

IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES RESPONSÁVEIS PELO APARECIMENTO DE FISSURAS EM TUBOS DE FERRO FUNDIDO NAS REDES DE ESGOTO EM PALMAS-TO.

IDENTIFICATION OF FACTORS RESPONSIBLE FOR THE OCCURRENCE OF CRACKS IN CAST IRON PIPE NETWORKS IN SEWAGE IN PALMAS-TO.

Kaique F. Arrais¹, Lidiane A. F. da Paz², Sandra dos S. M. Correia³, Diogo P. Lima⁴, Alessandra J. Denes⁵ e Fernando A. da S. Fernandes⁶

¹Estudante, Engenharia Civil, Faculdade Católica do Tocantins, Palmas, TO, Brasil

²Eng. Agrícola, Esp., Estudante, Engenharia Civil, Faculdade Católica do Tocantins, Palmas, TO, Brasil

³Eng. Agrícola, Estudante, Engenharia Civil, Faculdade Católica do Tocantins, Palmas, TO, Brasil

⁴Eng. Ambiental, Esp., Estudante, Engenharia Civil, Faculdade Católica do Tocantins, Palmas, TO, Brasil

⁵Estudante, Engenharia Civil, Faculdade Católica do Tocantins, Palmas, TO, Brasil

⁶Eng. Civil, M.Sc., Engenharia Civil, Faculdade Católica do Tocantins, Palmas, TO, Brasil

Resumo

Ferros fundidos são, basicamente, ligas do sistema ternário Fe-C-Si contendo teores de carbono acima de 2%. Os tubos de esgoto de ferro fundido estudados estão dispostos em Palmas-TO na região Sul do Plano Diretor. Apesar dos tubos de ferro fundido apresentarem vantagens de preço, locação em locais de trânsito pesado e pouco recobrimento, em casos de a tubulação ser assentada a grande profundidade, acima dos limites de carga dos outros materiais, em casos de tubulação aparente, em casos de passagem de obstáculos, vãos de pontes, rios e estruturas sujeitas a trepidação e em casos de grande declividade. Mesmo com todas essas vantagens alguns desses tubos em Palmas-TO apresentaram fissuras ao longo dos anos. Alguns desses tubos apresentam efeitos de corrosão e fissuras. Estas fissuras apresentam na maioria dos casos na parte lateral do tubo, aonde se tem movimentação do tubo e maiores espaços vazios dos agregados que foram dispostos no acamamento da tubulação, e o agregado mineral disposto no acamamento de alguns trechos da tubulação se encontra com alta granulometria de certa forma contribuindo para as fissuras quando a movimentação dos tubos. Mesmo com estes problemas pontuais observamos as vantagens e desvantagens econômicas do ferro fundido em relação aos outros materiais usados em saneamento, e verificamos a necessidade da empresa de dispor em suas obras os tubos de ferro fundido.

Palavras-Chave: Ferro fundido, tubulação, fissura.

Abstract

Cast irons are basically alloys of the Fe-C-Si ternary system containing carbon contents above 2%. The sewage pipes studied iron are arranged in Palmas-TO in Southern Master Plan. Although the cast iron pipes offer the advantages of price, rental locations in heavy traffic and little overlap in cases of the pipe to be deep seated above the load limits of other materials, in cases of apparent pipe, in cases of passage barriers, spans of bridges, rivers and structures subject to vibration and in cases of large slope. Even with all these advantages some of these tubes Palmas-TO showed cracks along the years. Some of these effects have tubes from corrosion and cracking. These cracks present in most cases at the side of the tube, where it has tube movement and larger voids of aggregates which were arranged in the pipe bedding, bedding and provisions of some sections of pipe mineral aggregate meets high grading of somehow contribute to cracks when handling the tubes. Even with these specific problems we look at the economic advantages and disadvantages of cast iron over other materials used in sanitation, and verified the company's need to have their works on the cast iron pipes.

Keywords: Cast iron, pipe, crack

1 Introdução

Dentre as ligas de ferro-carbono, os ferros fundidos constituem um grupo de ligas de importância fundamental para a indústria, não só devido às características inerentes ao próprio material, como também pelo fato de, mediante introdução de elementos de liga, aplicação de tratamentos térmicos adequados e ter sido viável ao seu emprego em aplicações que de certo modo, eram exclusivos do aço.

