

Copyright 2012, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2012, em Salvador/BA no mês de maio de 2012.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

## **Automação nas Instalações de Mantas Termocontráteis em Juntas de Campo de Tubulações de Aço**

Andre Luis Lemuchi<sup>a</sup>, Carl Christian Gudme<sup>b</sup>

### **Abstract**

In the last decades, three layer polyethylene (3LPE) and three layer polypropylene (3LPP) coating systems have been more widely used to protect buried and submerged pipelines for the transmission and distribution of oil and gas, ethanol, chemical products, slurry from the mining industry and water. For the field joints of these pipelines, heat shrinkable sleeve (HSS) systems have been developed and improved along the years to a point that these field joint coating systems nowadays present performance similar to the plant applied parent coating of the pipes. Currently, some of the heat shrinkable sleeves systems fully comply with the requirements from the pipeline owners' specifications and international norms for the parent coating. That being achieved, the research and development centers from the main HSS manufacturers started focusing on improving the processes and related equipment in order to achieve the automation of the different steps of the field installation. It generates better controlled installations of the field applied anticorrosion coating to the girth welds, almost replicating the conditions found in plant environments. Thus, guaranteeing quality and repeatability, still improving productivity in most of the cases. The industry has developed, and already made it commercially available, several equipment for the automated installation of epoxy primers, for the field joint pre-heating by using ovens that apply different technologies, to longitudinally weld the sleeves in order to form tubes instead of using the traditional closure seals and, most recently, a breakthrough technology allowing the development of an equipment that automatically shrink the sleeves and complete the installation by evenly distributing the exact amount of energy needed across the coating area, obtaining perfect adhesion to the substrate over the entire joint. It allows a process with virtually no margin for failures due to non-homogeneous heating, air pockets entrapment under the adhesive or sleeves backing burning/degradation. This paper describes some of the equipment mentioned above as well as the installation processes and practical applications. It also lists the technical and commercial advantages resulted from these improvements.

**Keywords:** Heat shrinkable, coatings, anticorrosive, pipelines, field joints, girth welds, automation.

### **Resumo**

Nas últimas décadas, com o predomínio do uso de revestimentos tripla camada de polietileno (3LPE) e de polipropileno (3LPP) em dutos enterrados e submersos para transporte de petróleo & gás, etanol, produtos químicos, minérios em suspensão e água, foram desenvolvidos sistemas de mantas termocontráteis para o revestimento das juntas de campo soldadas com desempenhos similares aos dos revestimentos poliolefinicos aplicados em planta. Atualmente, alguns sistemas de mantas atendem completamente aos requerimentos das

<sup>a</sup>Engenheiro, Gerente de Suporte Técnico - Canusa-CPS, A ShawCor Company

<sup>b</sup>Engenheiro, Gerente Comercial - Canusa-CPS, A ShawCor Company

normas internacionais e especificações das principais concessionárias para os revestimentos aplicados aos tubos (1). Com este feito, os esforços de pesquisa e desenvolvimento da indústria de mantas termocontráteis passaram a ser concentrados na melhoria de equipamentos e processos, logrando-se a automação das diversas etapas da instalação em campo. Com isso, podem-se controlar os parâmetros do processo executado em campo de maneira similar ao que se consegue em ambientes de fábrica, garantindo a qualidade e reprodutibilidade do processo, além de melhorar a produtividade. Foram desenvolvidos e já se encontram comercialmente disponíveis, diversos equipamentos para a instalação automatizada de primers epóxis, para o pré-aquecimento das juntas com fornos que empregam diferentes tecnologias, para soldar longitudinalmente as mantas sem a necessidade de aplicação manual de um selo de fechamento e, mais recentemente, para contrair e completar a instalação das mantas fornecendo quantidade exata de energia, distribuída de maneira a obter-se perfeita aderência ao substrato em toda a área revestida, sem margem para falhas devido a aquecimento não homogêneo ou aprisionamento de bolhas de ar sob o adesivo. Este trabalho descreve os equipamentos citados acima bem como os processos de instalação e aplicações práticas, além de listar suas vantagens técnicas e comerciais.

