

Tema: Corrosão

AVALIAÇÃO DE DANOS POR H₂S EM TUBULAÇÕES DE AÇO CARBONO API 5L GRB E API 5LX 42 DE LINHAS DE GÁS*

Pedro Netto da Silva¹
Orlandemberg Pereira Silva²
Angélica Dias Salvador³
Ed Richard Inacio Toniolo⁴

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a necessidade de substituição das linhas de gás entre a torre de MEA e a entrada no *header* de distribuição para os vasos *Scrubbers* em uma plataforma com trinta anos de operação, dado o seu histórico de produção de H₂S. Verificou-se a existência de danos possivelmente causados por este contaminante nas tubulações de aço-carbono API GrB e API 5LX 42 pela análise da junta soldada entre flange e tubo, região onde frequentemente ocorrem as falhas na presença de H₂S. Observou-se na ZF e nas ZTA a presença de micro-inclusões, as quais foram submetidas à análise química qualitativa por espectrometria dispersiva de raios-X e concluiu-se que eram provenientes do revestimento do eletrodo utilizado no processo de soldagem e da fabricação do aço. Como não foi constatada a presença de trincas ao longo da junta, determinou-se não ser recomendada a substituição de linhas que operam em condições semelhantes.

Palavras-chave: Avaliação de danos; Linhas de gás; Soldagem; H₂S

ANALYSIS OF DAMAGE BY H₂S IN API 5L GRB E API 5LX 42 CARBON STEEL PIPES OF GAS PIPELINES

Abstract

In order to evaluate the need for replacing the gas pipelines after the MEA column on a thirty years old platform based on its history of H₂S production, the present work was developed to investigate evidences of damage possibly caused by this contaminant in API GrB and API 5LX 42 carbon steel pipes, specially the welded joint between flange and pipe, which is the region where failures often occur in the presence of H₂S. Once it has not been detected the presence of cracks along the joint, it was determined that it is not necessary to replace other pipelines that operate in similar conditions.

Keywords: Analysis of damage; Gas pipelines; Welding; H₂S

¹ Eng. Metalurgista, Mestrando em Engenharia Civil, Integridade Estrutural Aplicada à Indústria de Petróleo e Gás, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; pedro_ntts@yahoo.com.br.

² Eng. Químico, MSc, Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais, LAMAV, UENF, Engenheiro de Petróleo Pleno/Especialista, UO-BC/IPP/TEPAC, Petrobras, Macaé, RJ, Brasil; orlandemberg@petrobras.com.br

³ Engenheira de Produção, Técnica de Inspeção de Equipamentos Senior, UO-BC/IPP/TEPAC, Petrobras, Macaé, RJ, Brasil; angelicadias@petrobras.com.br.

⁴ Engenheiro Metalurgista, Engenheiro de Equipamentos HAB II, UO-BC/IPP/TEPAC, Stefanini Solutions, Macaé, RJ, Brasil; ed.toniolo.stefanini@petrobras.com.br.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Durante o refino dos produtos derivados do petróleo, realizam-se tratamentos para a remoção de compostos de enxofre que reduzem a qualidade do produto, dentre eles, o H₂S. Para a remoção deste composto, o gás pode ser tratado através da passagem por uma coluna de absorção que utiliza como solvente uma solução monoetaloamina (MEA) [1]. Posteriormente, este gás é escoado por uma tubulação até o *header* de distribuição para os vasos *Scrubbers*. Para o projeto desta tubulação, de acordo com a ISO 15156-2, os aços-carbono API 5L GRB e API 5LX 42 podem ser especificados. Porém, caso a concentração de H₂S seja maior que a adequada, estes materiais podem sofrer fragilização devido à absorção de hidrogênio. Este elemento, em contato com a superfície do material, pode facilmente se difundir na rede cristalina e concentrar-se em lacunas, contornos de grão, interfaces de inclusões etc. [2,3] Nestes sítios, os átomos de hidrogênio podem se combinar, formando H₂, gerando elevadas tensões internas que levam à formação de trincas.