Além disso, a função de suas características intrínsecas e também pela possibilidade de se adicionar elementos de liga torna os ferros tratáveis termicamente originando categorias de materiais com emprego em aplicações que eram exclusivas dos aços (Oliveira, 2013).

2 Referencial Teórico

2.1 Histórico

O ferro fundido foi descoberto em meados do ano 500 (DC) e foi inicialmente comercializado em 1388. Ele tem sido a liga metálica mais comum utilizada em aplicações tribológicas (estudo do atrito entre superfícies). Os ferros fundidos são ligas com grande aplicação em engenharia mecânica e na indústria automobilística, sendo empregados, por exemplo, na fabricação de blocos de motores de combustão interna, peças de motores em geral, tubulação de esgotos, etc. Estas ligas oferecem custos de produção relativamente baixos, propriedades mecânicas satisfatórias, além de elevada resistência à corrosão em altas temperaturas. (FRANCKLIN, 2009)

2.2 Ferro Fundido

Segundo MOREIRA et. al. (2013) os ferros fundidos são, basicamente, ligas do sistema ternário Fe-C-Si contendo teores de carbono acima de 2%. Sua microestrutura pode apresentar parte do carbono sob a forma de grafita ou a de cementita (Fe_3C). Em ambas as formas, os ferros fundidos apresentam ductilidade insuficiente para operações de conformação mecânica. Deste modo, os componentes fabricados em ferros fundidos só podem ser obtidos pelos processos de fundição.

Afirma ainda que os ferros fundidos são classificados de acordo com a forma em que o carbono se apresenta na microestrutura:

✓ Ferro fundido branco – microestrutura em que todo o C está na forma de cementita (Fe_3C);

- ✓ Ferro fundido mesclado – microestrutura em que o C está na forma de cementita, próximo à superfície, e de grafita no núcleo;
- ✓ Ferro fundido cinzento – microestrutura em que a maior parte do C está na forma de veios de grafita;
- ✓ Ferro fundido nodular ou ferro fundido dúctil – microestrutura em que a maior parte do C está na forma de grafita esferoidal e
- ✓ Ferro fundido vermicular – microestrutura em que a maior parte do C está na forma de grafita vermicular, que é uma forma intermediária entre a grafita em veios e a em nódulos.

No entanto, para FRANCKLIN (2009), os ferros fundidos são classificados de acordo com a cor da sua fratura em somente três tipos: cinzentos, brancos ou mesclados.

Uma análise microestrutural mostra que os ferros fundidos cinzentos apresentam a grafita (C) em sua constituição, os ferros fundidos brancos apresentam carbonetos (Fe_3C , o M_3C ou M_7C_3) e os mesclados, uma mistura das duas fases. A grafita pode se apresentar sob a forma compacta, de veios ou nódulos, entre outras, dependendo da presença de pequenas quantidades de elementos, dentre os quais os mais importantes são o magnésio e o cério adicionados num processo conhecido como nodulização.

O ferro fundido apresenta partículas de diferentes formas que afetam diretamente suas propriedades termo-mecânicas. A dureza e a ductibilidade são fortemente dependentes da forma da partícula de grafite. As partículas com formas nodulares aumentam essas propriedades, enquanto as partículas mais alongadas ou com contornos irregulares são prejudiciais devido à concentração de pontos de tensão. Desta forma, o ferro fundido pode ser classificado de acordo com a forma de suas partículas de grafita.

Os elementos que influenciam na estrutura são o carbono e o silício. O carbono determina a quantidade de grafita que se pode formar, e o silício é o elemento grafitizante, favorecendo a decomposição do carboneto de ferro; sua presença independente do teor de carbono pode fazer um ferro fundido tender para cinzento ou para branco. O manganês sempre presente tem efeito oposto ao do silício, isto é, estabiliza a cementita e assim contrabalança de certo modo a ação grafitizante do silício. (CHIAVERINI, 2005).

2.3 Tubulação de Esgoto

Segundo IRION et. al (2002), a escolha do material a empregar (tipo de tubulação) nas redes coletoras de esgotos sanitários se dá em função das características dos esgotos, das condições locais e dos métodos construtivos, mas os seguintes aspectos normalmente devem ser considerados:

- ✓ Condições de escoamento;

- ✓ Resistência a cargas internas e externas, resistência à abrasão, resistência à ação de substâncias agressivas;
- ✓ Condições de impermeabilidade e juntas adequadas;
- ✓ Disponibilidade de diâmetros necessários;
- ✓ Facilidade de transporte, assentamento e instalação de equipamentos e acessórios;
- ✓ Custos (material, transporte e assentamento)

As tubulações normalmente mais utilizadas para as redes coletoras de esgotos sanitários são: tubos cerâmicos, tubos de concreto, tubos plásticos, tubos de ferro fundido e tubos de aço.

