

## I-039 - SISTEMA SÃO LOURENÇO – O DESAFIO DE UMA OBRA DE SANEAMENTO COM CARACTERÍSTICAS SUPERIORES AOS DAS NORMAS USUAIS

### **Adilson Menegatte de Mello Campos**

Tecnólogo Mecânico pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo, Aposentado pela Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, Professor da Faculdade de Tecnologia de São Paulo, Consultor para obras de saneamento para a empresa Concremat Engenharia

**Endereço:** Rua Casa Forte 99 apto 102 – São Paulo – SP CEP 02336-040 tel. (11) 99945 0283 – email adilson.menegatte@gmail.com

### **RESUMO**

84” PN 40. Esta foi a premissa inicial para um novo sistema de abastecimento de água para a cidade de São Paulo, para atender uma população de mais de 2 milhões de habitantes que vem crescendo numa progressão geométrica ano após ano.

A busca de soluções de engenharia para atender o desafio foi extraordinária, pois os parâmetros não se enquadravam em nenhuma norma de projeto que pudesse ser totalmente adotada. A pressão está acima do usual para a norma AWWA (saneamento) e o diâmetro acima da norma API (petróleo e gás).

Novos materiais, processos de fabricação e técnicas construtivas modernas e inovadoras precisaram ser desenvolvidas e implantadas, baseadas em conhecimentos adquiridos com os anos e com observações em situações semelhantes, porém sem que se tenha um modelo consagrado para a solução desse problema, devido ao ineditismo das situações encontradas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema São Lourenço, Normas para Projeto de Tubulações em Aço.

### **INTRODUÇÃO**

Como toda obra de saneamento, os projetos das tubulações, bombas, válvulas e demais componentes seguem normas e procedimentos consagrados no meio. As normas AWWA (American Water Work Association) e as normas NTS (Norma Técnica Sabesp) sintetizam o “estado da arte” do saneamento, pois agregam o conhecimento técnico acadêmico com as melhores práticas operacionais e construtivas, registradas ao longo dos anos, por diversos profissionais em várias áreas e inúmeras partes do mundo.

É consenso universal, que as normas técnicas, antes de serem um instrumento técnico/científico de registro de conhecimento e guia de boas práticas para situações futuras, elas representam a proposta filosófica para uma dada situação, pois abrangem toda a lógica que permeia um projeto adequado a uma realidade local e à comunidade técnica (projetistas, fabricantes, instaladores e operadores) onde o sistema se insere, daí o risco de se misturar normas, pois os resultados podem não atender a nenhuma delas e há grande possibilidade de que o empreendimento seja um retumbante fracasso.

Durante a fase de elaboração do projeto básico do Sistema Produtor São Lourenço, um fato se apresentou de imediato: a obra apresentava requisitos de pressão (PN 40) acima do previsto nas normas AWWA, porém tinha diâmetros (84”) acima do previsto nas normas API (American Petroleum Institute).

Todo o detalhamento do projeto, desde a matéria prima para a fabricação dos tubos até a seleção de válvulas ficou severamente difícil, pois trata-se de normas cujos objetivos são bastante diversos.

### **SELEÇÃO DO TUBO DE AÇO**

Durante o estudo para escolha do tubo, a premissa inicial é que ele deveria ser fabricado pelo processo helicoidal, para reduzir custos e que fosse possível a fabricação desse tubo no Brasil. Para esse diâmetro e para essa pressão, descartou-se o uso de aço convencional, pois as espessuras seriam absurdas. Logo o uso de aços

de alto desempenho foi obrigatório. Porém eles deveriam ser fornecidos em bobinas e com requisitos específicos para uso em saneamento. A adoção de normas da API, extrapolando-se os diâmetros, neste caso, tendem a conflitar conceitos importantes para o saneamento, que são:

- Uso de chapas de aço sem limite de teor de carbono (conforme ASME C max = 0,25)
- Tempo de vida do projeto abaixo dos valores usuais no saneamento (min 50 anos)
- Os critérios de dimensionamento não levam em conta os transientes hidráulicos que inexistem no petróleo e no gás
- Elementos (tubos, válvulas, acessórios) não requerem revestimento anti corrosivo na parte interna
- Critérios de aceitação de defeitos na fabricação de tubos, acima dos aceitos pela Sabesp, particularmente no tocante a tolerância no perímetro das bocas dos tubos
- Critérios de aceitação de defeitos em soldas acima dos aceitos pela Sabesp
- Não há restrição ao uso de materiais que possam causar contaminação ao fluido

