



## Validação experimental da concentração de dióxido de carbono dissolvido em água do mar sintética

Lucas Gonçalves Pinheiro, Prof. Dr. Marcelo Favaro Borges

### INTRODUÇÃO

Ensaio mecânico em ambientes corrosivos são de extrema importância para a avaliação do comportamento de componentes metálicos utilizados em estruturas da indústria extrativa petroquímica. Existe uma grande preocupação com o desempenho em fadiga dessas peças metálicas em campos com boa concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), visto que quando o gás é dissolvido em água ocorre a formação do ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) na forma aquosa, influenciando negativamente o desempenho de componentes metálicos de tubulações através da corrosão. Testes de escala real em ambientes corrosivos são realizados no Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF), sendo a concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvido em água do mar sintética avaliada nas regiões compreendendo os arames do anular de amostras.

### OBJETIVO

Criação de um procedimento interno de aferição de calibração dos instrumentos analíticos disponíveis para o controle do anular.

### METODOLOGIA

O estudo foi realizado através da comparação de medidas experimentais e dados de saturação via software de análise de soluções aquosas. Todas as pressões aqui inseridas se referem a pressão relativa.

1) Um sistema foi desenvolvido para borbulhamento de  $\text{CO}_2$  em uma cuba de acrílico preenchida com solução de NaCl a 3,5% (utilizada para simplificação do modelo ideal de água do mar sintética).

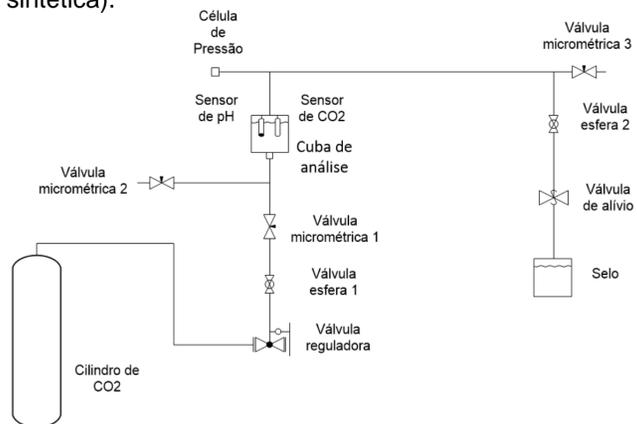


Figura 1: fluxograma do sistema de borbulhamento de dióxido de carbono.

O gás  $\text{CO}_2$  foi introduzido na cuba de análise através de um cilindro. Por meio da válvula reguladora foi possível fixar a pressão de entrada em 2 bar. O borbulhamento foi regulado através da válvula micrométrica 1, localizada logo abaixo da entrada da cuba de análise. Para não ocorrer um aumento indesejável de pressão no interior do sistema, a válvula de alívio foi calibrada para aliviar pressões superiores a 2 bar. Com isso, testes iniciais foram realizados com uma pressão constante de 2 bar e temperatura ambiente. Para monitoramento de variáveis, sensores de pressão, concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvido e pH foram introduzidos na parte superior da cuba de análise. A segunda análise foi realizada em pressão atmosférica (0 bar) sem borbulhamento, após alívio total de pressão do sistema e longo período de espera, a fim do sistema se aproximar do equilíbrio teórico.

2) Foram aquiridos dados de saturação via software de análise de soluções aquosas, com as mesmas condições de contorno do experimento realizado.

### RESULTADOS

Os gráficos a seguir mostram como variaram os parâmetros em função do tempo.

