de madeira ou metálico, que estabelece a curvatura desejada. Se utiliza espaçadores para garantir o recobrimento mínimo de 5,0 mm da armadura. Estes espaçadores podem ser plásticos, de resina ou partilhas de argamassa.

**6.5.3** Sobre a forma são colocadas uma primeira camada de armadura difusa, seguida de barras de aço da armadura de reforço, e completam as camadas da armadura difusa.

**6.5.4** A aplicação da argamassa é feita por cima, com a utilização de vibradores, e atravessa a armadura até a forma. Tratar a forma adequadamente, ou usar uma manta plástica, antes da aplicação da argamassa para facilitar o desmolde e a reutilização desta.

**6.5.5** A literatura internacional cita que o uso de forma é especialmente vantajoso quando se utiliza a aplicação de argamassa em camadas ou capas. Quando as telas são colocadas sobre a capa de argamassa em lugar da argamassa sobre as telas.

**6.5.6** Usá-las nos casos em que a estrutura requerer os seguintes aspectos:

- a) melhor acabamento externo;
- b) maior precisão nas dimensões;
- c) facilidade de execução.

## **6.6. Cura**

**6.6.1** O processo de cura é fundamental para consolidar todo o trabalho até então realizado. A cura mal conduzida poderá acarretar defeitos de difícil correção. Os procedimentos a seguir devem ser adotados com todo o rigor não se limitando aos mesmos, caso situações especiais o exijam. Redobrar os cuidados em regiões de clima muito quente.

**6.6.2** Com o adicionamento de água ao cimento inicia-se uma reação físico-química de natureza intermolecular, que se prolonga durante anos, mas, que é muito intensa durante as primeiras semanas, despreendendo calor e perda de água.

**6.6.3** Para compensar a perda de água da argamassa, durante o período de cura, devemos proceder, como se segue:

- a) A cura efetiva deve começar a partir da verificação de uma consistência da argamassa caracterizada pela resistência à deformação por compressão manual (pressão com o polegar).

- b) Em temperaturas muito quentes, ou sob sol forte, proteger a argamassa logo após a aplicação, com lona, a fim de controlar a velocidade de desidratação. Em situações críticas, promover a aspersão de água intermitente.
- c) As lajes de fundo poderão ser imersas com lâmina d'água a partir de 4 horas após a aplicação da argamassa. Caso seja impossível manter a lâmina d'água, cobrir com areia úmida e manter esta umidade constantemente com aspersão de água.
- d) As paredes deverão ser mantidas úmidas nas primeiras 12 horas após a aplicação. Após este tempo, encher a estrutura lentamente com água até 10 cm abaixo do limite superior da faixa argamassada. Nas etapas posteriores, proceder da mesma forma até a altura final das paredes. O tanque deverá ser mantido cheio até no mínimo 14 dias após a última argamassagem.
- e) Lajes de cobertura devem ser mantidas úmidas por aspersão ou outro método eficiente até 14 dias após a argamassagem. Evitar o carregamento da laje, mesmo escoradas antes de 7 dias da argamassagem.
- f) A altura da lâmina d'água interna poderá ser reduzida em até 1/3, a partir do 7º dia, para permitir o acabamento interno da laje de cobertura.
- g) A estrutura deverá ser mantida sempre cheia até a entrada em operação normal.
- h) Para realização de serviços internos ou limpeza final, manter no mínimo uma lâmina d'água de 0,20 m no fundo, a fim de manter a umidade interna por evaporação e condensação. O prazo para realização desses serviços deverá ser o menor possível.
- i) Nas etapas acima, além da cura interna proceder a cura da parte externa, molhando toda a superfície argamassada, mantendo a umidade constantemente durante um período de 02 (duas) semanas.

## **6.7. Reforço da estrutura nas interligações**

**6.7.1** Para as instalações hidráulicas interligadas na estrutura de ferrocimento, recomenda-se o uso de tubo de PVC revestido de ferrocimento.