Assim, este trabalho tem como intuito, através da investigação e análise microestrutural do material em regiões críticas da tubulação, verificar a integridade desta e a existência ou não da necessidade de ser realizada sua substituição a fim de se evitar a ocorrência de falhas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando-se que as regiões de maior risco de ocorrência de falhas são aquelas próximas ao cordão de solda, para a análise foram selecionadas amostras das zonas termicamente afetadas (ZTA) do tubo e do flange, e da zona fundida (ZF). As composições químicas dos aços API 5L GRB (tubo) e do aço API 5LX 42 (flange) são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Composição química do API 5L GRB (tubo).

Elemento	C	Si	Cr	Mn	P	S	Mo	Ni
(% em peso)	0,19	0,23	0,05	0,91	0,009	0,01	0,03	0,02

Tabela 2. Composição química do aço API 5LX 42 (flange).

Elemento	C	Si	Cr	Mn	P	S	Mo	Ni
(% em peso)	0,22	0,25	0,08	0,82	0,009	0,01	0,06	0,13

A fim de revelar a microestrutura presente nessas regiões, as amostras foram submetidas à preparação metalográfica convencional por lixamento, polimento e ataque químico, para a qual utilizou-se uma solução de nital 2% [4].

Após a preparação metalográfica, o material teve sua microestrutura observada por microscopia ótica e por microscopia eletrônica de varredura (MEV), e posteriormente foi submetido à análise química qualitativa por espectrometria de energia dispersiva de raios-X (*energy dispersive X-ray spectroscopy* – EDS ou EDX) a fim de se identificar a composição química de algumas estruturas observadas.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da observação microestrutural e da subsequente análise química são apresentados a seguir.

A Figura 1 mostra a microestrutura de uma região da ZTA do tubo mais afastada do cordão de solda, enquanto na Figura 2 pode ser observada a microestrutura da ZTA do tubo nas proximidades da ZF.

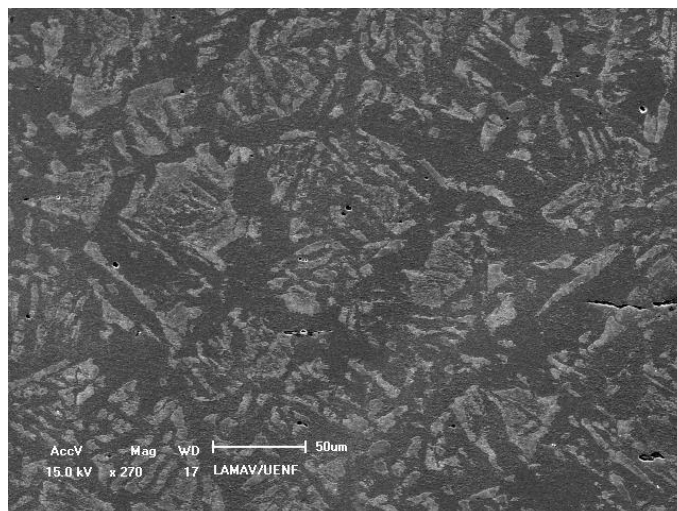


Figura 1. Microestrutura presente na região entre metal base e ZTA do tubo. (MEV)

A Figura 1 evidencia a presença de ferrita pró-eutetóide e perlita na microestrutura na região da ZTA mais próxima ao metal base. A Figura 2 mostra que a microestrutura na região da ZTA mais próxima ao cordão de solda sofreu maiores alterações devido ao calor, o que é evidenciado principalmente pela morfologia dos grãos. Nesta região, além da ferrita e da perlita, é possível ainda identificar a presença de ferrita acicular [5].

