

## **MEDIÇÃO DO VALOR DA ACIDEZ DE UMA AMOSTRA DE ALCÓOL ETÍLICO COMBUSTÍVEL HIDRATADO (AEHC) ACOMPANHADO DA RESPECTIVA INCERTEZA EXPANDIDA**

**Danilo Cavalcante, BRAZ(1); Carlos Alberto LOPES FONTELES(2); Ayrton de Sá BRANDIM(3)**

(1) Bolsista de Iniciação Científica. Núcleo de Pesquisa em Materiais e Metrologia-N.PMM, CEFET-PI, Praça da Liberdade, 1597 Centro Norte, CEP 64000-040, Teresina-PI. E-mail: [cavarte@yahoo.com.br](mailto:cavarte@yahoo.com.br)

(2) Prof. Especialista. Universidade Federal do Piauí – Departamento de Química – DQ. Laboratório de Análises de Combustíveis – LAPETRO. Campus Universitário Ministro Petrônio Portella – Bairro: Ininga – Teresina – PI. CEP: 64049-550. E-mail: [carlosfonteles@ig.com.br](mailto:carlosfonteles@ig.com.br)

(3) Prof. Dr. Núcleo de Pesquisa em Materiais e Metrologia-N.PMM, CEFET-PI, Praça da Liberdade, 1597 Centro Norte, CEP 64000-040, Teresina-PI. E-mail: [brandim@click21.com.br](mailto:brandim@click21.com.br)

### **RESUMO**

Este trabalho foi desenvolvido no laboratório de análises de combustíveis de automóveis (LAPETRO) do Departamento de Química da UFPI em parceria com o Grupo de Pesquisa em Materiais e Metrologia (G.PMM) do CEFET-PI, mantendo um convênio técnico e científico. Este teve como objetivo principal determinar a incerteza expandida durante as análises da medida de acidez do álcool etílico combustível hidratado (AEHC), seguindo alguns requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025, que fornece os requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. Para tanto, foi realizada a aferição da balança analítica através de um método alternativo. Assim, tendo uma maior confiança sobre a precisão da balança, esta foi utilizada para a calibração da vidraria volumétrica e a pesagem dos reagentes usados durante a padronização das soluções e da titulação. Essas últimas foram realizadas seguindo a norma NBR 9866 que fornece os procedimentos para a determinação da acidez total em álcool etílico combustível. Em todas essas etapas realizadas, foram determinadas as fontes (diagrama de causa e efeito) e os tipos de incertezas, calculadas as incertezas padrão, combinada, para a obtenção da incerteza expandida do valor da acidez do AEHC, obtendo dessa maneira, uma maior confiabilidade dos resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Erros, calibração, Química analítica, Acidez do álcool combustível.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da tecnologia, a cada dia cresce o ambiente competitivo sempre na busca de uma maior produtividade e qualidade. Assim indústrias, empresas, entre outros, tem procurado respostas para o crescimento de sua competitividade basicamente em duas “formas de ataque”: na melhoria de seus processos produtivos, bem como no incremento dos seus processos de produção de novos produtos [1].

Dessa forma, a confiabilidade adquire um elevado grau de importância, devido a sua grande influência para o aumento na produtividade e na melhoria da qualidade dos serviços. No caso de um laboratório de ensaio, o conceito de confiabilidade não será diferente. A confiabilidade de uma análise, por exemplo, corresponde ao grau de veracidade da resposta dos dados fornecidos, exercendo um grande papel participativo na percepção e avaliação de determinados dados fornecidos, ou até mesmo do laboratório que realizou as análises [1].

Para tanto, é de suma importância que o laboratório possua uma estrutura que seja capaz de fornecer resultados confiáveis proporcionando uma maior qualidade em seus produtos e serviços. Essa qualidade é oriunda da forma de como o laboratório se apresenta em relação ao seu sistema de gestão e se o mesmo atende aos requisitos estabelecidos por normas laboratoriais. Como exemplo é citado a ABNT NBR ISO/IEC 17025 que é uma norma internacionalmente conhecida e fornece os requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração, onde o INMETRO a utiliza como norma base para acreditação laboratorial [3].

Mesmo com a implementação dessa qualidade, sempre irão ocorrer erros que irão invalidar os resultados de uma determinada medição. Um erro é caracterizado em duas componentes, nomeadamente, uma componente sistemática e uma componente aleatória [4]. Os erros aleatórios ou indeterminados se manifestam através de pequenas variações nas medidas de uma amostra feitas em sucessão pelo mesmo analista, tomando todas as precauções necessárias efetuadas sob mesmas condições de análise. Esse tipo de erro é produzido por fatores que não podem ser controlados pelo analista, mas geralmente pode ser reduzido aumentando o número de análises [5].