**Palavras-chave:** Termocontráteis, revestimento, anticorrosivo, dutos, juntas de campo, automatização.

## **Introdução**

---

As diversas etapas dos processos de instalação de sistemas de mantas termocontráteis para a proteção anticorrosiva de juntas de campo soldadas em dutos enterrados ou submersos estão sendo progressivamente automatizadas, diminuindo a dependência da habilidade e destreza dos instaladores, de maneira a se eliminarem os riscos de aplicações deficientes que possam comprometer a integridade dos dutos. Além disto, a automação do processo também contribui para melhorar a segurança na execução dos trabalhos, gerar menos resíduos sólidos e minimizar os tempos de instalações. Isto resulta em considerável economia e melhores resultados em termos de qualidade.

A sequência do trabalho descreve as principais tecnologias e equipamentos implementados pela indústria para obter a automação das diversas etapas nas instalações. Finalmente, para cada processo, lista suas vantagens práticas e o histórico de sucesso em projetos de dutos.

### **Processo de preaquecimento de juntas de campo utilizando equipamentos de indução**

Sistemas de mantas termocontráteis de polipropileno necessitam de altas temperaturas de preaquecimento da superfície das juntas de campo, geralmente superiores a 175°C, para que seus adesivos se fundam e cheguem a uma viscosidade suficientemente baixa para molhar efetivamente a superfície, preencher o perfil de ancoragem do substrato e resultar em uma aderência satisfatória.

A necessidade de se fornecer um preaquecimento nessa faixa de temperatura, de maneira homogênea ao longo da junta de campo, além das características inerentes da camada externa dos revestimentos de planta de polipropileno que não permitem a incidência de chama direta de maçaricos ou sobreaquecimento sem que haja risco de deterioração da superfície, geração de cera na superfície (“*waxing*”) e conseqüentemente falha de aderência à superfície do

revestimento de planta, são fatores que demandam o emprego de aquecimento indireto tipo indutivo. Além disto, os primers epóxis desenvolvidos para os sistemas tripla camada de mantas podem perder suas propriedades quando aquecidos através da incidência de chama direta para obter-se tais temperaturas. Esta degradação da película do primer compromete a iteração química com o adesivo da manta resultando em uma aderência insatisfatória entre as camadas.

Mais recentemente, sistemas de mantas termocontráteis de polietileno, desenvolvidos de forma a atenderem as especificações e normas internacionais para revestimento de polietileno tripla camada aplicado em planta como a DIN 30670 (2), a CSA Z245-21-06 (3) e mais recentemente a ISO 21809-1 (4), também apresentam adesivos que fundem à altas temperaturas, superiores a 130°C, sendo recomendável o uso de fornos de indução para o preaquecimento adequado e homogêneo, principalmente quando os diâmetros envolvidos são superiores a 300 mm (12”).

Devido às razões acima expostas, os equipamentos de aquecimento indutivo vêm sendo amplamente utilizados, além de garantirem a reprodutibilidade do processo, o controle de qualidade das aplicações e a rapidez nas etapas de aquecimento e resfriamento. Isto porque, trabalhando-se com equipamentos indutivos de alta frequência, beneficiasse do denominado “*skin effect*”, ou seja, do aquecimento superficial da parede de aço do tubo, o que possibilita um esfriamento mais rápido, quer seja natural ou forçado, nos processos de “*water quenching*” muito comuns em projetos de instalação de dutos submarinos para que se permita a passagem das juntas revestidas pelos roletes em tempo reduzido, aumentando a produtividade.

Para aplicações de sistemas de mantas termocontráteis, equipamentos operando com geradores que fornecem entre 120 e 350 kVA são geralmente utilizados, sendo os mais potentes empregados em condições extremas e quando existe a necessidade de diminuição dos ciclos de instalações em projetos “*offshore*”.

Os equipamentos mais utilizados apresentam as espiras das bobinas de indução montadas em quadros articulados do tipo “*clamp shell*” com contatos robustos para que sejam içadas e baixadas sobre a junta fácil e rapidamente, apresentando durabilidade mesmo com o uso contínuo a que se destinam nas linhas de produção (Figura 1).



Figura 1. Equipamento de aquecimento indutivo. Geradores, painéis e bobinas.

