

N. CLASS.	M 628.15
CUTTER	595 v
ANO/EDIÇÃO	2014

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
DANTE CALORI JUNIOR

**VIABILIDADE DA TROCA DA TUBULAÇÃO GALVANIZADA DE ÁGUA POR
TUBULAÇÃO DE PVC**

Varginha
2014

DANTE CALORI JUNIOR

**VIABILIDADE DA TROCA DA TUBULAÇÃO GALVANIZADA DE ÁGUA POR
TUBULAÇÃO DE PVC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como requisito para obtenção de graduação em Engenharia Mecânica.
Orientador: Me Alexandre de Oliveira Lopes

**Varginha
2014**

DANTE CALORI JUNIOR

**VIABILIDADE DA TROCA DA TUBULAÇÃO GALVANIZADA DE ÁGUA POR
TUBULAÇÃO DE PVC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de engenharia mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. M.e Alexandre de Oliveira Lopes

Prof. M.e Luciene de Oliveira Prósperi

OBS:

Dedico esta pesquisa a meus familiares, aos colegas de curso, aos professores e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para esta conquista.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Unidade representativa (monômero) do PVC.....	10
Figura 2 - Segmentação do mercado de resinas de PVC por aplicação	12
Figura 3 - Tempo aproximado de vida em serviço de produtos de PVC, em função do percentual de aplicação.....	13
Figura 4 - Braçadeira com enchimento elastomérico	16
Figura 5 - Conector com vedação elastomérica	16
Figura 6 - Braçadeira com bujão de suspiro	17
Figura 7 - Reparo de tubo com conectores.....	17
Figura 8 - Reparo hermético em flange.....	18
Figura 9 - Braçadeira tipo <i>stand off</i> para trabalho médio.....	18
Figura 10 - Reparo tipo luva com enchimento de epóxi	19
Figura 11 - Reparo compósito de fibra de carbono em tubo metálico	20

RESUMO

O presente estudo tem como tema "Viabilidade da troca de tubulação galvanizada por tubulação de PVC", delimitando-se a investigação às tubulações de água. Assim o presente estudo objetivou revisar a literatura sobre a viabilidade da troca de tubulação galvanizada por tubulação de PVC. Objetivou, ainda: discutir as principais características das tubulações de água; revisar a literatura sobre o desempenho dos sistemas de distribuição de água; identificar os materiais empregados em tubulações de água, abordando seu desempenho e durabilidade. O ferro fundido é o material dominante nas tubulações de água, no entanto, a tendência dos últimos anos é a substituição destes tubos por tubos de PVC. Assim, justifica-se a realização desta pesquisa pela necessidade de identificar na literatura pesquisas que apontem que o padrão de desempenho dos tubos de PVC equivale ou é superior ao desempenho dos tubos de ferro fundido tendo em vista que a idade da infraestrutura dos sistemas de abastecimento de água, aliada ao estresse contínuo desses sistemas de distribuição de água pelas condições ambientais e operacionais a que são submetidos, têm levado a sua deterioração. Assim, pretendeu-se demonstrar que os tubos de PVC são mais vantajosos pois possuem alta resistência à corrosão, baixa condutividade térmica e elétrica, baixo peso, baixa resistência ao escoamento, boa flexibilidade e elasticidade, facilidade de manuseio e baixo custo.

Palavras-chave: Água. Tubulação galvanizada. Tubulação de PVC. Desempenho.

ABSTRACT

The present study has as its theme "Feasibility of exchange of galvanized pipe for PVC pipe" delimited to research the water pipes. Thus the present study aimed to review the literature on the feasibility of exchanging galvanized pipe for PVC pipe. The objective also: discuss the main characteristics of water pipes; review the literature on the performance of water distribution systems; identify the materials used in water pipes, addressing its performance and durability. Cast iron is the dominant material in the water pipes, however, the trend in recent years is the replacement of these pipes with PVC pipes. Thus, it is justified by this research need to identify in the literature studies that show that the pattern of performance of PVC pipe equals or exceeds the performance of cast iron pipes considering that the age of the infrastructure of water supply systems water, coupled with the ongoing stress of these water distribution systems for environmental and operational conditions to which they are subjected, have led to its deterioration. Thus, we sought to demonstrate that PVC pipes are more advantageous because they have high corrosion resistance, low thermal and electrical conductivity, low weight, low flow resistance, good flexibility and elasticity, ease of handling and low cost.

Keywords: *Water. Galvanized pipe. PVC tubing. Performance.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	08
2 POLI (CLORETO DE VINILA) (PVC).....	09
2.1 Contexto Histórico.....	09
2.2 Compostos Básicos.....	10
2.3 Processos.....	11
3 OS PRINCIPAIS CENÁRIOS DE DANOS EM TUBULAÇÕES E DUTOS	15
4 VIABILIDADE DA TROCA DA TUBULAÇÃO GALVANIZADA DE ÁGUA POR TUBULAÇÃO DE PVC	22
5 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como tema “Viabilidade da troca de tubulação galvanizada por tubulação de PVC”, delimitando-se a investigação às tubulações de água.

Assim, tem-se o seguinte problema de pesquisa: é viável substituir as tubulações galvanizadas de água por tubulação de PVC?

O ferro fundido é o material dominante nas tubulações de água, no entanto, a tendência dos últimos anos é a substituição destes tubos por tubos de PVC. Assim, justifica-se a realização desta pesquisa pela necessidade de identificar na literatura pesquisas que apontem que o padrão de desempenho dos tubos de PVC equivale ou é superior ao desempenho dos tubos de ferro fundido tendo em vista que a idade da infraestrutura dos sistemas de abastecimento de água, aliada ao estresse contínuo desses sistemas de distribuição de água pelas condições ambientais e operacionais a que são submetidos, têm levado a sua deterioração. Assim, pretende-se demonstrar que os tubos de PVC são mais vantajosos pois possuem alta resistência à corrosão, baixa condutividade térmica e elétrica, baixo peso, baixa resistência ao escoamento, boa flexibilidade e elasticidade, facilidade de manuseio e baixo custo.