Já os erros sistemáticos, também chamados de erros determinados aparecem a partir de uma falha na execução de um experimento ou em uma falha em um equipamento. Esse tipo de erro é reproduzível se o analista conduzir o experimento várias vezes da mesma maneira, portanto não pode ser reduzido com o aumento do número de análises, como acontece com o erro aleatório. A princípio, o erro sistemático pode ser descoberto e corrigido, embora essa não possa ser uma tarefa fácil de ser realizada [6].

Dentro desse tipo de erro, os mais importantes são os erros devidos aos equipamentos, os operacionais e os erros inerentes ao método empregado. Os erros operacionais se relacionam com os procedimentos executados durante a realização dos ensaios. Estes não dependem das características físicas nem químicas do sistema, nem dos equipamentos utilizados, mas sim da capacidade de execução dos métodos pelo analista. Como exemplo pode-se citar deixar o béquer destampado, podendo ocasionar a entrada de poeira ou algum interferente; o descuido de não cobrir uma solução sob forte aquecimento com um vidro de relógio; também a não remoção completa do precipitado durante uma análise gravimétrica, entre outros [7].

Os erros devido aos equipamentos são relacionados com os as imperfeições em reagentes, equipamentos eletrônicos e aparelhos volumétricos. Como a existência de vidraria volumétrica (buretas, pipetas, balões volumétricos) e pesos padrão mal calibrados podem ocasionar erros significativos durante o ensaio e também futuramente os resultados inválidos [7]. Os erros inerentes ao método empregado são relacionados com a não idealidade do comportamento químico ou físico dos reagentes e das reações decorrentes do tipo de ensaio realizado. Como exemplo é citado a lentidão de algumas reações, reações incompletas, instabilidade de alguns reagentes, a ocorrência de reações laterais que interferem durante toda a análise [8].

Assim, quando é obtido um resultado de uma medição, é obrigatório que seja fornecida alguma indicação quantitativa da qualidade desse resultado, para que assim esse possa ser avaliado, por exemplo, por um cliente ou também por um órgão certificador. Com a falta dessa indicação, os resultados não podem ser comparados entre si ou com valores atribuídos em normas ou especificações. É, portanto necessário à existência de um procedimento que possa caracterizar e delimitar o quanto o erro pode alterar o resultado de uma medição, ou seja, para expressar a sua incerteza de medição [9]. Sendo assim, a incerteza de medição é conceituada como um

parâmetro associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão de valores que podem ser fundamentalmente atribuídos ao mensurando [10].

A incerteza do resultado de uma determinada medição geralmente é oriunda de várias componentes, estas podem ser organizadas de acordo com as características do método utilizado para estimar os valores numéricos [11]. Então, para que seja estimada a incerteza global, é necessária uma contribuição de cada um dos componentes de incerteza, podendo estes ser estimados a partir dos seguintes termos:

- Incerteza padrão ( $u_i$ );
- Incerteza padrão combinada ( $u_c$ );
- Incerteza expandida (U).

Primeiramente, a incerteza padrão relacionada com valores de entrada, deve ser obtida a partir dos conhecimentos das grandezas de entrada observadas que influenciam na estimativa da incerteza. Essas podem ser caracterizadas em 2 tipos[12]:

**Incerteza-padrão Tipo A:** Este tipo de incerteza é proveniente de efeitos aleatórios, estimados a partir de experimentos do tipo repetitivos, típicos de uma distribuição gaussiana [11]. Esta é obtida a partir do desvio-padrão experimental que é dado por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad [\text{Eq. 01}]$$

- **Incerteza padrão Tipo B:** Esse tipo de incerteza não é expressa a partir de métodos estatísticos, pois não são oriundas de várias observações. Estas são obtidas através de julgamentos científicos, utilizando informações disponíveis sobre a variabilidade da grandeza medida. Por exemplo [10]:

- 1) Dados de medições anteriores;
- 2) Especificação do fabricante;
- 3) Dados fornecidos do certificado de calibração
- 4) Incertezas fornecidas por referências em manuais ou outros documentos.

Dessa forma, a incerteza tipo B possui algumas distribuições importantes associadas a seu componente de incerteza. Então, uma dessas é a distribuição retangular, na qual é caracterizada por apresentar a mesma densidade de probabilidade para todos os valores dentro dos limites “ $u - a$ ” e “ $u + a$ ”, e zero fora destes (gráfico 1). Seu desvio é dado por [11]:

$$u(x) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad [\text{Eq. 02}]$$

Assim a distribuição retangular é usada sempre que inexistir qualquer informação acerca do componente da incerteza que está sendo observado. Por exemplo, as distribuições mais comuns são

as resoluções de instrumentos de indicação digital, valores importados de especificações de fabricantes, Aritmética de precisão finita [11].