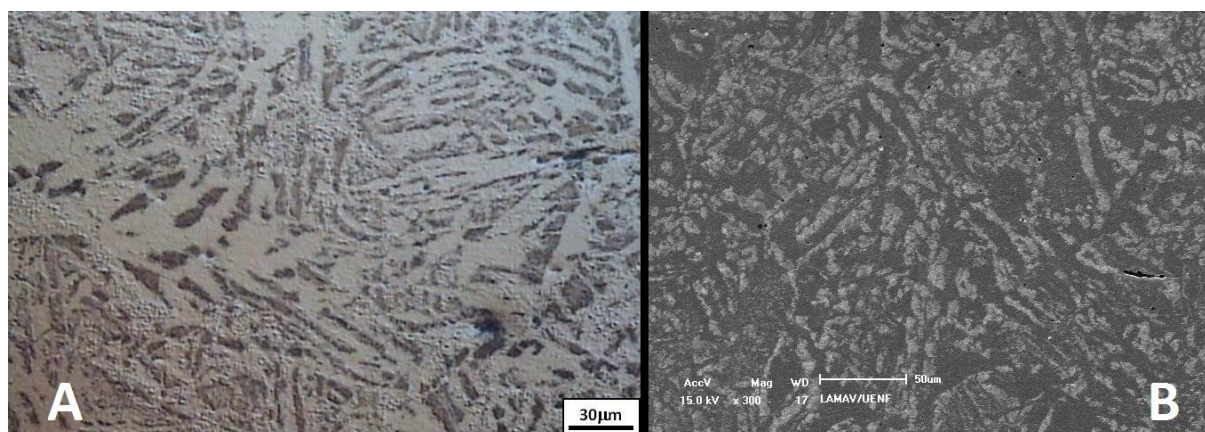


Figura 2. Microestrutura da ZTA do tubo nas proximidades da ZF observadas por microscopia ótica em aumento de 200x (A) e microscopia eletrônica de varredura (B).

A microestrutura da ZTA do flange apresentou-se diferente daquela observada do lado do tubo. A Figura 3 revela a presença de ferrita e, principalmente, de perlita na microestrutura desta região (A e B). Além disso, são observadas estruturas com morfologia alongada tanto no interior quanto nos contornos de grão (C e D), possivelmente ferrita acicular e bainita, típicas de resfriamento rápido.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

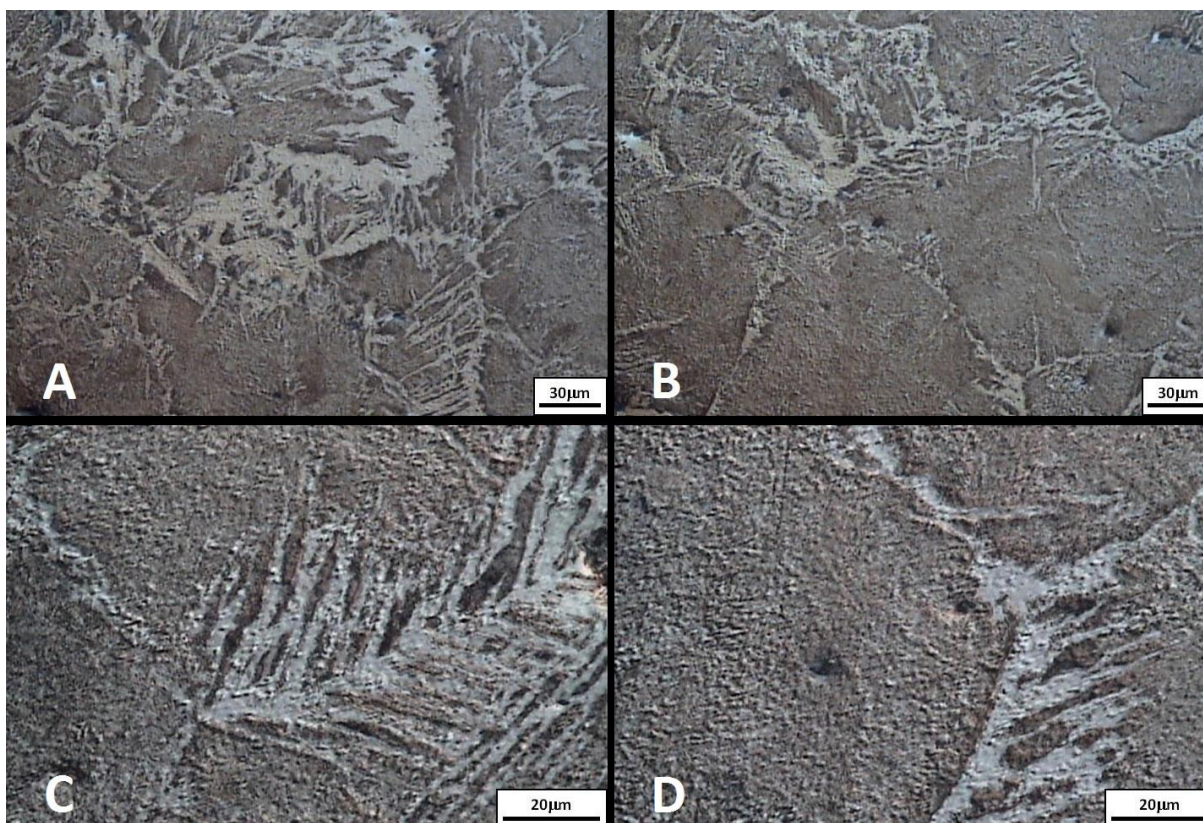


Figura 3. Microestrutura da ZTA do flange observada por microscopia ótica. Aumentos de 200x (A, B) e 500x (C, D)