Os estudos ocorreram durante todo o ano de 2008, avaliando-se várias alternativas que foram sujeitas aos ensaios propostos, até que se obteve um elenco de características e elementos químicos que poderiam resultar num material adequado. Após negociações com a Usiminas foi desenvolvido um material com característica do API 5L X65 (o que atende as exigências de resistência mecânica desejadas), porém com um requisito a mais, limitar o teor de carbono em 0,25 e o Carbono equivalente em 0,3. Para atender as peculiaridades de uma linha de água, que sofre constantes fenômenos de transientes hidráulicos, exigindo que o tubo trabalhe sob risco de fadiga. Atualmente o aço ASTM A 1018 Gr 65 atende essas especificações.

Os fabricantes nacionais de tubos adaptaram seus equipamentos e o projeto passou pelo seu primeiro teste.

## **SELEÇÃO DO REVESTIMENTO ANTI CORROSIVO**

Os revestimentos tradicionais apresentavam dificuldades para uso num processo de fabricação seriada quer por causa do diâmetro (exclui o tripla camada) quer pelo tempo de cura exigido para movimentação do tubo em fábrica (são mais de 10000 tubos – 80 Km ) e também por dificuldades de transporte dos tubos (devido a grande relação diâmetro/ espessura, o tubo tende a trincar o revestimento no transporte rodoviário). A busca era por um material que pudesse atender aos requisitos de revestimento externo para tubos enterrados e para passagem de água potável pelo revestimento interno com atendimento à portaria 2914 do Ministério. da Saúde

Após vários estudos, o poliuretano AWWA C 222 atendeu todas as exigências previstas na NTS 036 tanto para revestimento externo como interno. Os testes foram feitos com o apoio do IPT, visto que alguns ensaios exigiram adaptações para entendimento dos resultados obtidos. Particularmente o ensaio de descolamento catódico foi o que precisou de maiores estudos, pois não há literatura disponível no mundo a respeito dos critérios de avaliação dessa grandeza para esse material.

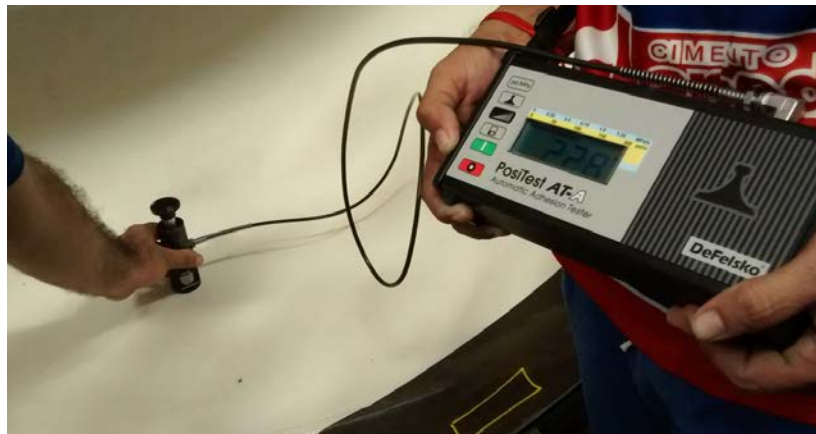
Outra questão importante foi a escolha da qualificação no meio “água do mar”, pois como se desejava o uso desse material em contato com água de abastecimento, buscou-se um elemento que apresentasse o íon cloro. Tal fato representou um grande avanço nos ensaios de desempenho de materiais que sempre foram testados em água deionizada.

Com o tempo de cura extremamente baixo e a facilidade de aplicação de altas espessuras em uma única camada sem escorrimientos, o material se mostrou ser um sucesso no processo de fabricação e também foi eficaz na prevenção de trincas de revestimento durante as fases de movimentação e transporte. As normas atuais limitam as ovalizações a 1% do diâmetro em função do epóxi ser muito friável e trincar com facilidade, porém em testes de laboratório, observou se que o Poliuretano pode chegar a valores bem superiores sem trincas no revestimento devido a sua excepcional elasticidade.

Devido ao novo revestimento, alguns ensaios de produção precisarem ser definidos sem o respaldo das normas NTS , como foi o caso do ensaio de aderência, feito com o equipamento de pull off visto que os métodos conhecidos (corte em X ou Y) não apresentaram resultados coerentes em função da grande elasticidade do poliuretano (alongamento de até 300 %). Desta forma a fita adesiva não desloca o revestimento mesmo quando ele foi propositalmente aplicado sem aderência ao substrato.