Feitas estas considerações iniciais, o presente estudo objetivou revisar a literatura sobre a viabilidade da troca de tubulação galvanizada por tubulação de PVC. Objetivou, ainda: discutir as principais características das tubulações de água; revisar a literatura sobre o desempenho dos sistemas de distribuição de água; identificar os materiais empregados em tubulações de água, abordando seu desempenho e durabilidade.

Para a realização deste estudo optou-se pela revisão de literatura em livros, artigos, teses e dissertações pertinentes à temática abordada.

2 POLI (CLORETO DE VINILA) (PVC)

2.1 Contexto Histórico

Impermeável, atóxico, leve, resistente, e anti-chamas. Estas são algumas das características do PVC (ABIVINILA, 1995). Além destas, situa-se entre os plásticos que não se fabricam com matérias 100% originárias do petróleo, informações do Instituto do PVC (2010) indicam que seu componente principal corresponde ao cloro, derivado do cloreto de sódio.

Quanto à sua origem, em 1835 o alemão Justus Von Liebig realizou experimentos com dicloroetileno e hidróxido de potássio em solução alcoólica, e obteve o monômero cloreto de vinila (MVC). A partir de então, as resinas de PVC começaram a ser desenvolvidas. Victor Regnault, um aluno de Liebig, notou a formação de um pó branco após a exposição do MVC à luz solar, mas este material ainda não era o PVC como pensava Regnault. A polimerização do MVC só foi efetuada com sucesso em 1872 por E. Baumann, desde então passou a denominar-se PVC. Em 1912, Fritz Klatt descobriu o procedimento básico para a produção comercial do PVC. Essa descoberta decorreu da necessidade de utilização do acetileno existente devido ao excesso de carbureto de cálcio disponível, já que este deixava de ser utilizado para iluminação (RODOLFO Jr.; NUNES e ORMANJI, 2006).

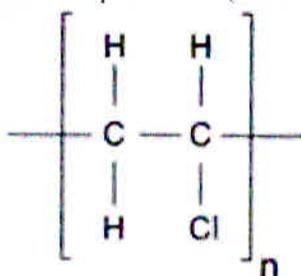
Anos mais tarde, em 1926, W. Semon descobriu um meio de tornar o PVC adequado para ser processado: adicionar o que hoje se conhece como plastificantes. Além destes compostos, também foram desenvolvidos os estabilizantes térmicos com o objetivo de solucionar o problema da baixa estabilidade ao calor (RODOLFO Jr.; NUNES e ORMANJI, 2006).

Até a primeira metade do século XIX os polímeros eram todos naturais, somente na segunda metade desse século iniciou-se a produção comercial dos plásticos sintéticos, portanto o PVC é considerado um produto ainda novo no mercado, por isso, apesar do avanço da tecnologia industrial, ainda são poucos os estudos científicos relacionados a esse polímero. Na segunda década do século XX, iniciou-se o processo de produção industrial do PVC nos Estados Unidos. Na Alemanha, teve início nos anos 1930, no restante da Europa na década de 1940 e no Brasil, em 1954 (RODOLFO Jr.; NUNES e ORMANJI, 2006), como se pode notar, aqui se entrou na sua produção com um atraso de 15 anos.

2.2 Compostos Básicos

Cloro e eteno são os compostos básicos do PVC. Ambos obtidos por processos químicos e industriais. Para a produção do etileno utilizado no PVC, são realizados processos convencionais das indústrias petroquímicas. O petróleo é destilado e posteriormente passa pelo craqueamento catalítico. Menos de 0,25% de todo petróleo extraído no mundo é destinado à produção do PVC (INSTITUTO DO PVC, 2010), o que representa uma quantidade muito pequena. Na figura 1 encontra-se representada o monômero do PVC.

Figura 1 - Unidade representativa (monômero) do PVC



Fonte: Rodolfo Jr.; Nunes e Ormanji (2006)

Atualmente já existe tecnologia para substituir os derivados do petróleo por álcool de origem vegetal como o de cana-de-açúcar (BRASKEM, 2002). No processo conhecido como “Green route” (rota verde), ocorre a desidratação do etanol obtido a partir da fermentação e destilação da vinhaça da cana-de-açúcar, conforme informações recentes dadas por Martinz e Quadros (2008).

Por sua vez, a extração do cloreto de sódio pode ser feita por três técnicas: mineração do sal gema, evaporação, ou a vácuo da água do mar. A mineração do sal gema utiliza métodos análogos à mineração do carvão e varia de acordo com o tipo de depósito. O sistema de evaporação solar é usado extensamente, as taxas de evaporação dependem da umidade do ar, da velocidade dos ventos e da quantidade de energia solar absorvida. Na opinião de Borges (2004), também podem ser usados evaporadores a vácuo.

Da eletrólise do cloreto de sódio em meio aquoso, obtêm-se o cloro. São três os métodos de eletrólise realizados no Brasil: diafragma de amianto, amálgama de mercúrio e membrana (ABICLOR, 2008). De todo cloro produzido no mundo 34% é destinado à produção de PVC (RODOLFO Jr.; NUNES e ORMANJI, 2006).

Pode-se produzir o monômero cloreto de vinila pelo processo balanceado, mais utilizado, ou pela rota do acetileno. Segundo Rodolfo Jr., Nunes e Ormanji (2006), para a

produção do polímero são usados os seguintes processos: polimerização em suspensão (80% da produção mundial), polimerização em emulsão e micro-suspensão (10-15%), polimerização via radicais livres, troca aniônica e catiônica (não são utilizadas comercialmente), e polimerização em massa (atualmente em desuso).