Uma outra forma de distribuição que caracteriza a incerteza Tipo B é a distribuição retangular, esta é associada normalmente quando há uma maior probabilidade de ocorrência nas proximidades do valor central. É utilizada quando as informações relacionadas com a grandeza a ser estudada são menos limitadas do que para uma distribuição retangular [4]. Esta é dada por:

$$u(x) = \frac{a}{\sqrt{6}} \quad [\text{Eq. 03}]$$

Após a determinação das incertezas-padrão calcula-se a incerteza padrão combinada, esta é caracterizada como sendo a raiz quadrada da soma de todos os componentes que foram padronizados, sejam eles tipos A ou B. Esta pode ser demonstrada sobre cálculos complexos, mas em alguns casos dependendo das grandezas medidas, estas podem ser quantificadas em fórmulas mais simples. Para tanto, são fornecidas duas regras [4]:

A primeira regra é associada para fórmulas que possuem uma soma ou diferença de grandezas, por exemplo, no caso de  $y = (x + z + h...)$  a incerteza padrão combinada  $u_c(y)$  será dada por [4]:

$$u_c(y(x, z...)) = \sqrt{(\pm u_x)^2 + (\pm u_z)^2 + ... + (\pm u_{xn})^2} \quad [\text{Eq. 04}]$$

Já a segunda regra é usada para fórmulas que apenas produto ou quociente, por exemplo, no caso de  $y = (x \times z \times h...)$  a incerteza padrão combinada será dada por [4]:

$$u_c(y) = y \sqrt{\left(\frac{u_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{u_z}{z}\right)^2 + ... + \left(\frac{u_{xn}}{x_n}\right)^2} \quad [\text{Eq. 05}]$$

Logo, a etapa final é a incerteza expandida, na qual é obtida multiplicando a incerteza padrão combinada pelo fator de abrangência escolhido. Esta fornece o intervalo que abrange uma grande fração da distribuição de valores que possam ser atribuídos a um mensurando. Seguindo a seguinte equação [4]:

$$\boxed{U = u_c \times k} \quad [\text{Eq. 06}]$$

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo determinar, com razoável exatidão, o valor da acidez de uma amostra de Álcool Etílico Hidratado Combustível – AEHC, observando a norma brasileira ABNT NBR 9866 (em vigor a partir de 11/01/2007) levando em conta as fontes (diagrama de causa e efeito), os tipos de incerteza, para enfim realizar o cálculo de incertezas naturalmente envolvido durante todo o processo.

## 2. MÉTODOS

Determinar, com razoável exatidão, o valor da acidez de uma amostra de Álcool Etílico Hidratado Combustível – AEHC, observando a norma brasileira ABNT NBR 9866 (em vigor a partir de 11/01/2007) levando em conta o cálculo de incertezas naturalmente envolvidas em todo o processo.

### 3. RESULTADOS

O planejamento para o cálculo da incerteza padrão combinada para cada componente observado, seguiu de acordo com diagrama de causa e efeito apresentado na Figura 1.