As principais vantagens de se preaquecer as juntas com equipamentos indutivos, ao invés de se utilizarem os tradicionais maçaricos de propano ou GLP, são as seguintes:

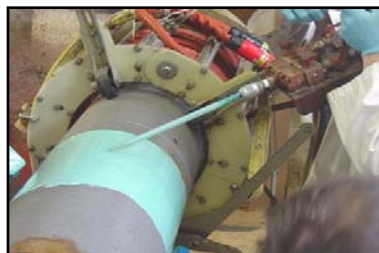
- Aquecimento do metal através da geração de um campo eletromagnético sem nenhum contato físico com a superfície;

- Nenhuma possibilidade de contaminação do substrato durante o aquecimento;
- Distribuição de calor controlada, uniforme e similar em todas as juntas ao longo do projeto;
- Redução do tempo de instalação;
- Redução do tempo de esfriamento depois de completada a instalação quando utilizados equipamentos de alta frequência que permitem o chamado “*skin efect*”;
- Possibilidade de aplicação de sistemas de revestimento que necessitem de altas temperaturas de preaquecimento, como no caso dos sistemas de mantas de polipropileno;
- Extensiva lista de projetos completados utilizando este tipo de aquecimento, incluindo projetos “*offshore*” e “*onshore*” com as mais variadas características.

### Processo de aplicação de primer epóxi com sistema automático de dosagem e mistura dos componentes

A etapa seguinte do processo de instalação dos sistemas tripla camada de mantas, após o preaquecimento das juntas para eliminação de umidade condensada, consiste da aplicação de um primer epóxi bicomponente com 100% de sólidos por volume que é posteriormente curado com aquecimento.

Os componentes do epóxi, tradicionalmente, são fracionados a partir de galões ou latas de 19 litros e então misturados manualmente, espargidos sobre a junta de campo e aplicados sobre todo o “*cutback*” de aço exposto obtendo-se uma faixa de espessuras determinada para o projeto. Objetivando minimizar erros de fracionamento e mistura e oferecer praticidade para o trabalho em campo, volumes adequados dos dois componentes passaram também a ser envasados em uma mesma embalagem plástica e separados por um grampo que é removido imediatamente antes da mistura dos componentes. Cada embalagem plástica contém quantidade suficiente para revestir uma única junta já que o tempo de vida útil da mistura (“*pot life*”) é reduzido.



**Figura 2. Equipamento para fracionamento, mistura e espargimento do primer epóxi**

Mais recentemente, equipamentos que dispensam quantidades exatas dos componentes do epóxi calculadas para cada junta como o ilustrado na **Figura 2**, misturam os componentes e espargem a mistura sobre a junta, foram desenvolvidos com o objetivo de anularem quaisquer riscos relacionados a erros de fracionamento ou de mistura insuficiente, que resultariam em um processo incompleto de cura do primer comprometendo a qualidade do revestimento.

Estes equipamentos bombeiam as quantidades programadas dos componentes do epóxi desde seus recipientes “*bulk*”, sendo que a resina, componente mais denso e viscoso, é geralmente preaquecida para permitir fácil transferência e eficiência na mistura.

O equipamento é adequado a operações estacionárias de revestimento, como no caso de aplicações em balsas de lançamento de dutos ou em “*Spool Bases*”, mas também pode ser adaptado para construções de dutos terrestres (“*onshore*”).

As vantagens no uso deste tipo de equipamento são as seguintes:

- Redução das etapas manuais no procedimento de instalação;
- Redução do tempo necessário para fracionamento, transferência e mistura dos componentes;
- Para cada junta de campo são dispensados volumes precisos dos componentes garantindo a correta razão de mistura em todas as aplicações;
- Perfeita mistura dos componentes garantindo uniformidade na película de epóxi aplicada;
- Diminui consideravelmente a quantidade de resíduos gerados no processo;
- Equipamento simples e robusto com mínimos requerimentos de manutenção.

### **Processo automatizado de soldagem longitudinal de mantas termocontráteis**

Devido à necessidade de cumprir com as especificações técnicas de alguns clientes para o revestimento de juntas de campo de tubulações lançadas em águas profundas em que os revestimentos envolvidos necessitavam apresentar altas espessuras, entre 6 e 8 mm (5), desenvolveu-se um equipamento para soldagem longitudinal das mantas termocontráteis (6) para substituir, nesses casos, os tradicionais selos de fechamento ou mata-juntas que não apresentariam resistência suficiente para suportar a força de contração das mantas espessas.