Dependendo da técnica de polimerização utilizada o consumo de energia e geração de resíduos podem ser maiores ou menores. O processo mais eficiente nestes termos é o de polimerização em suspensão, mais utilizado (BORGES, 2004). Depois de polimerizada, a resina do PVC passa para os processos que vão determinar o uso final. De acordo com Rodolfo Jr., Nunes e Ormanji (2006), no Brasil, os principais são extrusão, injeção, calandragem e espalmagem.

Após a polimerização são escolhidos e introduzidos os aditivos dependendo da aplicação final da resina. Para cada tipo de utilização há um determinado tipo de aditivo que pode ser plastificante, estabilizante, lubrificante, pigmentos, carga e reforço, auxiliar de processamento, modificadores de impacto, agente de expansão, controlador de viscosidade, solvente, agente promotor de adesão, biocida, antiestático, retardante de chama e supressor de fumaça, entre outros e as proporções de cada um, serão definidas também se baseando na destinação final do produto.

Na adição destes compostos residem grandes riscos de impactos ambientais, pois eles podem migrar durante a utilização dos produtos e causar danos ao homem e ao meio ambiente, entre outras conseqüências negativas que serão analisadas mais adiante. Incêndios acidentais também são alvos de críticas de ambientalistas, pois nestes pode haver a liberação de gás cloro devido à presença do Cl no PVC. Por esta razão, além do caráter específico que devem conferir ao PVC, em geral, os aditivos precisam atender a alguns requisitos mínimos, como baixa taxa de migração, para serem aplicados.

2.3 Processos

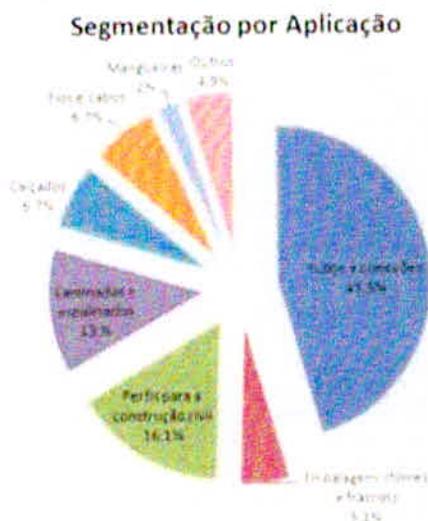
Existem diversos processos aplicados para a transformação do PVC. Extrusão, injeção, calandragem e espalmagem são os principais deles. Para a fabricação de tubos aplica-se a extrusão, que consiste em uma das técnicas de processamento mais úteis e mais utilizadas. Neste processo força-se a passagem do material por dentro de um cilindro aquecido pela ação de uma ou duas roscas sem-fim que promovem o cisalhamento, homogeneização e plastificação do material. Na saída do cilindro ocorre a compressão do material contra uma forma do produto. A seguir o material moldado pode ser calibrado, resfriado, cortado ou

enrolado. Motor elétrico (para acionamento da rosca), conjunto de engrenagens redutoras, cilindro, rosca, matriz, carcaça, painel de comando, resistências de aquecimento, ventiladores de resfriamento e bomba a vácuo são os principais componentes de uma extrusora (RODOLFO Jr.; NUNES e ORMANJI, 2006).

Materiais feitos de PVC são de vasta aplicação, na área hospitalar, na construção civil, no setor alimentício, de calçados, entre outros. Esse amplo espectro de aplicações se deve ao fato de que o PVC, por ser constituído de molécula parte polar e parte apolar, tem afinidade com ampla gama de aditivos, as características e quantidade desses aditivos podem fazer com que o produto final seja um polímero extremamente rígido e/ou opaco para ser utilizado na construção civil, ou consideravelmente flexível e/ou transparente para ser usado em embalagens alimentícias. Além disso, a resina do PVC constitui-se em um material atóxico (RODOLFO Jr.; NUNES e ORMANJI, 2006). Por estas qualidades órgãos como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), no Brasil e a *Food and Drug Administration* (FDA), nos Estados Unidos, aprovaram sua utilização em embalagens para alimentos e no setor hospitalar. Além disso, o baixo custo coopera para que diversos setores optem por este material.

De acordo com dados do Instituto do PVC (2010), em 2009 45,5% de todo PVC produzido no Brasil foi utilizado na indústria de tubos e conexões, 13% de laminados e espalmados, 16,1% de perfis para construção civil, 6,7% de calçados, 6,7% de fios e cabos, 5,1% de embalagens e frascos, 2% de mangueiras e, 4,9% em outras indústrias. O setor da economia brasileira no qual o PVC se aplica com maior frequência é o da construção civil, correspondendo a 62% do total do mercado, seguido pelo setor calçadista com 16%, embalagens, 10% e finalmente a área agrícola com 4% (RODOLFO Jr.; NUNES e ORMANJI, 2006) (figura 2).