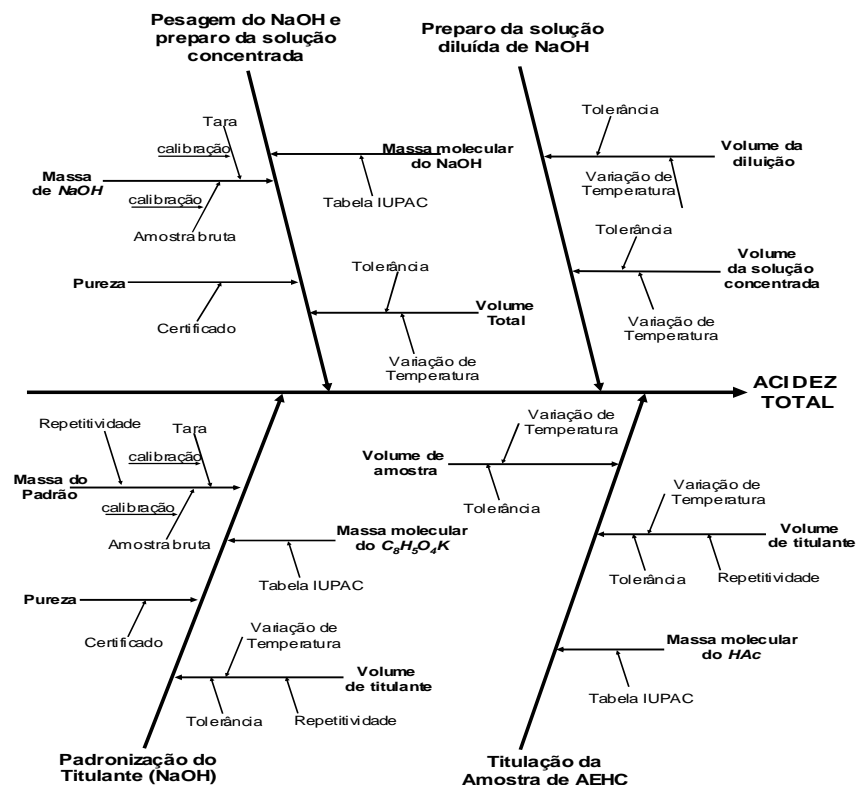


Figura 1. Diagrama de causa e efeito para a análise de acidez de uma amostra de Álcool Etílico Hidratado Combustível.

Para cada fonte de incerteza identificada no diagrama de causa e efeito, foi quantificada de acordo com as etapas seguidas abaixo:

- Preparo da solução titulante concentrada:**

A concentração do titulante é dada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\mu_1 = \frac{m_1 \times P_{(NaOH)}}{PM_{(NaOH)} \times V} \quad [Eq. 07]$$

$$\mu_1 = \frac{4,0440 \times 0,980}{39,99741 \times 1,000} = 0,099_1 \text{ mol/L}$$

Logo a expressão para a incerteza combinada da concentração do titulante se apresenta da seguinte maneira:

$$u_c(\mu_1) = \mu_1 \times \sqrt{\left[\frac{u(m_1)}{m_1}\right]^2 + \left[\frac{u(P_{(NaOH)})}{P_{(NaOH)}}$$

Onde:

$u(m_1)$  = Incerteza da calibração da balança. Neste caso foram consideradas duas vezes devido à pesagem da tara e a pesagem bruta, pois cada uma é uma observação independente.

$u(P_{(NaOH)})$  = Incerteza da pureza do NaOH, na qual é oriunda do certificado da amostra.

$u(PM_{(NaOH)})$  = Para o cálculo das incertezas da massa molar do titulante, recorreu-se às informações contidas na publicação da IUPAC, referente às determinações das massas moleculares entre 1882 e 1997 (Tabela 01 e 02).

$u(V)$  = Incerteza sobre o volume do balão de 1,000L. Na ausência de dados referentes a um conjunto de réplicas sobre a capacidade volumétrica do balão de 1,000 L usado neste experimento, adotamos um valor sugerido em literatura como sendo de 0,30 mL de tolerância para balões volumétricos classe “A”. Admitindo-se uma distribuição retangular. Portanto:

$$u(V) = \frac{(\pm 0,30)}{\sqrt{3}} = (\pm 0,17) \text{ mL} \quad [\text{Eq. 09}]$$

A temperatura do laboratório no momento do experimento era de 28°C, portanto,  $\pm 8^\circ\text{C}$  acima da temperatura de aferição do balão (20°C). A contribuição da incerteza devida à expansão volumétrica da solução dentro do balão, pode ser considerada como uma distribuição retangular.

$$u(V)_t = \frac{\Delta T \times (2,1 \times 10^{-4}) \times V}{\sqrt{3}} \quad [\text{Eq. 10}]$$

Logo:

$$u_c(\mu_1) = \mu_1 \times \sqrt{\left[\frac{(\pm 0,000082)}{4,0440}\right]^2 + \left[\frac{(\pm 0,011)}{0,980}\right]^2 + \left[\frac{(\pm 0,00017)}{39,99711}\right]^2 + \left[\frac{(\pm 0,00098)}{1,000}\right]^2} \quad [\text{Eq. 11}]$$

$$u_c(\mu_1) = \mu_1 \times (\pm 0,011) = 0,0991 \times (\pm 0,011) \text{ mol/L}$$

$$u_c(\mu_1) = (\pm 0,0011) \text{ mol/L}$$

Finalmente,

$$\mu_t = 0,099 (\pm 0,001) \text{ mol/L}$$

- **Preparo da solução titulante diluída:**

A concentração da solução titulante diluída é dada pela seguinte fórmula:

$$\begin{aligned}\mu_2 &= \frac{\mu_1 \times V_1}{V_2} \\ &= \frac{0,0991 \times 100,00}{500,00} = 0,0198 \text{ mol/L}\end{aligned}\quad [\text{Eq. 12}]$$

Logo a expressão para a incerteza combinada dessa componente é dada por:

$$u_c(\mu_2) = \mu_2 \times \sqrt{\left[\frac{u_c(\mu_1)}{\mu_1}\right]^2 + \left[\frac{u(V_1)}{V_1}\right]^2 + \left[\frac{u(V_2)}{V_2}\right]^2} \quad [\text{Eq. 13}]$$

Onde:

$u(\mu_1)$  = Concentração da solução titulante calculada anteriormente.

