



**anp**  
Agência Nacional  
do Petróleo,  
Gás Natural e Biocombustíveis

## *Alerta de Segurança 012 - ANP/SSM*

### *Corrosão Sob Tensão por CO<sub>2</sub> (SCC-CO<sub>2</sub>)*

Esta Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente alerta a indústria de petróleo, gás e demais partes interessadas sobre a ocorrência de mecanismo de corrosão denominado corrosão sob tensão por CO<sub>2</sub> (*Stress Corrosion Cracking by CO<sub>2</sub> – SCC-CO<sub>2</sub>*).

### *O que ocorreu?*

Incidentes desta natureza ocorreram a partir de 2016 em dutos flexíveis de injeção de gás e produção, com elevados teores de CO<sub>2</sub>, a partir do segundo ano de operação, sendo que o equipamento possuía vida útil previamente estabelecida pelo fabricante de 20 anos.

### *Possíveis consequências*

A corrosão sob tensão por CO<sub>2</sub> pode causar a falha inesperada e catastrófica de um duto flexível, levando a perdas de produção e acidentes com consequências a pessoas, ao meio ambiente e ao patrimônio.

### *Causas identificadas*

Foram identificados três fatores como necessários para a ocorrência deste fenômeno: a existência de água por meio do alagamento do anular, a existência de tensão/deformação atuando no duto e a fugacidade do CO<sub>2</sub>. Assim, os teores de CO<sub>2</sub>, os níveis de tensão nos dutos e o material do duto devem ser considerados para determinar se há redução da vida útil dos dutos atingidos. Em relação a tensão nas armaduras da linha, foi identificada a existência de tensão residual e tensão de operação suficientes para ativar o mecanismo SCC. Além disso, o material dos arames da armadura de tração mostrou-se suscetível ao mecanismo de trincamento assistido pelo meio (nucleação e propagação), nas condições de operação do envelope de projeto (CO<sub>2</sub>, tensão e água) no tempo em que ficou exposto.

### *Lições aprendidas*

O Operador estabeleceu diversas medidas para mitigar a ocorrência do fenômeno SCC-CO<sub>2</sub> e reduzir as consequências em decorrência de falhas, as quais são apresentadas abaixo, aplicáveis somente a sistemas submarinos que utilizem dutos flexíveis com potencial ocorrência do fenômeno de SCC-CO<sub>2</sub>:

Capítulo 14 do SGSS: Investigação de Incidentes

**Aprofundamento da abrangência do SCC-CO<sub>2</sub> em suas instalações:** considerando o histórico operacional dos dutos (teor de CO<sub>2</sub>, temperatura, cargas, etc.), estabelecer um programa de aprofundamento da abrangência do fenômeno, com base na retirada de dutos alagados em operação para dissecações e investigação, bem como testes de materiais em laboratório em condições representativas dos dutos em operação, visando a identificação da envoltória de ocorrência do

fenômeno com base na avaliação de trincas e pites de corrosão e definição de um período de operação compatível com o SCC-CO<sub>2</sub> para cada tipo de duto. A partir destes resultados, dutos similares aos já dissecados (ex. mesmo material, teor de CO<sub>2</sub>, temperatura, cargas, etc.) podem ser avaliados quanto ao risco de operação. O operador implementou um programa de dissecação de dutos com potencial de ocorrência do fenômeno SCC-CO<sub>2</sub>, incluindo dutos de injeção de gás e produção. Destaca-se que a avaliação da vida útil dos tramos de topo tem mostrado valores de vida ao SCC-CO<sub>2</sub>, na condição alagada, sensivelmente superiores aos dos demais tramos. Isso se deve ao fato de que os *risers* de topo apresentam pressões de CO<sub>2</sub> menores no anular, em função do alívio na superfície, que permite a eliminação contínua de gases do anular do duto.

#### Capítulo 16 do SGSS: Análise de risco

**Estabelecimento de uma Gestão Centralizada de Riscos SCC-CO<sub>2</sub>:** em se tratando de um fenômeno ainda não totalmente dominado pela indústria, recomenda-se que avaliações de riscos sejam realizadas de forma periódica por especialistas dedicados à avaliação do fenômeno e de medidas de segurança adicionais às já implementadas, e que a gestão do atendimento às recomendações também seja centralizada.

