

## Avaliação da incerteza de medição em um analisador de umidade de gás natural usando os métodos GUM e GUM S1.

### Uncertainty measurement evaluation in a humidity analyzer of natural gas using the GUM and GUM S1 methods

Eva Larissa Santiago dos Santos, Raony Maia Fontes, Márcio A. F. Martins, Rui Lima.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.

E-mail: marciomartins@ufba.br

**Resumo:** O presente trabalho trata da avaliação da incerteza de medição em um analisador de umidade de gás natural de um laboratório de gás e petróleo. A metodologia apresentada inclui o tratamento estatístico dos dados através de boxplot, análise de correlação temporal, controle estatístico de processo e testes de normalidade, antes da avaliação da incerteza através dos métodos GUM e GUM-S1.

**Palavras-chave:** Análise de umidade – Gás natural - Incerteza de medição

**Abstract:** This work deals with the measurement uncertainty evaluation in a natural gas moisture analyzer from a gas and oil laboratory. The presented methodology includes, before we proceed to the uncertainty evaluation by means of the method GUM and GUM-S1, the statistical analysis of data such as boxplot, temporal correlation analysis, statistical process control and normality tests.

**Keywords:** Moisture Analysis - Natural gas - Measurement Uncertainty.

## 1. INTRODUÇÃO

A medição da umidade do gás natural é um parâmetro importante para o processamento, armazenamento e transporte de gás natural em todo o mundo [1]. Dentro deste contexto, procedimentos ou técnicas para medir a água presente no gás natural torna-se uma questão mandatória no atual e concorrido mercado de petróleo e gás.

Assim como todas as medições, as técnicas para quantificar umidade do gás natural são suscetíveis a diferentes fontes de incertezas. Segundo o regulamento técnico de medição de

Petróleo e Gás Natural, todos os resultados de medições expressos nos relatórios devem ter declaradas suas incertezas [2]. Ao desconhecer o valor verdadeiro do resultado de uma medição, todo resultado será apenas uma estimativa [3]. Desta maneira, para que o mensurando seja bem representado, faz-se necessária a avaliação quantitativa da dúvida sobre este resultado, sendo esta, caracterizada pela incerteza de medição. Dentre os métodos para a avaliação de incerteza de medição, o Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (GUM) e seus suplementos apresentam uma metodologia consolidada mundialmente [4,5].

Na busca por trabalhos que fazem referência à avaliação de incerteza de medição no processo de caracterização do gás natural, percebe-se a grande dificuldade de encontrar aqueles que avaliam incerteza na medição de umidade, já no que tange à análise de composição do gás, são publicados muitos trabalhos nos quais se encontra a avaliação de incerteza.

Em face do exposto, este trabalho apresenta a avaliação da incerteza de medição, num laboratório comercial de petróleo e gás, prestador de serviços na região nordeste do país e que não tem executado esta tarefa de forma sistemática, para o procedimento de análise de umidade de gás natural através de uma etapa prévia de tratamento dos dados e uma posterior aplicação do método GUM e seu Suplemento 1 (GUM S1).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Experimento

Para a realização do experimento, foi utilizado o analisador de umidade por espectroscopia de absorção, da spectra Sensors, no qual se baseia na quantidade de radiação infravermelha absorvida pela água presente no gás, através da tecnologia TDLAS (*Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy*).

Antes de submeter o gás natural a análise, se faz necessário utilizar o gás nitrogênio para condicionamento do equipamento. Uma vez condicionado, a amostra de gás natural é injetada no equipamento, a uma vazão constante por 10 min, sendo registrado o dado de umidade a cada 1 segundo. Neste trabalho, esse procedimento foi feito em triplicata. Pela quantidade de dados coletada, se faz necessário um tratamento prévio antes da aplicação dos métodos GUM e GUM S1.

### 2.2. Tratamento dos dados

Para a aplicação do GUM, é necessário que algumas condições sejam atendidas, dentre elas a normalidade e medições independentes.

#### 2.2.1. Dados espúrios e dependência temporal

Nem sempre os erros grosseiros são perceptíveis, por isso é necessário a utilização de métodos para a verificação dos mesmos. Para tanto, foi feito o tratamento de dados espúrios pelo método dos quartis, usando o gráfico tipo boxplot. Após a eliminação dos dados espúrios, os dados amostrais foram rearranjados para eliminação da dependência temporal, de forma a obter medidas independentes.

#### 2.2.2. Controle estatístico de processos (CEP)

Foi feito um estudo com a ferramenta estatística CEP para avaliar se os dados reamostrados estão “sob controle”, após os tratamentos citados anteriormente. Um processo é considerado sob controle quando a variabilidade tem causas aleatórias, e, portanto, as cartas de controle fornecidas apresentam os dados dentro dos limites de controle.

#### 2.2.3. Teste de normalidade

Foram feitos três testes de normalidade, Anderson Darling (normalidade assumida quando  $p\text{-value} > 0,005$ ), Kolmogorov-Smirnov (significância do teste  $> 0,05$ ) e Ryan-Joiner (normalidade quando  $p\text{-value} > 0,10$ ).

### 2.3. Propagação de incertezas

Para o processo de medição adotado foram consideradas como fontes de incerteza, a resolução do analisador, a incerteza da correção, fornecida pelo certificado de calibração na forma expandida, e a variabilidade intrínseca às observações (incerteza do Tipo A). Neste

trabalho, para a avaliação da incerteza será usada ferramenta computacional GEU, um *software* em plataforma *web* voltado para avaliação da incerteza, que permite a comparação entre métodos para avaliação da incerteza, entre eles o GUM e GUM-S1.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Tratamento estatístico

As cartas de controle construídas mostram o comportamento do processo como aleatório, trabalhando sob causas naturais, dentro dos limites de controle, mostrando que a reamostragem pelo boxplot e análise de correlação temporal condicionaram as amostras para aplicação do GUM. A Figura 1 apresenta a carta de controle referente à amostra 01.