**6.7.2** No local em que o tubo atravessa a parede da estrutura em ferrocimento deve ser feito um reforço especial. Este reforço é executado em forma de coroa bolacha, cuja armação em formato de "L" estende-se em 20 cm sobre o tubo e 20 cm na parede da estrutura. Sobre esta, instala-se outra armação em anéis circulares e, também, uma camada de tela de viveiro.

**6.7.3** Finalmente, aplica-se sobre a armação de reforço, uma camada de argamassa de ferrocimento no traço em volume de 1 :2 (cimento: areia), proporcionando a ligação do dispositivo hidráulico à estrutura de ferrocimento.

## **6.8. Tratamento superficial**

**6.8.1** O ferrocimento não necessita de revestimentos normalmente, pois uma estrutura construída dentro dos padrões de qualidade descritos nesta Norma, por si só já garante a estanqueidade. O elevado teor de cimento da argamassa ocupa seus vazios de forma homogênea e eficiente favorecendo naturalmente a impermeabilidade.

**6.8.2** Há que se analisar, entretanto a utilização da estrutura e o tipo de fluido com que trabalhará. Assim, estruturas que se sujeitarão a ataques químicos do tipo dos gases gerados na digestão de esgotos domésticos merecem atenção e devem ser protegidas por meio de película ou outro método adequado.

**6.8.3** Havendo especificação em projeto para qualquer tipo de revestimento, esta aplicação somente deverá ser feita após todos os testes, verificações e recuperações da estrutura, quando prestes a entrar em operação.

**6.8.4** Os produtos a serem utilizados como revestimento, deverão cumprir os seguintes requisitos:

- a) ter boa aderência à argamassa;
- b) ser tolerante à alcalinidade;
- c) ter boa resistência química e à abrasão;
- d) ser bom isolante térmico;
- e) ser impermeável à água;
- f) não ser tóxico;
- g) ser de secagem rápida;
- h) ser de fácil aplicação.

**6.8.5** A exposição prolongada da estrutura de ferrocimento na face interna da cobertura de tanques de tratamento de esgoto, ao ácido sulfúrico e outros agentes agressivos, ambiente de classe de agressividade IV (muito forte) segundo a NBR 6118, traz o desafio técnico da escolha da melhor relação: custo (produto e aplicação) / benefício (garantia de durabilidade). Dentre os diversos tipos de revestimentos protetores que poderão ser aplicados internamente na cobertura, estão:

- a) Aplicação de Resina Epóxi de alta resistência química, possuindo as características de impermeabilidade a líquidos e barreira ao vapor d'água, teor

de sólidos de 100%, resistência à compressão de 50 MPa. Essa camada de resina deverá resistir contra-ataques químicos de existentes no meio, tais como, ácido sulfúrico 20%, ácido sulfúrico biogênico, gás sulfídrico, dióxido de Carbono e metano. Aplicada sobre a superfície de ferrocimento obrigatoriamente preparada com a camada de nivelamento à base de resina epóxi e cimento, sem solventes, para nivelamento de superfícies da argamassa, de alta resistência química, impermeável a líquidos, mas permeável ao vapor d'água.

- b) Aplicação de revestimento elastomérico à base poliuretano híbrido com propriedade de poliuréia, em conformidade com a NBR 15487, com excelente desempenho quando em contato com agentes agressivo. Deve-se aplicar prime para aumentar a aderência do revestimento de poliuretano com o substrato de ferrocimento, através da criação de ancoragem nos poros da argamassa.
- c) Uso de placas de proteção do concreto e ferrocimento executadas em termoplásticos (PEHD, PEHD-el, PP, PVDF e ECTFE) ou outro material, desde que comprovado o seu desempenho quanto a ancoragem mecânica na estrutura do concreto e ferrocimento, a sua resistência ao ataque de agentes agressivos, e que seja utilizável num amplo intervalo de temperaturas e uma longa vida útil prevista.

**6.8.6** O sistema de proteção para estruturas de ferrocimento deverá ser detalhado em projeto e especificado, sob responsabilidade do projetista.

**6.8.7** As empresas aplicadoras dos sistemas de impermeabilização ou proteção flexível devem ser certificadas pelo fabricante do produto.