Posteriormente, esse equipamento também passou a ser considerado para projetos “*offshore*” em que mantas com espessuras regulares (de até 4 mm) são aplicadas, com o objetivo de reduzir o ciclo de instalação das mantas. Isto porque o processo de soldagem pode ser efetuado ao lado da junta, sobre o tubo, concomitantemente à aplicação do primer epóxi no “*cutback*” de aço. A utilização deste processo resulta em uma economia de tempo de 30 a 45 segundos que seriam necessários para a centralização da manta, a sobreposição adequada entre os extremos e a aplicação do selo de fechamento que ocorre no processo tradicional.

A indústria de mantas termocontráteis que já utilizava soldagem de polietileno reticulado em planta para fabricar produtos tubulares adaptou o processo para desenvolver um equipamento com função similar, porém mais simples, robusto e portátil para fácil utilização em linhas de produção de balsas de lançamento de dutos. O processo consiste basicamente em se utilizar uma lâmina metálica especial, muito delgada, que é aquecida à alta temperatura e inserida entre os extremos da manta transferindo energia térmica para fundi-los. Na sequência, a lâmina é removida e os extremos da manta são submetidos à alta pressão durante o resfriamento completando a soldagem.

O procedimento é iniciado pressionando-se os extremos da manta, um contra o outro, de maneira a obter-se uma forma aproximadamente tubular em torno do tubo de aço. Estas extremidades são inseridas através de aberturas existentes em ambos os lados da máquina até que encontrem com chapas limitadoras, sendo então presos na posição exata de soldagem através de barras acionadas pneumaticamente. Durante o processo de soldagem, as superfícies superpostas de polipropileno reticulado são sujeitas a aquecimento e pressão intensos para fundi-las e formar-se uma solda permanente de aproximadamente 10 mm de largura ao longo

da manta. Ainda presa na máquina e com a área de solda mantida sob alta pressão, a manta tubular é resfriada completando-se o processo. Logo após, os controles pneumáticos liberam automaticamente as barras e a manta tubular pode ser removida do equipamento para ser deslocada até a junta de campo e contraída (Figura 3).



Figura 3. A. Equipamento de soldagem automática posicionado sobre o tubo do projeto GSNC Profundo & P-62; B. Execução da soldagem de uma manta de polipropileno; C. Manta soldada longitudinalmente pronta para a instalação.

O equipamento de soldagem automática de mantas já foi utilizado em diversos projetos, entre eles o projeto Medgaz (4) e o projeto Petrobras GSNC Profundo & P-62, permitindo uma redução considerável no ciclo de instalação.

As vantagens principais no uso deste equipamento são as seguintes:

- Permite a utilização de mantas tubulares sem necessitar inseri-las na linha antes do processo de soldagem dos tubos;
- Reduz os ciclos de instalação em até 15% já que as mantas são transformadas em tubos ao mesmo tempo em que se preaquece e instala o primer;
- Garantia de que a folga entre as mantas e o tubo é sempre a mesma;
- Reduz a espessura na área de sobreposição entre os extremos da manta;
- Reduz o tempo de contração da manta por conferir espessura uniforme ao redor da circunferência;
- Permite a instalação de sistemas de mantas com até 8 mm de espessura;
- Equipamento portátil, robusto e de simples manutenção;
- Não necessita de fonte especial de alimentação. Trabalha com alimentação de 240 V, 50 A, 50-60 Hz e ar comprimido com 6,2 Bar (90 psi). A **Tabela 1** mostra as principais características dos equipamentos utilizados para soldar mantas de polipropileno com 680 mm de largura no projeto Petrobras Gasoduto Sul Norte Capixaba Profundo & P-62.

**Tabela 1 – Características técnicas dos equipamentos de solda automática de mantas termocontráteis utilizados no projeto Petrobras GSNC Profundo & P-62**

Propriedade	Especificação
Peso	275 Kg
Comprimento	1524 mm
Largura	508 mm
Altura	813 mm
Pressão na linha principal	6,2 Bar (90 psi)
Pressão utilizada durante o ciclo de aquecimento	2,8 Bar (40 psi)
Potência	12 kVA (fase simples)
Voltagem	240 V
Corrente	50 A
Frequência	50-60 Hz
Compatível com mantas de largura até	680 mm

### Preaquecimento dos materiais de revestimento

Outro processo que auxilia na redução dos tempos de instalação dos sistemas de mantas termocontráteis em aplicações “*offshore*” é o condicionamento dos materiais em estufas que são mantidas ao lado das linhas de produção em balsas de lançamento de dutos.