Através da microscopia eletrônica de varredura foi possível observar a presença de micro-inclusões na microestrutura das diferentes regiões da junta soldada. Essas estruturas puderam ser identificadas pela composição química (obtida através da análise química pontual qualitativa, por EDS) e consultando-se a literatura.

A Figura 4 mostra a presença de micro-inclusões na ZTA do flange, em região mais próxima ao metal base, e as Figuras 5 e 6 mostram os resultados da análise química pontual realizada sobre essas micro-inclusões.

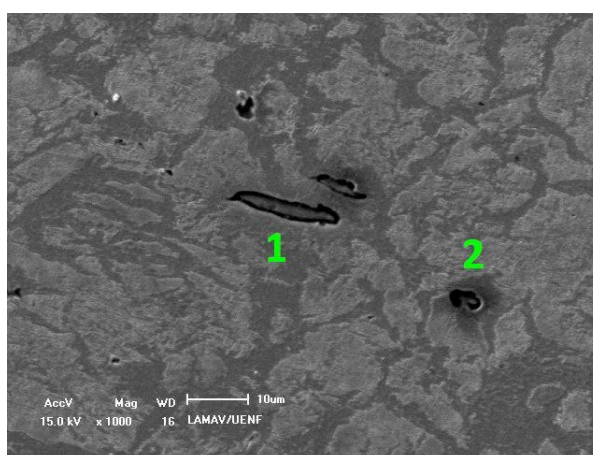


Figura 4. Micro-inclusões presentes na ZTA do flange. (MEV)