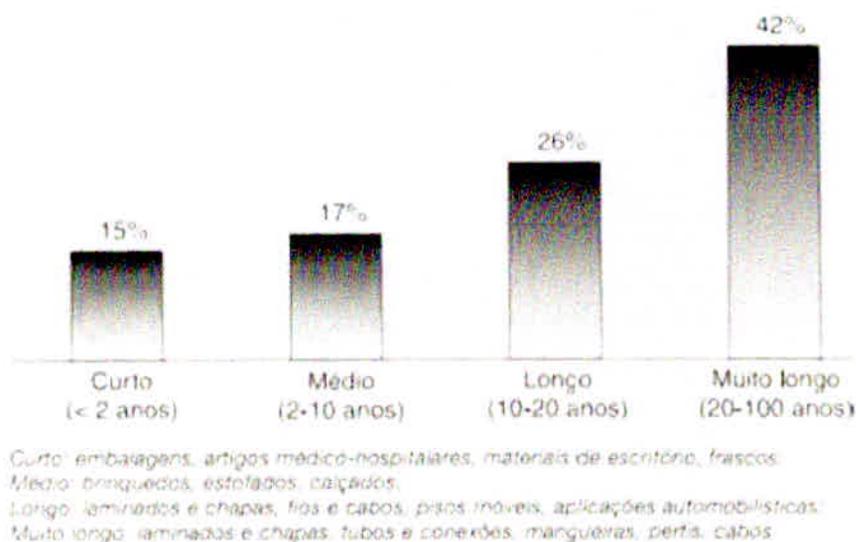
Figura 2 - Segmentação do mercado de resinas de PVC por aplicação



Fonte: Instituto do PVC (2010)

Embora esteja entre os três plásticos mais consumidos no mundo, a porcentagem de PVC em peso no lixo urbano é somente 0,7%, isso por que 64% dos materiais feitos de PVC têm vida útil superior a 15 anos e apenas 12% das aplicações do PVC são de curta vida útil (0 a 2 anos), sua longa duração permite o seu uso mais prolongado evitando que se transforme em lixo. Entre os plásticos dispostos, o PVC aparece como responsável por 14% do resíduo gerado. Da porcentagem que se descarta, uma parcela ainda vai à reciclagem, prática que em 2007 o Brasil atingiu a taxa de 17% (figura 3).

Figura 3 - Tempo aproximado de vida em serviço de produtos de PVC, em função do percentual de aplicação



Fonte: Rodolfo Jr.; Nunes e Ormanji (2006)

Em termos práticos, para Piva e Wiebeck (1999), os materiais de PVC pós-consumo podem ter as seguintes destinações: recuperação energética, reciclagem química, reciclagem mecânica, disposição em aterros e ainda, pesquisas mais recentes demonstram a possibilidade de biodegradação.

Dentre as formas de aproveitamento do PVC pós-consumo, a mais desenvolvida no Brasil consiste na reciclagem mecânica, ou seja, na transformação de resíduos plásticos em grânulos para a formação de novos produtos, de acordo com os autores antes citados. Um inconveniente deste tipo de reciclagem advém da origem do material a ser reciclado.

Infelizmente se pode constatar que no Brasil, até o presente momento, em geral, não há coleta seletiva, então, quando o material provém de sucateiros, ocorre a contaminação com outros tipos de plásticos, o que atrapalha no processo devido a diferenças físicas e químicas. Além disso, a presença deste material em resíduos domiciliares é bastante baixa (em torno de 2%). Os resíduos das indústrias fabricantes do PVC são reintroduzidos nos processos de fabricação. Assim sendo, para Darbello (2008), a melhor fonte de geração de PVC para a reciclagem são as construções civis.

Quanto à reciclagem química, ela consiste em um processo no qual os resíduos são convertidos em matérias petroquímicas básicas ou de gases de interesse industrial. Ocorre a despolimerização visando a destruição da estrutura, inclusive da cadeia principal (DARBELLO, 2008). Atualmente se emprega este processo apenas em países como Alemanha e Japão (SOLVAY INDUPA, 2009).

Além de diminuir problemas relacionados à destinação dos resíduos sólidos e à extração de matérias primas, a reciclagem também contribui para a diminuição de importações e aumento das exportações de materiais e objetos construídos desta matéria (DARBELLO, 2008).

Por sua vez, a reciclagem com recuperação energética consiste em um processo tecnológico para aproveitar a energia contida nos resíduos a partir da queima dos mesmos a altas temperaturas (DARBELLO, 2008). Segundo dados da *Solvay Indupa* (2009), atualmente aplica-se esta tecnologia em toda a Europa, nos Estados Unidos e na Ásia.

Quanto a outras formas de decomposição, na biodegradação, as bactérias podem formar colônias na superfície do PVC desenvolvendo considerável resistência a alguns bactericidas. Os aditivos migram para a superfície do PVC e servem de alimento para esses microrganismos. Essa migração causa danos às propriedades mecânicas do PVC, como foi constatado por Campos (2004). Este tipo de destinação final do PVC ainda está em fase de estudo sem resultados conclusivos.

3 OS PRINCIPAIS CENÁRIOS DE DANOS EM TUBULAÇÕES E DUTOS

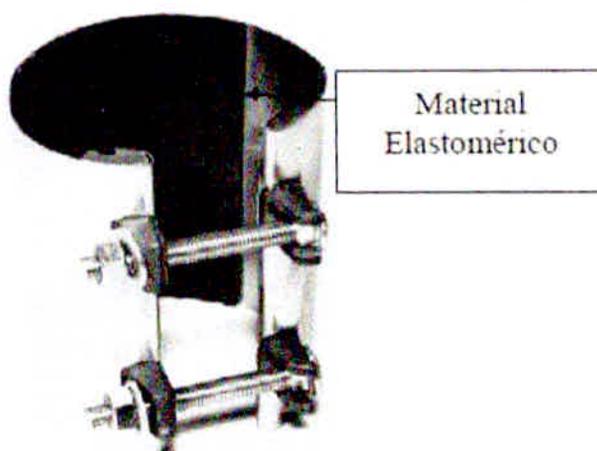
Predominam na literatura três cenários de danos em tubulações e dutos metálicos: perda de metal na parede externa e interna e componente da tubulação com vazamento. Assim, o primeiro cenário ressalta o funcionamento da tubulação afetada por corrosão externa. As condições do ambiente de operação que envolve o tubo, as fissuras ou sulcos superficiais e a galvanização apresentam, geralmente, formas de corrosão. A deterioração resulta em perda de metal, diminuindo a espessura das paredes do tubo, que pode ser localizada, como na parte inferior do tubo, no encontro com suportes de tubulação, e extensiva, no caso de trechos de isolamento térmica. Acrescenta-se citando o exemplo de uma situação usual na superfície externa, que não necessariamente está relacionada a vazamento ou corrosão, que é o de uma pequena área amassada da tubulação. Neste caso, se as marcas de trechos amassados forem superiores a 6 % do diâmetro do tubo, será necessário fazer reparo, a fim de que se evite intervenção naquele trecho futuramente. O reparo de uma seção de tubulação com trincas irá impedir que os problemas se propaguem, quando as trincas não constituem ameaça à integridade do tubo. Por fim, a respeito dos danos na superfície externa, pode-se citar a ocorrência de trincas em solda e no tubo original, sem ser por perda de metal ou vazamento da tubulação, que exigem considerações especiais (MAIA, 2003).