Figura 1: Carta de controle da amostra 01

Para as três amostras, os três testes de normalidade realizados convergiram para a normalidade dos dados, conforme apresentado na Tabela 1, o que valida a utilização do GUM, como método para avaliação da incerteza.

Tabela 1: p-valor para os três testes de normalidade fornecido pelo MiniTab®.

Amostras	Anderson	Kolmogorov	Ryan-Joiner
01	0,43	> 0,15	> 0,10
02	0,57	> 0,15	> 0,10
03	0,76	>0,15	> 0,10

#### 3.2. Análise de incertezas

Entre as fontes de incerteza, aquelas que puderam ser quantificadas foram, a resolução, a correção (avaliações do Tipo B) e as observações (avaliação do Tipo A), resultando em modelo de medição apresentado em (1).

$$x_i = \bar{X}_i + C + R \quad (1)$$

A incerteza da correção,  $(0,3 \pm 4)$  ppmv, foi fornecida por um certificado de calibração do ano de 2013, e por não apresentar dados sobre correção temporal, assumiu-se uma pdf uniforme. Para a resolução, retirado do manual  $(0,00 \pm 0,01)$  ppmv, também foi assumida uma pdf uniforme. Para as fontes de incerteza do Tipo A, os valores encontrados de média, incerteza de medição e os graus de liberdade das três amostras pós-tratamento podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2: Medições de umidade no gás natural

Amostras	$\bar{X}$ /ppmv	$u_A(\bar{X})$	$\nu_A$
01	374,51	1,5	20
02	410,00	0,55	18
03	404,29	0,47	20

Em seguida, é feita a combinação das incertezas para cada amostra ( $i$ ), através do modelo descrito em (2).

$$u^2(x_i) = u_A^2(\bar{X}_i) + u^2(C) + u^2(R) \quad (2)$$

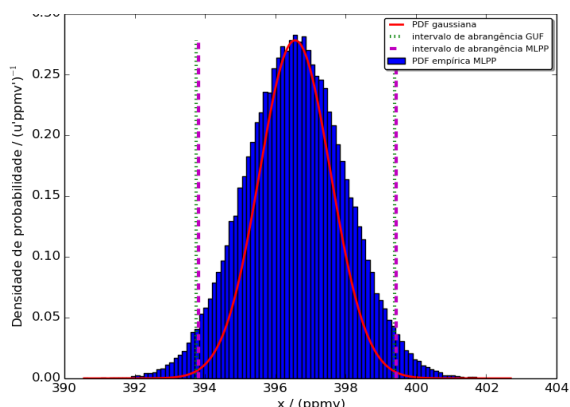
Finalmente, a estimativa e a incerteza do mensurando, determinado pela média das estimativas de cada amostra (3), podem ser avaliadas pelos métodos GUM e GUM S1.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} \quad (3)$$

A estimativa ( $\bar{x}$ ), a incerteza ( $u(\bar{x})$ ) e o intervalo de abrangência a 95% ( $IA$ ) podem ser visto na Tabela 3.

**Tabela 3:** Resultados apresentados pelo GEU

Estimadores	GUM	GUM-S1
$\bar{x}$ / ppmv	396,6	396,6
$u(\bar{x})$ / ppmv	1,4	1,4
IA/ ppmv	[393,8; 399,4]	[393,8; 399,4]



**Figura 2:** Função densidade de probabilidade gerada para o mensurando pelo GEU.

A Figura 2 mostra uma PDF empírica (cor azul) do mensurando, resultante do GUM-S1, e nota-se que o mesmo é bem ajustado a uma normal (cor vermelha).

Os resultados fornecidos para o GUM S1 e GUM foram muito semelhantes, validado pela metodologia de comparação presente na Seção 8 do GUM-S1 [5]  $(0 < \frac{1}{2} 10^{-1})$ . Comportamento já esperado devido à representação do mensurando por uma função de medição linear e entradas de comportamento normal.

#### 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho avaliou-se a incerteza de medição para o procedimento de medição de umidade de gás natural em um laboratório no qual a avaliação da incerteza não era feita de forma sistemática. Dessa forma, o trabalho contribui para aumentar

e enriquecer a cultura metrológica num laboratório comercial, podendo ser obtidos resultados mais seguros e com melhor confiabilidade, proporcionando uma melhor informação para a tomada de decisão perante o resultado de medição fornecido.

Dentre os métodos usados, mostrou-se que a utilização do GUM ou GUM-S1 proporciona resultados semelhantes, cabendo ao usuário selecionar a metodologia mais conveniente.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESB e UFBA pelo suporte financeiro do projeto de desenvolvimento em que se insere este trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Paz, S. J. Inferência do ponto de orvalho em amostras de gás natural processado. 2011. 110 f. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.
- [2] Regulamento Técnico de Medição de Petróleo e Gás Natural- Agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis - ANP, 2012, p 38.
- [3] Arencibia, R. V., Ribeiro, J. R. S. (2009). Incerteza na medição da largura de cordões de solda. Soldagem e Inspeção, 14(3), 263–269.
- [4] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. 1 ed. Joint Committee for Guides in Metrology - JCGM 100:2008; 2008. p 132.
- [5] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML. Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” — Propagation of distributions using a Monte Carlo method. 1 ed. Joint Committee for Guides in Metrology - JCGM 101:2008; 2008. p 90.