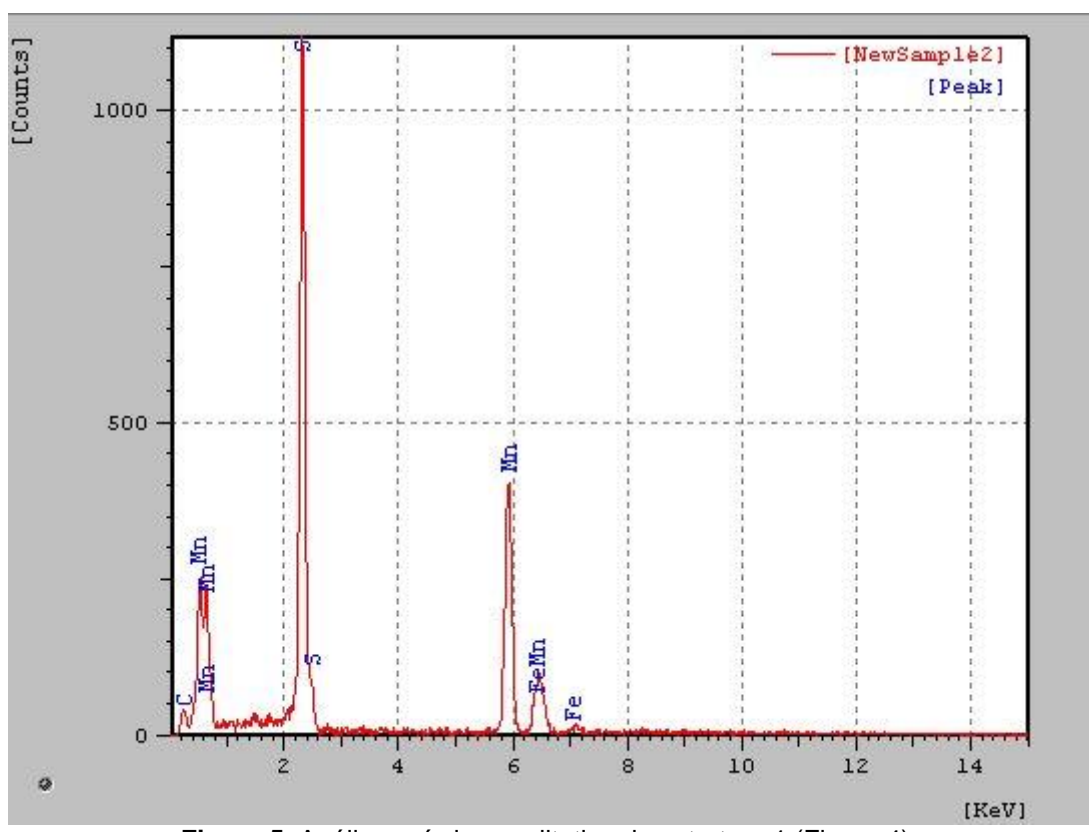


Figura 5. Análise química qualitativa da estrutura 1 (Figura 4).

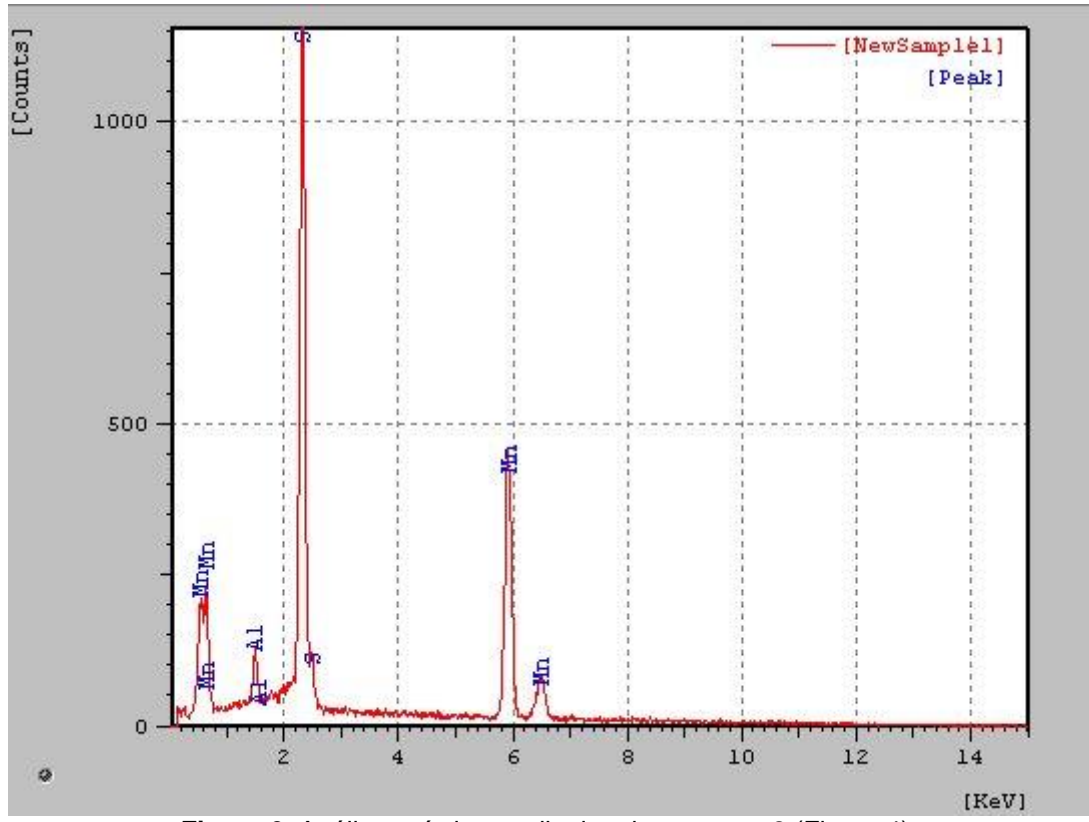


Figura 6. Análise química qualitativa da estrutura 2 (Figura 4).

A partir dessa análise, conclui-se que as partículas observadas na

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

microestrutura da ZTA do flange decorrem do processo de fabricação do aço. O manganês é um elemento comumente adicionado durante o processo de fabricação para combinar-se com o enxofre, formando sulfeto de manganês (MnS), a fim de evitar a fragilização causada por este elemento. O enxofre, por sua vez, provém da matéria-prima utilizada para a fabricação do aço [6].