O segundo cenário pode ser evidenciado ao transportar fluido em tubulação, principalmente substâncias que reagem com a parede interna de um tubo, causando corrosão, erosão, ou ambos os tipos de deteriorações. Neste caso, a reparação não é ainda reparação de vazamento na parte deteriorada. A escolha do reparo precisa levar em conta a acomodação dos efeitos de deterioração, externa e interna do tubo, até a vida útil do sistema de tubulação reparado. Caso isto não seja feito, a restauração da integridade do tubo será de duração temporária. É difícil quantificar a corrosão e erosão em relação à parede interna do tubo, ambos em termos de perda absoluta de metal e extensão dessa perda. Existem técnicas de inspeção para auxiliar nessa situação. O que mais importa é a obtenção do máximo de informação possível sobre o dano ou deterioração para se proceder à escolha do método adequado de reparo. A deterioração da parede interna, além de ser mais visível, pode descartar a possibilidade de o tubo resistir às cargas de serviço (MAIA, 2003).

Vazamento é a pior hipótese considerada nos três cenários e pode ser ocasionado pela perda de metal da parede interna ou externa do tubo, e também, em solda de costuras ou juntas, ou do próprio tubo original. Em casos de vazamento, será necessário o componente

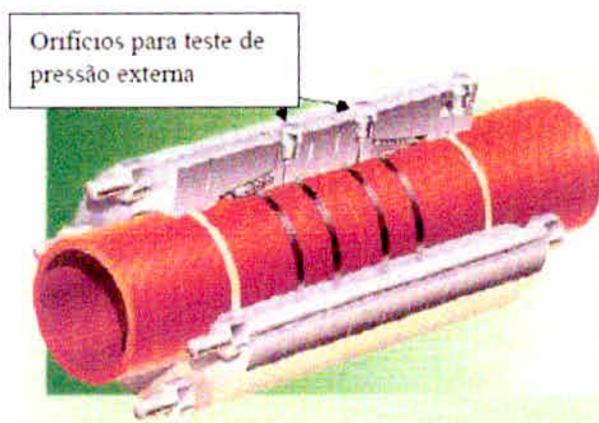
apropriado de reparo, não levando-se em consideração somente a pressão exigida, mas que também se ajuste à corrosividade e outros efeitos do fluido. A depender da extensão do dano, pode haver demanda de um reparo localizado do tipo braçadeira ou através de 2 conectores, procedendo-se à troca da seção da tubulação por um novo pedaço de tubo. As vedações elastoméricas, empregadas em reparos tipo braçadeira (Figura 4) ou conector (Figura 5), podem estar sujeitas à deterioração na presença de determinados fluidos, dentre eles, ácidos, cáusticos, hidrocarbonetos voláteis e aromáticos. Em decorrência da degradação ou relaxamento da vedação pode haver o escapamento de fluido, que requer a realização de uma operação para estancar o vazamento, antes mesmo que se inicie o reparo. As vedações dos reparos convencionais são feitas com elastômeros (CANEVAROLO, 2002).

Figura 4 - Braçadeira com enchimento elastomérico



Fonte: Maia (2003)

Figura 5 - Conector com vedação elastomérica



Fonte: Maia (2003)

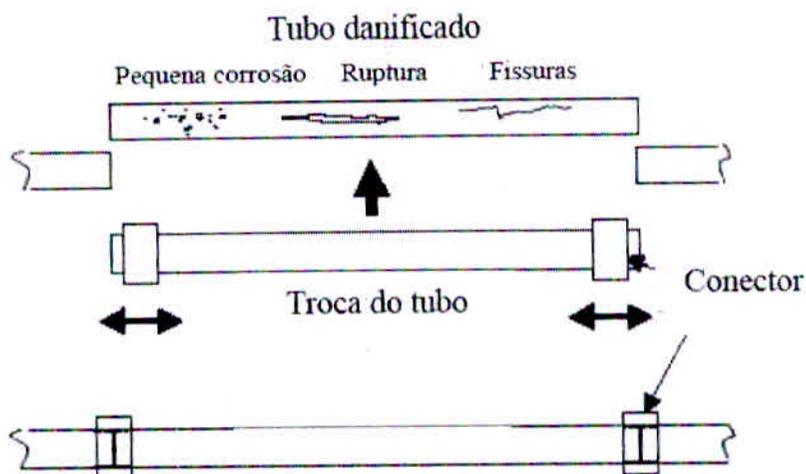
Em alguns casos, é possível a instalação de uma braçadeira em tubos com vazamento, onde, posterior à fixação correta, deve-se apertar o bujão do suspiro (Figura 6). É preciso observar a condição do componente de reparo, ao acomodar as cargas axiais da tubulação, principalmente empregando conectores (Figura 7). Acrescenta-se que, no caso de vazamento em partes flangeadas de tubos (Figura 8), o problema ocorre na maioria das vezes em decorrência da corrosão ou relaxamento da face flangeada ou da área da junta. Também, é possível vazamento em soldas de flanges (MAIA, 2003).