Os tubos de ferro fundido são fabricados com ponta e bolsa (junta de chumbo ou junta elástica) em diâmetros de 100 mm a 1200 mm (variação de 50 em 50 mm até DN= 400 mm e variação de 100 em 100 mm a partir de DN= 400 mm) e com comprimento de 6,0 m. Os tubos de ferro fundido apresentam alta resistência a cargas externas e a corrosão (revestimento interno e externo).

Os tubos de ferro fundido são normalmente aplicados nas seguintes situações:

- ✓ Em locais de trânsito pesado e pouco recobrimento;
- ✓ Em casos de a tubulação ser assentada a grande profundidade, acima dos limites de carga dos outros materiais;
- ✓ Em casos de tubulação aparente;
- ✓ Em casos de passagem de obstáculos, vãos de pontes, rios e estruturas sujeitas a trepidação;
- ✓ Em casos de grande declividade (I: 8%).

2.4 Sistema de Esgotamento Sanitário

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas – TO (2014), o Sistema de esgotamento sanitário de Palmas atende apenas a SEDE MUNICIPAL, representando 50,3% da população urbana do município, sendo que, deste montante, 100% do volume coletado é tratado. Já os Distritos de Buritirana e Taquaruçu não possuem sistema de esgotamento sanitário.

Na Região Sul, atualmente, apenas três bairros possuem sistema de coleta de esgotos sanitários: o Aurenny I, II e III. Seus esgotos são conduzidos para Estação de tratamento ETE Aurenny.

Na Região Central, a implantação do sistema de esgotamento sanitário do Plano Diretor de Palmas foi concebida inicialmente para a instalação de uma unidade de tratamento para cada uma das bacias existentes no Plano Diretor.

O Sistema de Esgotamento Sanitário – SES possui coleta e tratamento de esgotos independentes para a região central de Palmas (Plano Diretor) e para a região Sul. Apenas a sede municipal possui atendimento em esgoto.

3 Material e Métodos

Os primeiros tubos de ferro fundido utilizados pela companhia de saneamento, na rede de esgoto do município de Palmas TO, foram no início da década de 90.

A maioria dos tubos de esgoto de ferro fundido dispostos em Palmas-TO estão situados na região sul entre as coordenadas geográficas $10^{\circ}18'39.91''\text{S}$ e $48^{\circ}18'54.24''\text{O}$ e as coordenadas $10^{\circ}17'46.02''$ e $48^{\circ}19'05.90''$, zona 22, DATUM SIRGAS 2000.

A análise e identificação da tubulação foram realizados através de observação em campo e escritório utilizando imagem de satélite SPOT/2009 no software ArcGis 2000 para identificação do local. Desta forma, foram obtidas informações da quantidade de tubo e o local exato da maioria dos tubos que ocorreram as fissuras dentro do Plano Diretor de Palmas – TO.

4 Resultados e Discussão

Alguns desses tubos apresentam efeitos de corrosão e fissuras, conforme as fotos 1(a) e 1 (b). Estas fissuras estão localizadas, na maioria dos casos, na parte lateral do tubo, aonde se tem movimentação do tubo e maiores espaços vazios dos agregados que foram dispostos no acamamento da tubulação.



Figura 1 (a) e Figura 1(b): Tubos de ferro fundido com fissura e vazamentos.

Foram observados que o agregado mineral disposto no acamamento de alguns trechos da tubulação se encontra com alta granulometria, de certa forma, contribuindo para as fissuras quando a movimentação dos tubos, ou seja, o tubo ao se movimentar no solo por efeitos de pressão e sobrecarga na superfície choca com o agregado mineral e acaba tendo uma fricção no tubo.

Os tubos também podem sofrer com ações intempéricas (vento, chuva, sol) causando assim enferrujamento e possíveis fissuras que vão surgindo à medida que a degradação aumenta. (figura 2 (a) e 2 (b)).



Figura 2 (a) e Figura 2(b): Detalhe do enferrujamento nas conexões.