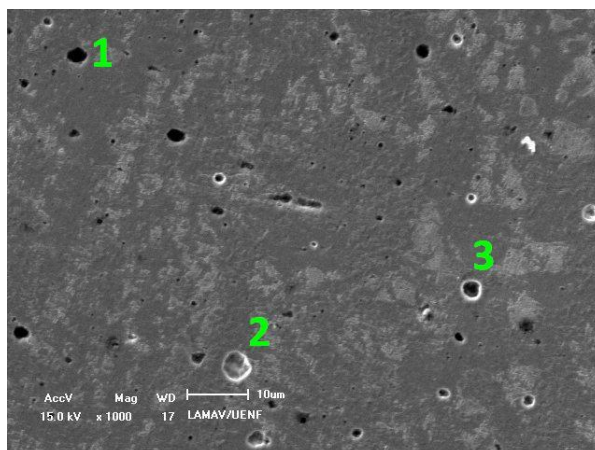


Figura 7. Micro-inclusões presentes na ZF da junta soldada. (MEV)

Na Figura 7 observa-se a microestrutura da ZF apresentando uma grande dispersão de partículas esféricas e muito distintas. Essas estruturas também foram analisadas quimicamente e os resultados são apresentados nas Figuras 8, 9 e 10.

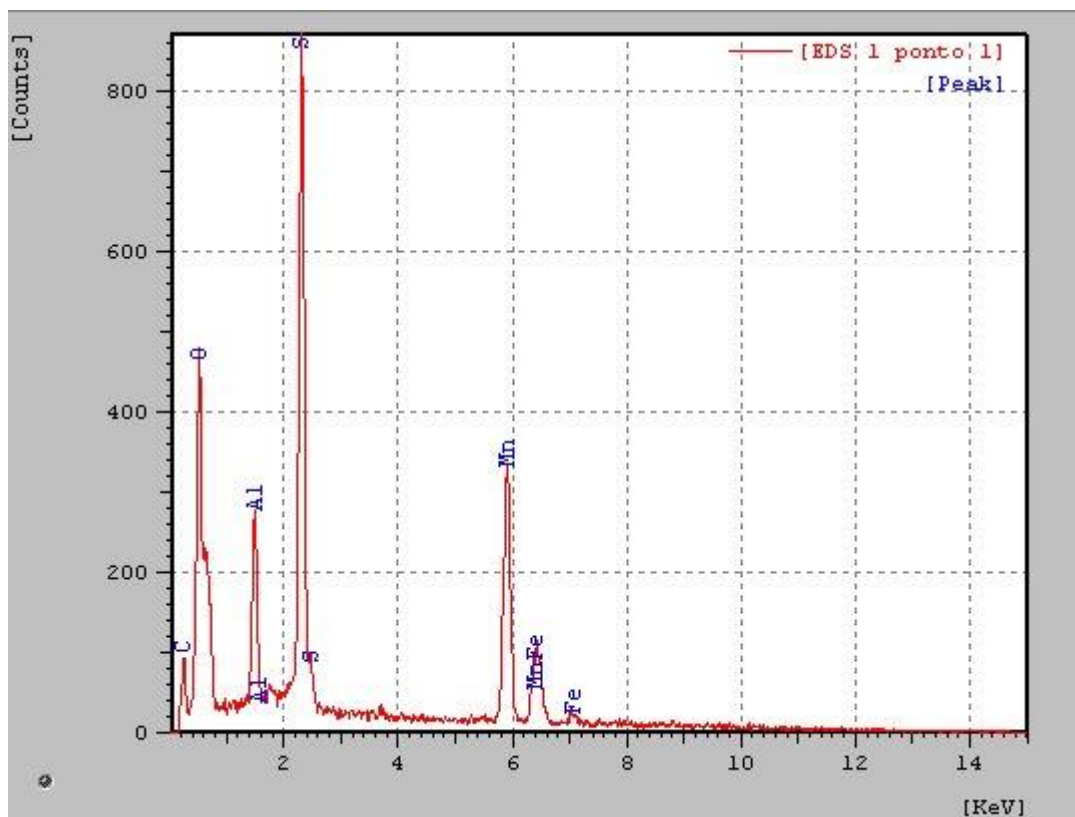


Figura 8. Análise química qualitativa da estrutura 1 (Figura 7).