Figura 6 - Braçadeira com bujão de suspiro



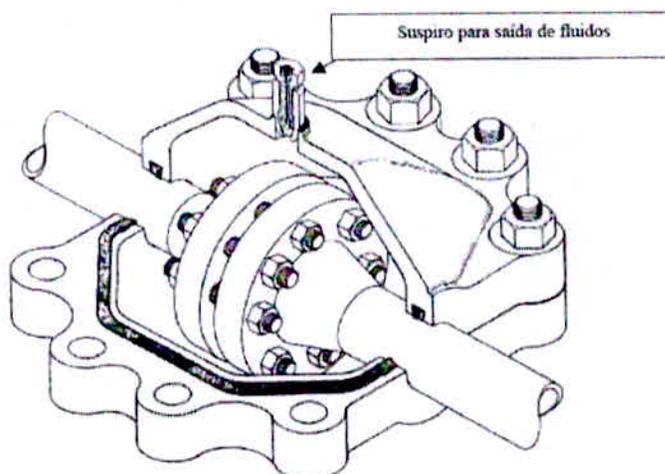
Fonte: Maia (2003)

Figura 7 - Reparo de tubo com conectores



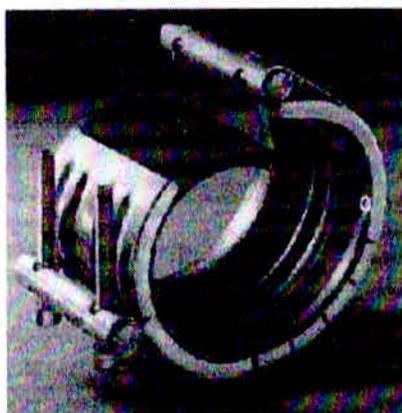
Reparo realizado

Fonte: Maia (2003)

Figura 8 - Reparo hermético em flange

Fonte: Maia (2003)

Um dos principais aspectos de dano ou deterioração depende das condições da superfície externa do tubo, que ajuda na escolha da modalidade de reparo a ser utilizado. Se ocorrer que a vedação elastomérica não seja capaz de fornecer forças suficientes na imediação do dano ou na área não afetada adjacente à área de maior dano, deve ser empregada braçadeira tipo *stand off* (Figura 9). Nesta hipótese, a superfície precisa ser restabelecida com um material de enchimento. Utiliza-se também, uma luva de aço preenchida com epóxi e com vedação de resina poliéster (Figura 10), adequada em caso de danos em áreas extensivas. Este tipo de reparo pode ser aplicado em uma série de defeitos, inclusive corrosão, falhas que não se propagam, trechos amassados ou sulcos com orientações, axial e circunferencial, e anomalias relacionadas a soldas circunferenciais.

Figura 9 - Braçadeira tipo *stand off* para trabalho médio

Fonte: Maia (2003)

Figura 10 - Reparo tipo luva com enchimento de epóxi



Fonte: Maia (2003)

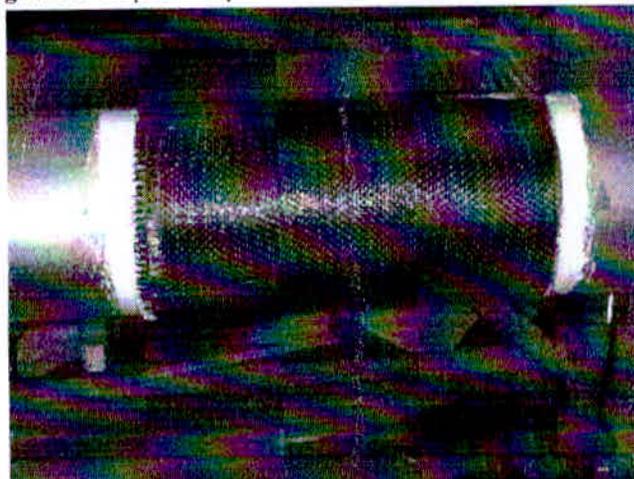
Cenários parecidos também se apresentam quando se necessita reparar um sistema de tubulação com material compósito: corrosão externa, deterioração interna e dano mecânico. Em caso de corrosão externa, sem ocorrência de vazamento, será empregado o material compósito para que se reconstitua a integridade do tubo. Se a superfície externa for preparada de maneira apropriada, é provável que as deteriorações externas não continuem no tubo com o reparo compósito (Figura 11). Os danos mecânicos, como por exemplo, trechos amassados, sulcos e desgastes nos suportes de tubulação deverão ser reparados com compósitos. Na deterioração interna, ocasionada por corrosão ou erosão, ou combinação de ambas, onde o tubo pode ou não conter vazamento, é possível também fazer uso de material compósito a fim de que seja restabelecida a integridade do tubo (GORNI, 2003).

Entre os reparos normalmente utilizados, os que empregam luvas pré-moldadas compósitas estão associados ao desenvolvimento científico e tecnológico de materiais poliméricos. A descoberta dos polímeros passou por três fases: naturais, naturais com alterações e sintéticos. As fibras sintéticas passaram por intenso processo de industrialização no século 20 porque são superiores às fibras naturais na regularidade geométrica e nas propriedades mecânicas (GORNI, 2003).