## **6.9. Consertos e reparos**

**6.9.1** Pequenos defeitos de característica não sistemática, podem sempre ser corrigidos com relativa facilidade. É vital entretanto, a identificação com segurança, do ponto defeituoso e a natureza do defeito.

**6.9.2** A pesquisa de defeitos deve ser sempre feita pelo lado interno da estrutura, tendo-se em mente que, uma infiltração pode não estar ocorrendo no mesmo ponto de seu afloramento externo.

**6.9.3** Identificados os pontos a serem tratados, estes devem ser apicoados até o surgimento da ferragem, com margem de pelo menos mais 10 cm para cada lado. O material solto deve ser retirado e verificada a necessidade de aprofundamento da pesquisa. O local deve ser recomposto com argamassa 1:1, precedida de saturação com água e caldeamento com cimento. Fazer o acabamento e a cura da área afetada,



## NORMA TÉCNICA

Ferrocimento para Obras de Saneamento

Nº: T.186/1  
Subst.: T.186/0  
Aprov.: 18/04/16  
Pág.: 29/29

utilizando os mesmos procedimentos determinados para a construção. Manter umidade do local até 12 horas após, quando a estrutura poderá ser novamente carregada.

**Atenção:** No apicoamento para reparos ou abertura de paredes para inserção de peças não previstas, não utilizar ferramentas pesadas nem aplicar golpes nas paredes. Este procedimento poderá abalar as ferragens no interior da argamassa, provocando vazios e novos vazamentos. Usar sempre ferramentas leves, e executar o trabalho de forma moderada e cuidadosa.

### 7. Recebimento da Obra

7.1. A estrutura deverá ser testada, logo que esteja em condições de receber as cargas previstas no projeto.

7.2. Os testes mais usuais são:

- a) ensaio de carregamento;
- b) ensaio de estanqueidade;
- c) ensaio de impermeabilidade.

7.3. Nos casos de tanques e reservatórios adotar os procedimentos seguintes:


- a) enchê-los com água, lentamente e regularmente, de modo que atinjam os níveis máximos em 24 horas ou mais.
- b) mantê-los em carga máxima durante 8 dias, no mínimo.
- c) no caso de compartimentos em bateria, com níveis de operação diferentes, deve-se enchê-los simultaneamente ao nível máximo de cada um, a fim de submeter toda a área de fundação ao carregamento máximo.
- d) esvaziar os compartimentos de modo alternado e imprevisto verificar o comportamento das paredes intermediárias.

### 8. Disposições Finais

8.1. Cabe à área de Normalização Técnica e às demais áreas afins o acompanhamento da aplicação desta Norma.

8.2. Esta Norma entra em vigor a partir desta data, revogadas as disposições em contrário.

8.3. Esta Norma, como qualquer outra, é um documento dinâmico, podendo ser alterada ou ampliada sempre que necessário. Sugestões e comentários devem ser enviados à Divisão de Cooperação Técnica e Desenvolvimento Tecnológico - DVDT.

  
Wilton José F. Ferreira  
DTE / SPDT / DVDT  
Matrícula 10.159



## NORMA TÉCNICA

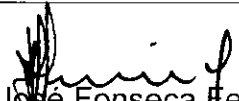
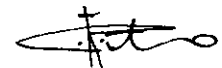
Ferrocimento para Obras de Saneamento

Nº: T.186/1  
Subst.: T.186/0  
Aprov.: 18/04/16  
Pág.: 30/29

### 8.4 Coordenador da equipe de revisão desta Norma:

Identificação Organizacional			Nome do Responsável
Diretoria	Superintendência	Divisão/Distrito	
DTE	SPIV	DVSR	Glauco Dias Sampaio

### 8.5 Responsáveis pela aprovação:

Identificação Organizacional			Nomes dos Responsáveis
Diretoria	Superintendência	Divisão/Distrito	
DTE	SPDT	DVDT	 Wilton José Fonseca Ferreira
DTE	SPDT	-	 Patrícia Rezende de Castro Pirauá