Embalagens especiais contendo quantidades exatas dos componentes do primer epóxi, conforme descrito no item 2 deste trabalho, têm seu conteúdo rapidamente climatizado em estufas para permitir uma fácil mistura, eliminar a necessidade de preaquecimento da superfície (possível dependendo do processo de construção) e facilitar a aplicação de forma a obter-se uma espessura homogênea em toda a superfície.

As mantas também podem ser climatizadas nas estufas para se tornarem mais maleáveis, facilitando o manuseio e diminuindo o tempo de contração (Figura 4). Este artifício é mais utilizado em casos com condições climáticas adversas ou quando as mantas utilizadas são de polipropileno reticulado, intrinsecamente menos maleável que o polietileno.



**Figura 4. Estufa de pré-aquecimento dos materiais de revestimento de juntas de campo.**

Os principais benefícios resultantes do uso dos fornos de condicionamento são os seguintes:

- Condicionamento das mantas termocontráteis:

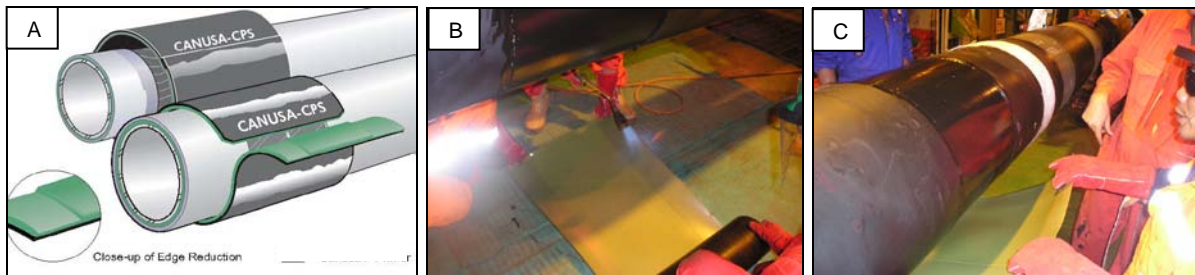
- Aumenta a flexibilidade e facilita o manuseio das mantas para instalações em locais com baixa temperatura ambiente ou no caso de se utilizar mantas com espessuras superiores a 3 mm;
- Reduz consideravelmente o tempo de instalação (em até 40%).

Condicionalamento do primer epóxi:

- Facilita a mistura e aplicação do epóxi;
- Reduz o tempo de instalação;
- Pode eliminar a etapa de preaquecimento da junta em alguns casos (dependendo das outras etapas do processo de construção);
- Existe um vasto histórico de projetos em que os fornos de condicionamento foram utilizados com sucesso, incluindo os projetos Medgaz no Mediterrâneo (207 km de duto de 24” de diâmetro), Qatargas 3 & 4 no Catar (130 km de duto de 38” de diâmetro), Shell Pearl GTL no Catar (130 km de duto de 30” de diâmetro), PEMEX Xanab-1 - Yaxche-B no Golfo do México (16 km de duto de 20” de diâmetro) e Nord Stream no Báltico (2 dutos de 1.200 km com 48” de diâmetro).

### Mantas termocontráteis fabricadas com zonas de espessuras diferentes (Figura 5)

Outro avanço proporcionado pela indústria foi modificar-se o desenho das mantas termocontráteis de maneira a que estas apresentem diferentes espessuras em sua zona central, na região aplicada sobre o “*cutback*” de aço, e nas zonas laterais que são sobrepostas ao revestimento de planta (5). Desta forma, fabricam-se mantas com espessuras que atendam as mais rígidas especificações, podendo-se chegar a até 8 mm na zona central, porém mantendo uma espessura reduzida nas laterais onde não se necessita construir mais espessura, mantendo assim sua aplicabilidade.