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

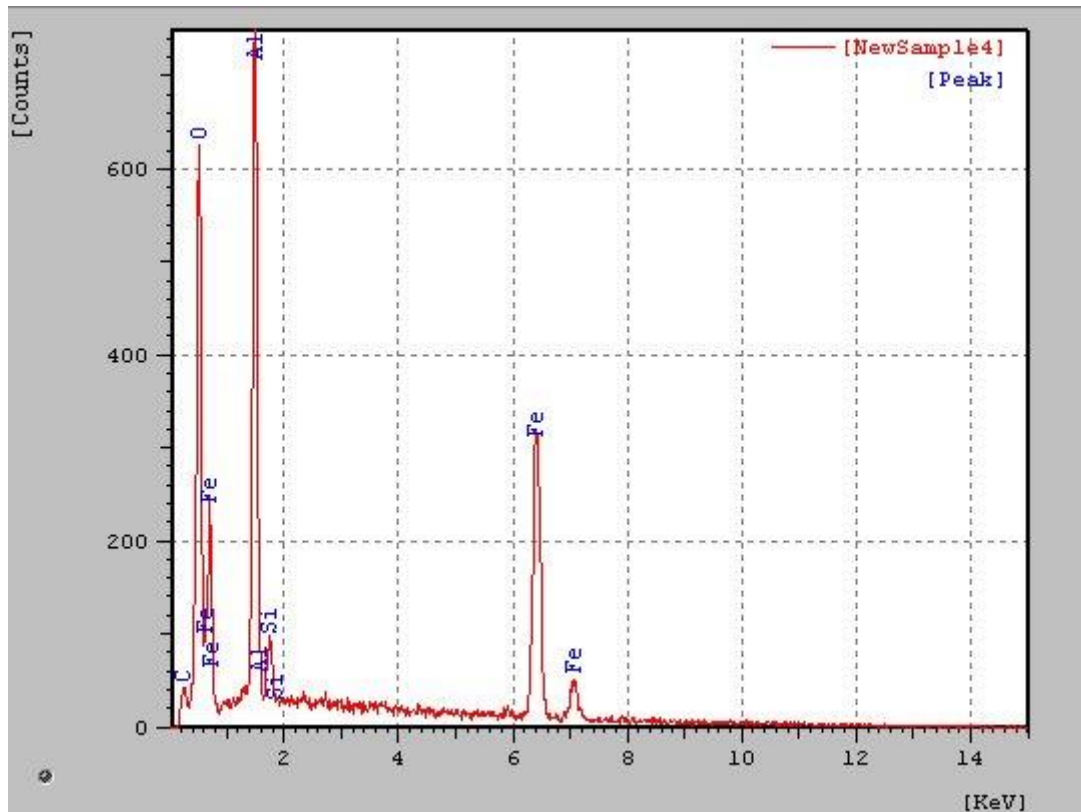


Figura 9. Análise química qualitativa da estrutura 2 (Figura 7).