**Estabelecimento de medidas para reduzir a consequência em caso de falha de dutos:** avaliar e implementar sistemas de intertravamento para detecção do evento de rompimento de dutos e o fechamento automático da válvula de *shutdown* (SDV) de superfície e da árvore de natal molhada (ANM), em dutos com potencial ocorrência do fenômeno. Realizar testes para confirmação do funcionamento das salvaguardas (ex. malha de controle, sistemas de atuação) dos poços e implementar sistemas que permitem identificação de vazamentos.

#### Capítulo 20 do SGSS: Projeto

**Estabelecimento de envelope de fugacidade:** para todos os materiais de alta resistência (1200 a 1500 MPa de UTS - *ultimate tensile strength*) pode existir um limiar de trincamentos entre 3 e 5 bar de CO<sub>2</sub>. Aços de menor resistência mecânica apresentam uma menor suscetibilidade ao SCC-CO<sub>2</sub>. Não foram identificados trincamentos em temperaturas de 25°C ou inferiores e não foi identificada suscetibilidade de trincamento nos dutos de produção de óleo como nos dutos de injeção de gás.

**Inclusão de capa de proteção e capa de abrasão sobre a capa externa nos *flowlines* de injeção de gás:** nos *risers* a serem fabricados, foi estabelecida como requisito de projeto a inclusão de capa dupla (capa externa e capa de abrasão) ou capa dupla e proteção mecânica entre capa externa e capa de abrasão.

**Inclusão de conectores que maximizem a estanqueidade para as linhas a serem fabricadas:** houve ajuste no projeto para reduzir o número de pórticos, vedações tipo “plug” foram substituídas para “autoclave” e facilidades para teste foram incorporadas.

#### Capítulo 21 do SGSS: Fabricação e Instalação

Estabelecimento de procedimento de inspeção e emissão de relatório para identificar qualquer dano de capa que tenha ocorrido durante o carregamento e/ou instalação.

Estabelecimento de procedimentos de instalação para incluir ações que priorizem a manutenção da integridade da capa externa caso identificado dano.

Estabelecimento de recomendação de reparo de danos com a execução de teste de integridade do anular, anterior à instalação do duto.

Desenvolvimento por fabricante de soluções que minimizem a permeação de CO<sub>2</sub> para o anular do duto com barreira de pressão em compósito (*hybrid flexible pipe* - HFP) ou solução de barreira de permeação metálica (em fitas). Assim como materiais com aços resistentes a corrosão e métodos para minimizar e controlar as tensões residuais de fabricação.

#### Capítulo 23 do SGSS: Gerenciamento da Integridade

**Estabelecimento de um programa de gerenciamento de integridade específico para os dutos com potencial ocorrência do fenômeno:** qualificar e contratar ferramentas para inspeção de alagamento de dutos para substituição de dutos/tramos alagados que estejam dentro da envoltória de ocorrência do fenômeno e antes do período de operação segura do duto, determinado a partir das dissecações, testes em laboratório e metodologias para estimar o tempo de vida SCC-CO<sub>2</sub>. Intensificar as inspeções visuais nos dutos visando determinar torções ou outras avarias aparentes, que possam ser indicativos de comprometimento da integridade estrutural.

**Adequação das inspeções para identificar qualquer dano de capa e torção:** para os dutos já instalados e com potencial ocorrência do fenômeno, realizar inspeções com tomadas especiais de imagens para identificar possíveis danos e encaminhar ações em caso de identificação de danos.

#### Capítulo 26 do SGSS: Descomissionamento e Desativação

Estabelecimento de um critério específico para determinar o prazo limite de recolhimento do duto, pois pode ocorrer falha na fase de hibernação após fim da vida útil do duto sujeito ao SCC-CO<sub>2</sub>.

### **Contato**

Para informações adicionais sobre esse Alerta de Segurança, entrar em contato com a Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente da ANP através do e-mail [incidentes@anp.gov.br](mailto:incidentes@anp.gov.br).