Vista geral dos tubos revestidos interna e externamente



Ensaio de pull off em revestimento de Poliuretano

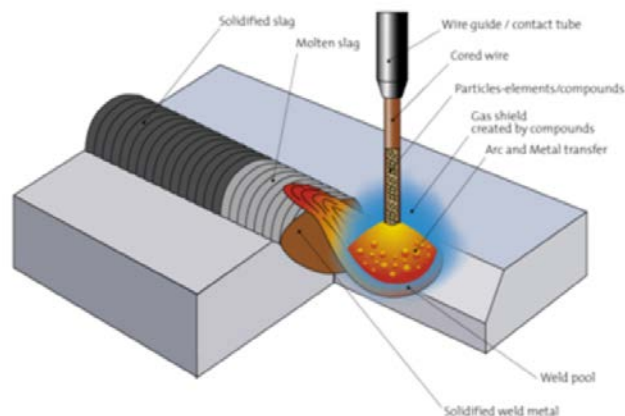
## PROCESSO DE SOLDAGEM

De forma inédita na Sabesp esta sendo usado o Processo de Soldagem com arame tubular FCAW nos passes de enchimento e cobertura e o passe de raiz com TIG, possibilitando a execução da solda sem a necessidade do passe de selagem.

No processo de fabricação da chapa de aço, as características desejadas de resistência e alongamento são obtidas por processos metalúrgicos controlados, limitando-se o crescimento de grão e alterando-se a forma de laminação da chapa, obtendo-se uma tensão de escoamento da ordem de 65000 psi, (455Mpa) muito próxima da tensão de ruptura 77000 psi (539 Mpa). Ocorre que essas “mágicas” metalúrgicas não podem ser feitas na solda de campo.

Todos consumíveis de soldagem precisaram ser reestudados, para que a interação metalúrgica da solda com esse novo material pudesse garantir as características mecânicas e estruturais dos tubos, sendo desenvolvido o arame 80 Ni especialmente para este uso. Em decorrência disto, todos os soldadores precisaram ser qualificados com esta característica, sendo que mais de 350 soldadores foram treinados, testados e certificados para se obter 92 soldadores aptos a trabalhar nas obras.

Nestes casos, todos os processos de qualificação de consumível e de soldadores foram feitos conforme disposto na NTS 034 adaptada para a situação de material e processo não usuais.



Processo FCAW



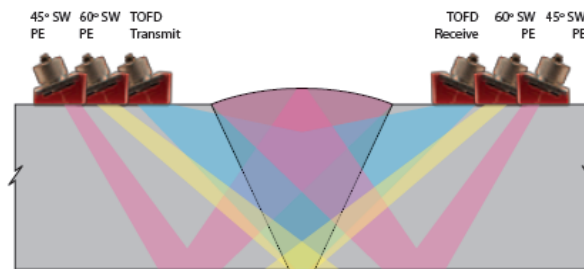
Equipamento de soldagem FCAW

## ENSAIOS DA SOLDA

Pelas características de ineditismo e extremas condições operacionais, todas as soldas foram inspecionadas com ultra som automático pelos métodos de Phased Array e ToFD, obtendo-se laudos mais confiáveis. Foram ainda desenvolvidos softwares e procedimentos específicos para inspeção de juntas soldadas em curvas pelo mesmo método, configurando-se a primeira vez no Brasil e na América do Sul que tal tecnologia foi usada com sucesso.