**Figura 5. Mantas termocontráteis com redução de espessura nas laterais. A. Desenho esquemático das mantas. B. Mantas aplicadas no projeto Petrobras Uruguá-Mexilhão. C. Posicionamento das mantas de maneira que as laterais, com menos espessura, sobreponham ao revestimento de planta adjacente.**

Principalmente para mantas de polipropileno que são aplicadas em superfícies invariavelmente preaquecidas através de processos indutivos em que a parede do tubo de aço recebe energia e transfere calor por condução ao revestimento de planta adjacente, obtendo-se assim, na superfície do revestimento de 3LPP uma temperatura consideravelmente inferior à alcançada no “*cutback*” de aço, esta modificação nas espessuras é extremamente útil para que o aquecimento fornecido externamente à manta durante sua contração possa gerar um perfil de temperatura adequado através da espessura reduzida da manta para auxiliar efetivamente na fusão do adesivo e na redução de sua viscosidade possibilitando aderência adequada ao 3LPP.

Este desenho ainda auxilia consideravelmente na redução dos tempos de instalação de mantas de polipropileno (em até 20%), assim como reduz o risco de superaquecimento do revestimento de planta adjacente que poderia resultar em um indesejável descolamento entre suas camadas.



Apesar de ser uma inovação relativamente recente, já existe um histórico de projetos considerável, incluindo projetos da Petrobras no Brasil, conforme segue:

- Projeto Ormen Lange (linhas de MEG) – 14 km de duto de 6” de diâmetro
- Projeto Medgaz no Mediterrâneo – 207 km de duto de 24” de diâmetro
- Projeto Petrobras Urugua-Mexilhão – 180 km de duto de 18” de diâmetro
- Projeto Petrobras GSNC Profundo & P-62 – 95 km de 12,75” de diâmetro

### Processo de contração automática de mantas termocontráteis

A introdução ao mercado, no início de 2011, de um sistema de contração de mantas totalmente automatizado (7) foi a mais recente contribuição quanto à melhoria de processos de instalação em campo de revestimentos anticorrosivos para a indústria de dutos enterrados ou submersos.

O equipamento desenvolvido proporciona um ganho considerável em termos de qualidade, consistência e produtividade. Combinando essa nova tecnologia de processo de instalação aos sistemas de mantas termocontráteis que cumprem com os mesmos requerimentos de desempenho de sistemas de tripla camada de polietileno (3LPE) e polipropileno (3LPP) aplicados em planta (1), é possível obter-se um sistema de revestimento de juntas de campo equivalente aos aplicados em planta quanto ao desempenho e ao controle de qualidade.

O equipamento está disponível para a instalação de qualquer sistema de mantas termocontráteis do mesmo fabricante, com as mais diversas combinações de adesivos e filmes poliolefinicos e para grande faixa de diâmetros, permitindo que a concessionária / proprietária do duto tenha seu patrimônio completamente protegido contra a corrosão com revestimentos de desempenhos semelhantes aplicados ao longo de seu comprimento.

A **Tabela 2** mostra as principais características do equipamento quanto à alimentação e as configurações dos painéis, além das limitações atuais quanto aos diâmetros e às larguras das mantas que são compatíveis com o processo.

**Tabela 2 – Características técnicas do equipamento de aplicação automática de mantas termocontráteis**

Diâmetros dos dutos	4 a 60 polegadas
Largura das mantas compatíveis com o processo	Até 900 mm
Alimentação elétrica	Gerador padrão a diesel
Potência necessária	Variável de acordo com a faixa de diâmetros a revestir
Configuração do painel de aquecimento	Modular para rápido reparo / reposição quando necessário
Configuração dos controles	Controlador lógico programável (PLC) com tela de controle
Supervisão e manutenção	Fornecidos pelo fornecedor do sistema de revestimento

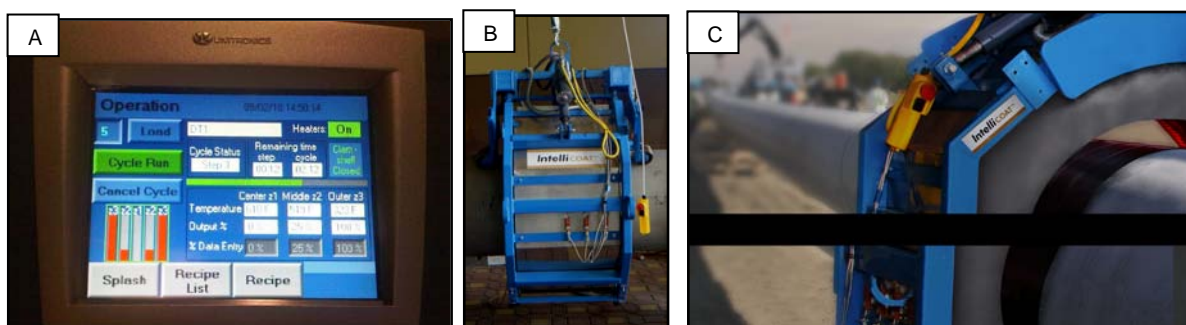
Este avanço tecnológico para a instalação de sistemas de mantas termocontráteis foi desenvolvido após anos de pesquisa e avaliação de potenciais tecnologias de aquecimento disponíveis no mercado, até que se chegasse ao desenvolvimento de um sistema de aquecimento e controle que atendesse à demanda de velocidade, precisão, segurança, robustez e facilidade de instalação em campo que o mercado exigia.