Através de imagem transmitida pelo satélite SPOT, podem-se observar as áreas que possuem tubos de ferro fundido fissurados; região com maior incidência (marcação vermelha) e de menor incidência (marcação amarela). A área abaixo está localizada no Plano Diretor Sul do município de Palmas-TO (figura 3).



Figura 3- Imagem transmitida pelo satélite SPOT

5 Considerações Finais

Devido a fatores externos intempéricos, aos gases corrosivos principalmente o metano, e na hora da instalação os agregados minerais de alta granulometria, como no caso de cargas pesadas no trânsito e pouca altura de recobrimento; são os maiores causadores de fissuras dessas tubulações. Mesmo assim, é preciso considerar e comparar todos os custos com transporte, estocagem, instalação e testes, quando da escolha do material utilizado em um projeto pré-determinado.

As vantagens econômicas do ferro fundido, em relação aos outros materiais usados em saneamento, são as seguintes:

- Os tubos e conexões de ferro fundido são resistentes a choques mecânicos, não necessitando de cuidados especiais no transporte, estocagem e assentamento (com exceção da alta granulometria do agregado mineral);
- A montagem das juntas dos tubos e conexões de ferro fundido é uma operação simples e pode ser feita com uma equipe reduzida, sem exigir pessoal especializado;
- Para conectar dois tubos (ou um tubo e uma conexão), deve-se apenas empurrar a ponta do tubo para dentro da bolsa com o anel de vedação (anel de borracha), previamente instalado. A montagem é executada utilizando-se guinchos hidráulicos, tirfor, ou mais frequentemente, para pequenos diâmetros, com o auxílio de uma alavanca;
- Hoje existem juntas que permitem uma deflexão angular, facilitando a acomodação ao traçado da tubulação, dispensando em alguns casos o uso de conexões;
- O corte dos tubos no canteiro das obras é muito fácil, utilizando-se uma esmerilhadeira provida de disco de corte, ou um cortador de tubos;
- O equipamento de instalação é muito simples e facilmente disponível, sendo que a empresa utiliza uma retroescavadeira hidráulica, que faz a abertura da vala e o assentamento dos tubos;
- Não há necessidade de solda para a união da canalização e nem de proteção catódica;
- O tubo não sofre dilatação térmica quando sujeito a altas temperaturas como ocorre com outros materiais;
- Suas características e propriedades de fabricação garantem a durabilidade e a segurança nos sistemas em que são aplicados;
- A procura por tubos de ferro fundido é bem superior se comparada com outros materiais de tubulação tais como PVC, polietileno, aço e concreto e são utilizados em milhares de sistemas de água e saneamento.

Conclui-se que apesar das fissuras e dos problemas de exposição encontrados, os tubos são usados para serviços de baixa pressão e onde não ocorram grandes esforços mecânicos.

Quando se calculam os custos de um novo sistema ou da reestruturação de um sistema já existente, devem-se considerar todos os fatores e não apenas os custos de investimento (incluindo instalação e teste da tubulação), mas também custos de manutenção, que podem variar muito, dependendo das soluções técnicas encontradas. Uma solução que pode parecer mais cara quando do investimento, pode tornar-se mais econômica a curto ou médio prazo.

Como a canalização pode estar sujeita a solicitações não previstas durante o projeto, devem-se incluir, neste ponto, fatores de segurança, limitando assim possíveis riscos, cujos custos podem ultrapassar o investimento inicialmente previsto.

6 Referências Bibliográficas

FRANCKLIN, Alexandre Reis. **UM BREVE ESTUDO SOBRE FERRO FUNDIDO NODULAR**. Centro universitário Estadual da Zona Oeste. RJ, 2009.

IRION, Carlos Alberto O; SILVEIRA, Geraldo Lopes da. **MATERIAIS EMPREGADOS NAS REDES DE ESGOTOS SANITÁRIOS**. Saneamento, 2002.

MOREIRA, Marcelo F.; G, Susana M. Ferros fundidos. **Grande Enciclopédia Portuguesa e Brasileira**, vol. XI, Lisboa- Rio de Janeiro, p. 211, 2013

OLIVEIRA, Fábio. **Aços, Aços-Liga e Ferros Fundidos**. 2013.

Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas – TO. ANEXO II AO DECRETO N° 700, DE 15 DE JANEIRO DE 2014. Volume II: Água e Esgoto

VICENTE CHIAVERINI. **AÇOS E FERROS FUNDIDOS**. 7° edição. ABM 2005