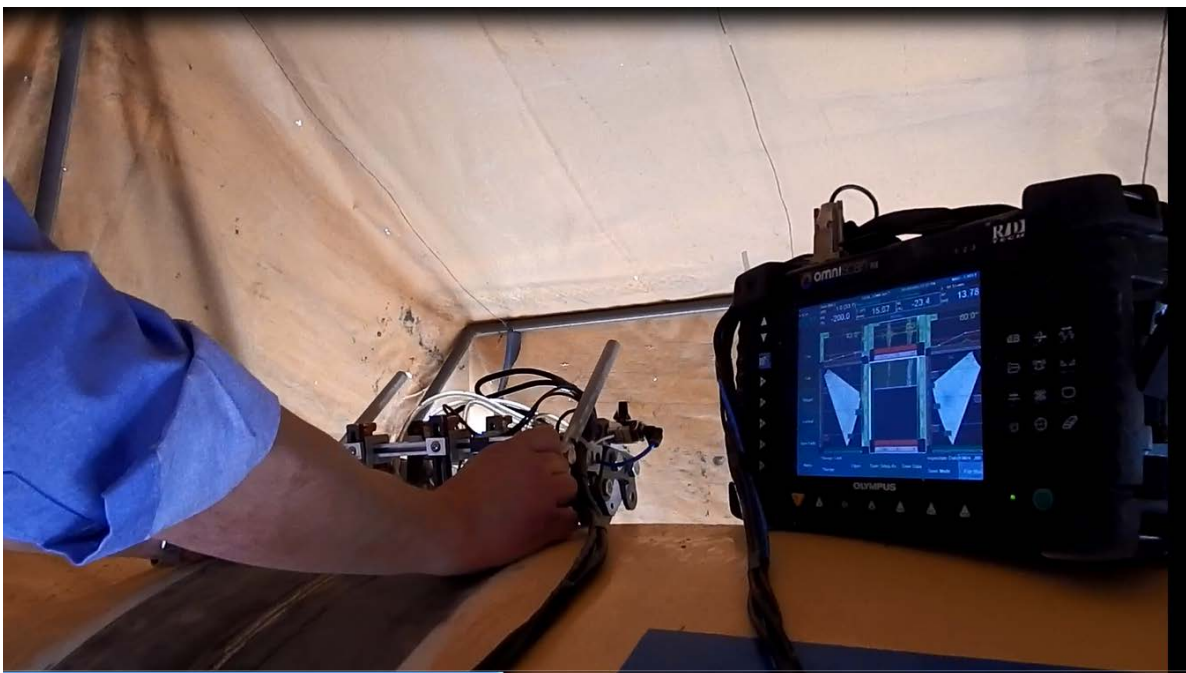
Atualmente estão em estudos e desenvolvimento o procedimento para testes de solda em aço inox por este método, o que representará um avanço tecnológico de grande importância para a inspeção das linhas de ar nas instalações de ETAs e ETEs, onde ainda se utiliza ensaio por Radiação Penetrante (Rx), com grandes problemas para as obras, devido a necessidade de evacuação total da área, inclusive de residências próximas, quando for o caso.





Linhas dos transdutores de inspeção

TOFD and pulse echo



Vista do ecograma obtido durante a inspeção e que ficará gravado em meio digital

## **VÁLVULAS**

Para estas pressões as válvulas só estão disponíveis segundo a norma API, o que resultou em grandes conflitos com os fabricantes, que alegavam não ser necessário o revestimento interno, pois a norma API não requer tal cuidado, sem se atentar que a norma API não se refere a água e esgoto.

Válvulas não usuais em saneamento precisaram ser analisadas e reestudadas para que sua aplicação pudesse ser adequada ao uso, num meio incomum para o “mundo” API.

Um caso muito peculiar foi o uso de válvulas de retenção de fechamento rápido para essas pressões, nesses diâmetros, onde foi necessário o trabalho conjunto com fornecedores do exterior.

## **CONCLUSÕES**

A escolha da norma que orienta o projeto, construção da obra e de seus equipamentos, deve estar coerente com os princípios de cada aplicação. Embora esse conceito não seja bem difundido, mas uma norma técnica reflete toda uma filosofia que permeia o produto como um todo, tanto em relação à utilização, à vida útil como também em retratar o estágio de conhecimento e desenvolvimento de uma comunidade técnica sobre o tema.

Toda e qualquer adaptação deve ser submetida a um estudo minucioso dos impactos causados por essas modificações na qualidade e vida útil do empreendimento.

No caso em questão, houve uma grande sinergia entre as partes envolvidas propiciando o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias que atendessem o interesse de todos (Sabesp - TE, Consórcio Construtor - CCSL, Consórcio Supervisor – CCV e Controle de Qualidade – Concremat) sem causar desconforto e permitindo uma boa qualidade do produto final. A mitigação de problemas, também foi um fator preponderante, colaborando para que os estudos fossem realizados com base técnica, reproduzível e registrada, para que possa ser usada no futuro, como guia para solução de problemas semelhantes.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. NTS 034 - Soldagem
2. NTS 036 - Qualificação de materiais para revestimento
3. AWWA C 200 – Steel Water Pipe
4. AWWA C 222 – Poliurethane Coatings for the Interior and Exterior Coat in Water Supply
5. API 5L – Specification for Line Pipe
6. API 1104 – Standard for Welding Pipelines and Related Facilities