O desenvolvimento em laboratório foi iniciado em 2009 com várias gerações de protótipos do sistema sendo fabricados e testados. O desenho final, obtido no último trimestre de 2010, foi testado extensivamente em laboratório e todos os ajustes necessários aos algoritmos e à operação geral do equipamento implementados otimizando-se a qualidade, a consistência e a velocidade das instalações. Foram então conduzidos diversos programas de qualificação junto a importantes companhias do setor de Petróleo e Gás de maneira a atender suas normas e especificações para projetos, resultando em um curto período na utilização do sistema nos projetos listados a seguir:

- Projeto Qusahwira – Emirados Árabes – 80 km de duto de 14” de diâmetro revestido com mantas de polipropileno;
- Projeto Gazelle – Republica Tcheca – 80 km de 56” de diâmetro revestido com mantas de polietileno.

Atualmente, outros processos de qualificação relacionados a diversos projetos se encontram em andamento.

Os sistemas de controle do equipamento gerenciados em um painel PLC, conforme mostra a **Figura 6**, trabalham com um algoritmo programado de acordo com o tipo de manta, diâmetro, espessura e condições ambientais, permitindo que se crie uma receita de intensidade e tempo de aquecimento para cada zona de aquecimento, específica para cada projeto.



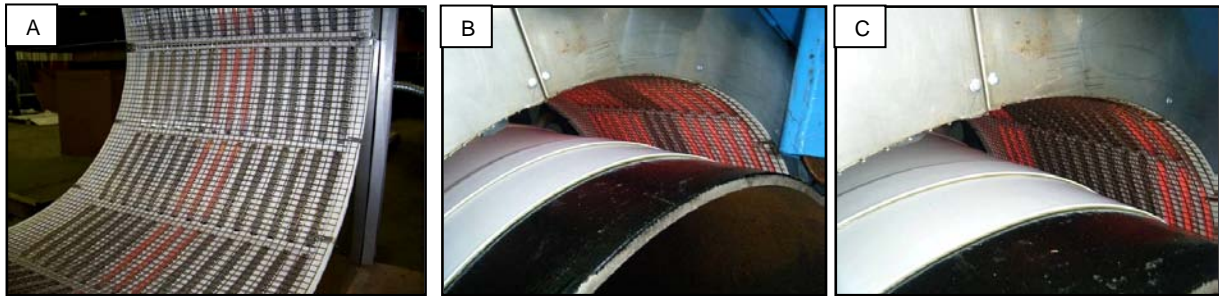
**Figura 6.** Equipamento de contração automática de mantas termocontráteis. A. Painel de controle do equipamento. B. Vista lateral do equipamento. C. Equipamento em operação em um duto terrestre.

A programação de controle do equipamento deve ser, obrigatoriamente, pré-qualificada conforme os parâmetros específicos do projeto antes da utilização em produção. Desta forma, pode-se garantir que todas as juntas serão aplicadas de maneira idêntica, recebendo a mesma sequência, intensidade de calor e tempo. A aplicação em cada junta do projeto é feita de maneira similar, independente do período do dia, não sofrendo as variações das condições ambientais, da possível fadiga dos instaladores, eventuais deficiências de treinamento e variações típicas de aquecimento com chama aberta existentes no processo tradicional.

Além disso, com o processo automatizado, o ciclo de instalação reduzido é o mesmo para todas as juntas do projeto, permitindo às empreiteiras um melhor planejamento devido à certeza de produtividade.