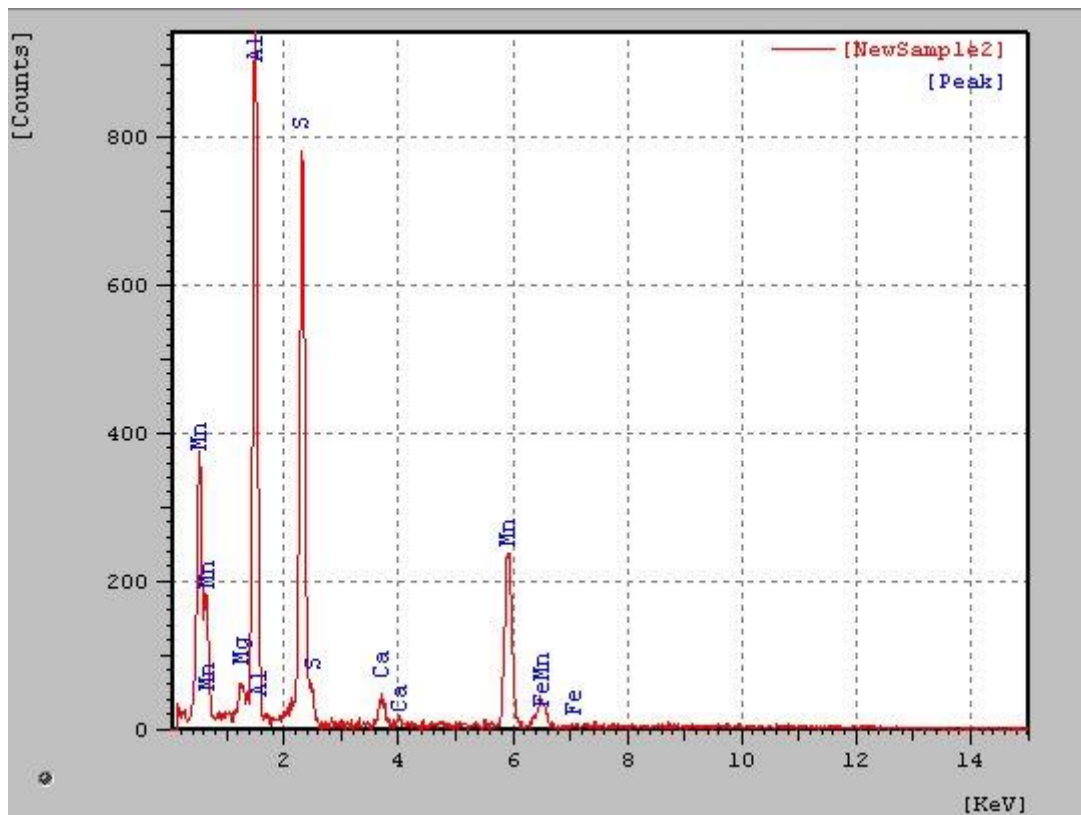


Figura 10. Análise química qualitativa da estrutura 3 (Figura 7).

* Contribuição técnica ao 69^o Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14^o ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Durante o procedimento de soldagem, para o enchimento, foi utilizado o eletrodo AWS A5.1 E7018, conforme indicado pela *American Welding Society* (AWS). Este eletrodo possui revestimento básico, composto basicamente por pó de ferro (25 a 40%), carbonato de cálcio – CaCO_3 (15 a 30%), fluorita – CaF_2 (15 a 30%) e apresenta, ainda: silício, manganês, alumínio, potássio e sódio [7,8]. Essa composição está de acordo com a análise química realizada sobre as micro-inclusões presentes na ZF, indicando que as mesmas provêm do revestimento do eletrodo utilizado durante a soldagem.

4 CONCLUSÃO

As micro-inclusões observadas nas ZTAs do tubo de do flange e na ZF são oriundas do processo de fabricação do aço e do revestimento do eletrodo utilizado no processo de soldagem, e são pouco prejudiciais ao material, tanto do ponto de vista da corrosão quanto em relação às propriedades mecânicas. Além disso, como não foi constatada a presença de trincas ao longo da junta soldada, conclui-se que a concentração de H_2S do gás não é suficiente para que ocorra hidrogenação e subsequente fragilização do material.

Com base nesses resultados, determina-se que não é necessária a substituição de linhas que operam em condições semelhantes.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem ao professor Ruben Rosenthal, chefe do Laboratório de Metalografia SMF/LAMAV/UENF, pelo apoio durante as atividades laboratoriais e à Lioudmila A. Matlakhova, professora associada ao SMF/LAMAV/UENF, pelas sugestões.

REFERÊNCIAS

- 1 Mendieta LFF. Estudo da absorção de H_2S e CO_2 do gás combustível. Trabalho de Diplomação em Engenharia Química. Porto Alegre: UFRGS; 2011;
- 2 Matsushita JM. Permeação de hidrogênio em aço ultrabaixo carbono: influências da fração recristalizada e do acabamento superficial. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG; 2001;
- 3 Santos TSR. Estudo dos efeitos do hidrogênio nas propriedades mecânicas da liga 718 em diferentes condições de envelhecimento. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ; 2009;
- 4 Bramfitt BL, Benscoter AO. Metallographer's guide: practices and procedures for iron and steel. Materials Park: ASM International; 2002;
- 5 Silva ALVC, Mei PR. Aços e ligas especiais. 2ª ed. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda, 2006;
- 6 Chiaverini V. Aços e ferros fundidos. 7ª ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM; 2005;
- 7 Marques PV, Modenesi PJ, Bracarense AQ. Soldagem: fundamentos e tecnologia. 2ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG; 2005;
- 8 Machado IG. Soldagem e técnicas conexas: processos. Porto Alegre: Edição Própria; 1996.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.