Os processos industriais provocaram uma evolução nas fibras sintéticas e novas metodologias de reparo para tubos danificados por corrosão e/ou vazamento. Os reparos compósitos são constituídos de uma mistura de dois materiais, combinados para formar um novo material de engenharia útil com propriedades sinérgicas. A luva pré-moldada compósita é utilizada como solução de mercado, que é uma mistura de uma matriz de poliéster reforçada na direção circunferencial do tubo com fibra de vidro-E (BARRA, 2004).

4.1.5.1.1

Figura 11 - Reparo composto de fibra de carbono em tubo metálico



Fonte: Barra (2004)

Os compósitos se classificam em particulados e fibrosos. O compósito particulado resulta da introdução de componentes que apresentam uma razão de aspecto¹ menor que três. Esses componentes são chamados de fases particuladas ou não-fibrosas, e podem ser encontrados na forma de partículas, aglomerados de partículas, escamas ou flocos. Em quantidades suficientes para diminuir custos e propriedades físicas e/ou mecânicas dos compósitos, as cargas particuladas são adicionadas aos polímeros. Os compósitos fibrosos se classificam em descontínuos e contínuos. As matrizes mais empregadas em reparos compósitos são as plásticas. O plástico é mais bem classificado, de acordo com as características mecânicas em termoplásticos, termorrígidos (ou termofixos) e elastômeros (CANEVAROLO, 2002).

As condições de trabalho da tubulação são observadas no contexto do reparo escolhido pelo tipo de fluido considerado. Três tipos comuns encontrados em plantas industriais: fluidos de grande utilização como diesel, água salgada, ar, substâncias de processo para drenagem; fluidos utilizando produtos químicos generalizados; e fluidos produzidos, incluindo hidrocarbonetos na forma de gás ou de condensado. A pressão e temperatura envolvidas nos reparos de tubulação, reforçados com fibras de vidro, serão de no máximo 5 MPa e de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Os valores de pressão são divididos em três categorias: até 0,5 MPa, em casos de pressão hidrostática e drenos; até 2 MPa, em casos de utilização de água; até 5 MPa em caso de hidrocarbonetos. Para até 2 MPa de pressão, é subdividida em segurança crítica (água para incêndio, por exemplo) e em trabalhos de segurança não-crítica

¹ Relação entre a maior e a menor dimensão do corpo

(para quaisquer líquidos, exceto a água). A duração para o reparo é temporária se considerada até dois anos de utilização, e permanente se for operar até o término da vida útil da tubulação (CANEVAROLO, 2002).

4 VIABILIDADE DA TROCA DA TUBULAÇÃO GALVANIZADA DE ÁGUA POR TUBULAÇÃO DE PVC

Historicamente, tem sido usada uma variedade de materiais e tecnologias na produção de tubos para o abastecimento de água. Por volta de 1700-1450 A.C. a cidade de Knossos, na ilha de Creta, estava em seu apogeu e desenvolveu um sistema de transporte de água que utilizava condutos circulares e distribuía água para a cidade e para o palácio em tubulações pressurizadas. Estes, possivelmente, foram os primeiros tubos utilizados, já que outras civilizações apenas se utilizavam de canais superficiais (ALEM SOBRINHO; MARTINS, 2004).

Implantar a infraestrutura de abastecimento de água requer grandes investimentos, portanto os sistemas existentes não podem ser trocados ou melhorados dentro de um curto período de tempo. A idade das tubulações pode geralmente ser estimada pelo seu tipo de material.

O domínio da produção de tubos de ferro fundido foi um fato importante para o desenvolvimento dos sistemas de abastecimento de água. Embora em 1455 tenha sido empregada a primeira tubulação de ferro fundido no Castelo de Dillenburg na Alemanha, o seu uso em grande escala parece ter demorado a acontecer. Em 1664 uma adutora de ferro fundido de mais de 22 km foi construída na França para abastecer o Palácio de Versailles, tornando-se a maior linha de tubos da época e ainda hoje parte dessa tubulação permanece em serviço (ALEM SOBRINHO; MARTINS, 2004).

Os principais materiais de tubos e peças utilizados ou em utilização em sistemas de distribuição de água são: ferro fundido cinzento, ferro fundido dúctil, PVC (policloreto de vinila), polietileno (PE) e fibrocimento. Os materiais que mais se destacam em termos de extensão de aplicação em redes de distribuição de água, atualmente, são o ferro fundido dúctil e o PVC. Quanto aos tubos de fibrocimento e ferro fundido cinzento, existem grandes extensões de redes aplicadas no passado, mas não são mais utilizados (CHAMA NETO, 2004).

Os tubos de PVC passaram a ter aceitação mais generalizada na Europa após a segunda guerra mundial, no final da década de 40, já os tubos de polietileno, surgidos nos anos 50, encontraram o mercado tomado pelos anteriores, consolidando-se nesse continente apenas a partir da década de 60 (CHAMA NETO, 2004).

A distribuição de materiais nos sistemas existentes varia entre países e municípios. Dados estatísticos da distribuição de material das redes em diferentes países podem ser

encontrados na literatura. Deb et al. (1998) apresentaram dados dos Estados Unidos e Canadá. Pelletier, Mailhot e Villeneuve (2003) mostraram dados de 1996 de três municipalidades canadenses, informando que o único material utilizado até 1960 foi o ferro fundido e o PVC foi utilizado a partir de 1976. Babovic et al. (2002) observaram que apesar de 86,5% do sistema de abastecimento de água da cidade de Copenhague (Dinamarca), em 1995, ser de ferro fundido, 72,6% das novas tubulações instaladas entre 1987 e 1995 são de PVC ou de polietileno. Rajani e Kleiner (2004) apresentaram um sumário de materiais de rede de distribuição de 13 países europeus. Os dados de diferentes países mostram que, em média, o ferro fundido é o material dominante das tubulações.