O equipamento apresenta ainda um quadro articulado tipo “clamshell” com bancos modulares de elementos de aquecimento comandados pelo painel de controle tipo PLC. O quadro articulado é posicionado sobre a manta termocontrátil que envolve a junta observando-se uma folga entre a mesma e o tubo e então o equipamento é acionado. O PLC ativa sequencialmente

os elementos de aquecimento, de acordo com a programação alimentada, proporcionando um aquecimento por zonas precisamente controlado para contrair a manta desde seu centro até os extremos, conforme sequência ilustrada pela **Figura 7**.



**Figura 7. Zonas de aquecimento do equipamento de contração automática de mantas termocontráteis. A. Zona central ativada. B. Zonas intermediárias e laterais ativadas C. Apenas as zonas laterais ativadas.**

As diversas zonas do quadro com múltiplos elementos de aquecimento por irradiação de infravermelho são acionadas de maneira que a junta receba aquecimento adequado em torno de toda a circunferência, com intensidades diferentes em cada elemento de acordo com seu posicionamento no quadro, controlando o processo de contração e eliminando o ar, resultando em uma instalação consistente e de alta qualidade em tempos reduzidos, que praticamente independem do diâmetro da tubulação.

A utilização dessa tecnologia também resulta em grandes vantagens quanto à segurança já que dispensa o uso de maçaricos de gás propano ou GLP, não utilizando chamas abertas em nenhuma etapa. Além disto, o equipamento praticamente não oferece perigo de lesões por queimaduras porque os elementos aquecem quase que instantaneamente e também se esfriam rapidamente. Permite ainda a redução na complexidade e frequência das inspeções de controle de qualidade já que o processo é controlado automaticamente e idêntico em todas as juntas.

Finalmente, o desenho robusto do equipamento acomoda os requerimentos de manuseio em terrenos acidentados ou em faixas de domínio em locais remotos. O desenho do quadro e a natureza modular dos elementos de aquecimento facilitam a manutenção em campo, possibilitando reparos ou substituições de peças de forma rápida e eficiente, minimizando os tempos de parada.

## **Conclusões**

A indústria de revestimentos anticorrosivos para juntas de campo de tubulações já vinha acompanhando os desenvolvimentos de revestimentos aplicados em planta para garantir que se disponibilizassem ao mercado sistemas de mantas termocontráteis que alcançassem desempenho similar aos de planta (1) com o objetivo de obter-se a mesma qualidade de proteção anticorrosiva em qualquer ponto do duto, porém, para garantir que estes sistemas de mantas fossem corretamente aplicados em campo necessitava-se controlar as instalações de maneira mais eficiente e limitar a dependência de fatores como variações climáticas, habilidade e destreza dos instaladores, uso de maçaricos passíveis de variações de intensidade de calor, etc. Para tanto, conforme explicitado neste trabalho, novas tecnologias aplicadas através de equipamentos que visam automatizar ao máximo o processo de instalação em campo vêm sendo aplicadas com sucesso e aprimoradas com a experiência adquirida nos

---

projetos executados, contribuindo para o desenvolvimento da indústria de proteção anticorrosiva de dutos de aço.

### **Referências bibliográficas**

---

- (1) KOEBSCH, A.; LEMUCHI A. L.; OLIVEIRA, R. R.; BUCHANAN, R.; Advantages of polypropylene based coatings for buried or submerged pipelines operating in aggressive environments. In: RIO PIPELINE 2011 CONFERENCE AND EXPOSITION. Anais, Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Petróleo, 2011, IBP1094\_11.
- (2) DIN 30670 - Polyethylene coatings of steel pipes and fittings; requirements and testing
- (3) CSA Z245-21-06 - Plant-applied external polyethylene coating for steel pipe
- (4) ISO 21809-1 - Petroleum and natural gas industries -- External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation systems -- Part 1: Polyolefin coatings (3-layer PE and 3-layer PP)
- (5) LEMUCHI A. L.; GUDME C. G.; BUCHANAN, R.; Engineered pipeline field joint coating solutions for demanding conditions. In: RIO PIPELINE 2009 CONFERENCE AND EXPOSITION. Anais, Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Petróleo, 2009, IBP1335\_09.
- (6) Manual de Operação e Manutenção Canusa-CPS Automated Sleeve Welder
- (7) Catálogos do Equipamento Intellicoat, Canusa-CPS