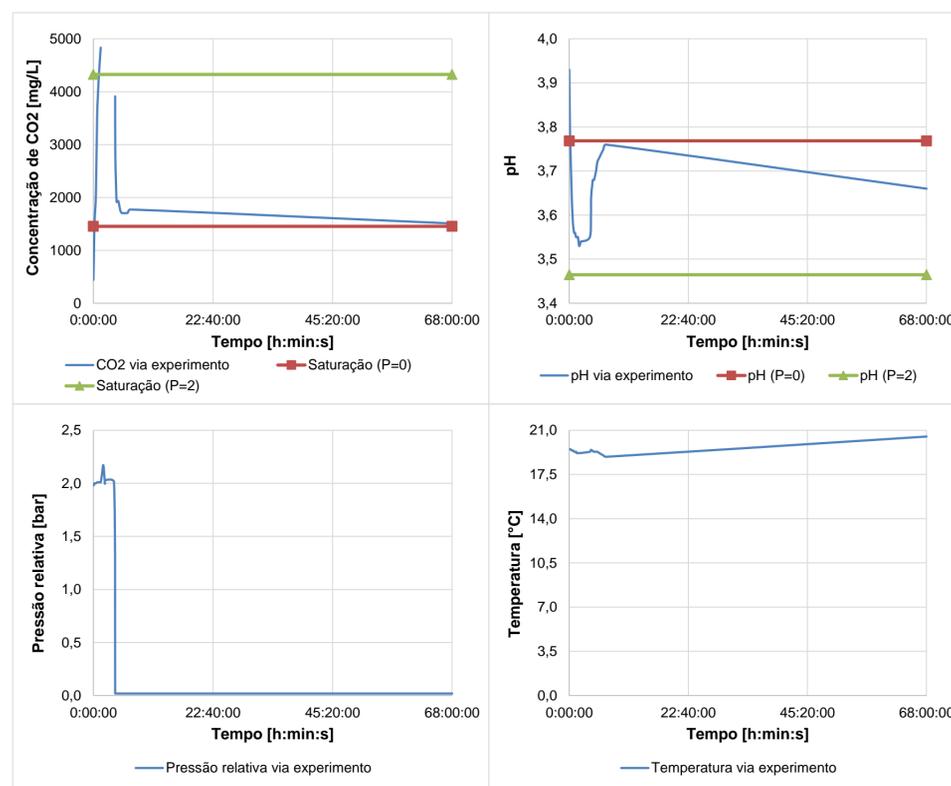


Figura 2: variação da concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvido, pH, pressão relativa e temperatura no decorrer do experimento. Para concentração de  $\text{CO}_2$  e pH são mostrados valores de saturação aquiridos pelo software para cada pressão de ensaio.

Quando comparados os valores via experimento e via software, tem-se os seguintes erros relativos das medições de concentração de  $\text{CO}_2$ : no mínimo 15,53% em 2 bar de pressão relativa (visto que o limite superior do sensor é de 5000 mg/L) e 3,59% em pressão atmosférica. Já para as medições de pH, tem-se: 2,60% em 2 bar de pressão relativa e -2,92% em pressão atmosférica.

Como possíveis erros de medição no processo tem-se: (a) longo tempo de utilização do sensor de  $\text{CO}_2$ , que está fora da vida útil recomendada pelo fabricante; (b) variações de temperatura, que diferem da temperatura de 20 °C utilizada na aquisição dos dados de saturação pelo software e (c) aglomeração de bolhas na superfície dos sensores, que prejudicam seu funcionamento.

### CONCLUSÃO

O procedimento de aferição de calibração dos instrumentos analíticos foi criado e teve resultado preliminar satisfatório, com exceção da medida de concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvido em 2 bar de pressão relativa, que ficou acima do limite superior do próprio sensor, dificultando um real dimensionamento de erro relativo de medição.

### TRABALHOS FUTUROS

Serão realizados experimentos com água do mar sintética. Além disso, para a pressão relativa de 2 bar, será avaliada a concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvido sem borbulhamento direto na solução, a fim de se aproximar do equilíbrio teórico.

### REFERÊNCIAS

BORGES, M. F. – Correlação numérica-experimental da redução da vida em fadiga de dutos flexíveis operando com anular alagado na presença de  $\text{CO}_2$  – Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.