Diante desses levantamentos efetuados, pode-se dizer que, de um modo geral, as tubulações atualmente instaladas nas redes de distribuição são de 40 a 60% de ferro fundido cinzento, seguido de 25 a 30% de ferro dúctil. Tubulações de cimento amianto e de plásticos, dependendo de cada país, giram em torno de 10 a 30%, cada um. Entretanto, nota-se que a distribuição de materiais da tubulação está sendo alterada devido ao atual uso extensivo de materiais plásticos.

Babovic et al. (2002) comentam que desde 1987 a maioria das novas tubulações tem sido fabricada usando diferentes tipos de materiais plásticos, 72,6% das novas tubulações instaladas entre 1987 e 1995 eram de polietileno ou PVC.

Em ligações prediais de residências e estabelecimentos comerciais de reduzido consumo são utilizados, geralmente, tubos de 19 mm (3/4"). No passado eram utilizados tubos e conexões de aço galvanizado para execução do ramal predial de água, entretanto, atualmente esse material não tem sido utilizado, sendo substituído por tubos de plástico, em especial o PEAD - polietileno de alta densidade (TSUTIYA, 2004).

5 CONCLUSÃO

Atualmente o ferro fundido é o material dominante nas tubulações de água, no entanto, a tendência dominante dos últimos anos são os tubos de PVC. A literatura tem discutido a eficácia destes últimos comparados aos primeiros no que tange à durabilidade, resistência, custo e necessidade de manutenção.

A água potável disponibilizada pela rede urbana em determinadas localidades pode conter sais minerais dissolvidos que se mostram agressivos a alguns materiais de tubulações, reduzindo sua vida útil. Este é o caso da alta concentração de carbonatos e de bicarbonatos de cálcio e magnésio, e também cloretos, oxigênio e cloro ativo livre, presentes mesmo que em pequenas concentrações.

Esses componentes são agressivos e com o decorrer do tempo, podem deteriorar tubos de aço carbono galvanizado.

Em face da revisão de literatura realizada constatou-se que o PVC apresenta custo mais baixo e desempenho e durabilidade equivalentes ou superiores às tubulações de aço galvanizado.

REFERÊNCIAS

ALEM SOBRINHO, P; MARTINS, G. Abastecimento de Água. In: TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS ÁLCALIS, CLORO E DERIVADOS - ABICLOR. **CLORO; SODA CÁUSTICA**: Tecnologias de produção em diafragma, membrana, mercúrio: ABICLOR. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CLORETO DE POLIVINILA - ABIVINILA. **PVC: um amigo pouco conhecido**. São Paulo: ABIVINILA. 1995.

BABOVIC, V. et al. A data mining approach to modeling of water supply assets. **Urban Water**, v. 4, n. 4, p. 401-414, 2002.

BARRA, G. **Compósitos Poliméricos EMC 5706**. 2004. Disponível em: <<http://www.materiais.ufsc.br>>. Acesso em 14 mar. 2014.

BORGES, F. J. **Inventário do ciclo de vida do PVC produzido no Brasil**. 2004. 174 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

BRASKEM. Efeito dos plastificantes na dureza dos compostos de PVC. **Boletim técnico 01 PVC**. São Paulo, p. 1-8, jul. 2002.

CAMPOS, A. **Blendas de pvc/pcl foto/termo e biotratadas com fungos de solo: (Phanerochaete chrysosporium e Aspergillus fumigatus)**. 2004. 126 f. Dissertação (Mestre em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

CANEVAROLO, Jr; S.V. **Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. São Paulo, Artliber Editora, 2002.

CHAMA NETO, P.J. Materiais para redes. In: TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

DARBELLO, S. M. **Estudo da reciclagem mecânica de poli (cloreto de vinila) – PVC – proveniente de resíduos da construção civil**. 2008. 144 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2008.

DEB, A.K. et al. Quantifying future rehabilitation and replacement needs of water mains. **AWWA Res. Fdn.**, Denver, 1998.

GORNI, A.A. **Introdução aos plásticos**. 2003. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.com/intropol.htm>>. Acesso em 24 abr. 2014.

INSTITUTO DO PVC. **A fabricação do PVC**. Instituto do PVC. 2010. Disponível em: <http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo&canal_id=39&subcanal_id=40>. Acesso em: 15 ago. 2014.

MAIA, G.C. **Dissertação de Mestrado em Comportamento Elástico de Cilindros com e sem Reparo Circunferencial de Carbono/Epóxi**. Programa de pós-graduação de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2003.

MARTINZ, D.; QUADROS, J. Compounding PVC with renewable materials. **Plastics, rubber and composites**, London, v. 37, p.459-469, set/out. 2008.

PELLETIER, G; MAILHOT, A; VILLENEUVE, J.P. Modeling water pipe breaks – Three case studies. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 129, n. 2, p. 115-123, mar.-abr. 2003.

PIVA A. M.; WIEBECK H. **Reciclagem mecânica do PVC: uma oportunidade de negócio**. São Paulo: Instituto do PVC, 1999.

RAJANI, B.B; KLEINER, Y. Non-destructive inspection techniques to determine structural distress indicators in water mains. In: **Evaluation and Control of Water Loss in Urban Water Networks**, Valencia, Espanha, p. 1-20, jun. 2004.

RODOLFO Jr, A; NUNES, L.R; ORMANJI, W. **Tecnologia do PVC**. 2 ed. São Paulo: Pro Editores/Braskem. 2006.

SOLVAY INDUPA. **PVC: um produto nobre**. 2009. Disponível em: <<http://www.solvayindupa.com/pvcumprodutonobre/reciclagem/0,,10619-5-0,00.htm>>. Acesso em: 24 abr. 2014.

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.