$u(V_1)$  = Incerteza do volume da pipeta de 100 mL, levando em consideração as contribuições para a expansão volumétrica (equação 11).

$u(V_2)$  = Incerteza do resultante do volume da solução diluída, também considerando a expansão volumétrica (equação 11).

Logo:

$$\begin{aligned}\frac{u_c(\mu_2)}{\mu_2} &= \sqrt{\left(\frac{\pm 0,001}{0,0991}\right)^2 + \left(\frac{\pm 0,11}{100}\right)^2 + \left(\frac{\pm 0,49}{500}\right)^2} = (\pm 0,010) \\ u_c(\mu_2) &= \mu_2 \times (\pm 0,010) = 0,01982 \times (\pm 0,010) = (\pm 0,0002) \text{ mol/L}.\end{aligned}$$

Então,

$$\mu_2 = 0,0198 (\pm 0,0002) \text{ mol/L}$$

- Preparo da solução titulante padronizada:**

A concentração real do hidróxido de sódio é dado por:

$$C = \frac{m \times P_{(KHP)}}{V_3 \times PM_{(KHP)}} \quad [\text{Eq. 14}]$$

Logo a expressão para a incerteza combinada para a concentração real do NaOH é dada por:

$$\frac{u(C)}{C} = \sqrt{\left[\frac{u(m)}{m}\right]^2 + \left[\frac{u(P_{(KHP)})}{P_{(KHP)}}\right]^2 + \left[\frac{u(V_3)}{V_3}\right]^2 + \left[\frac{u(PM_{(KHP)})}{PM_{(KHP)}}\right]^2} \quad [\text{Eq. 15}]$$

A padronização da solução titulante de  $NaOH$  0,02 M com o padrão biftalato de potássio ( $C_8H_5O_4K$ ) foi realizada em triplicata, de acordo com a seguinte tabela:

**Tabela. 3** Valores referentes a titulação no preparo da solução padronizada.

Massa de Biftalato, (mg)		Vol. de NaOH consumido, (mL)	Concentração do NaOH, (mol/L)
100,5		24,9	0,0196 <sub>6</sub>
100,6		25,0	0,0196 <sub>0</sub>
100,7		25,1	0,0195 <sub>5</sub>
Média	100,6	25,0	0,0196 <sub>0</sub>
Desv. Padr.	±0,1	±0,1	±0,00005 <sub>5</sub>

Onde:

$u(m)$  = Incerteza da repetitividade

Para o cálculo dessa componente seguiu-se o seguinte procedimento:

$$u(m) = \sqrt{2 \times \left( \frac{0,1}{\sqrt{3}} \right)^2}$$

$$u(m) = (\pm 0,08_2) \text{ mg}$$

Na titulação acima, utilizou-se o **desvio padrão** da triplicata para expressar a incerteza relativa à repetitividade, de acordo com o observado no guia EURACHEM / CITAC (1ª edição).

Assim, é que:

$$u(m)_r = (\pm 0,1_0) \text{ mg}$$

e,

$$u_c(m) = \sqrt{[(\pm 0,082)]^2 + [(\pm 0,10)]^2}$$

$$u_c(m) = (\pm 0,1_3) \text{ mg} \quad \checkmark$$

$u(P_{(KHP)})$  = Incerteza da pureza do padrão, oriunda do certificado de calibração. É dado por:

$$u(P_{(KHP)}) = \frac{(\pm 0,005)}{\sqrt{3}}$$

$$u(P_{(KHP)}) = (\pm 0,002_9)$$

$u(V_3)$  = Incerteza do volume da pipeta de 50 mL com as considerações para a expansão volumétrica (equação 11).

$u(PM_{(KHP)})$  = Para o cálculo das incertezas da massa molar do padrão primário, recorreu-se às informações contidas na publicação da IUPAC, referente às determinações das massas moleculares entre 1882 e 1997

Logo:



$$u(C) = 0,019_6 \times (\pm 0,005_4) \text{ mol/L}$$

$$u(C) = (\pm 0,0001_0) \text{ mol/L}$$

- Incerteza da acidez total da amostra de álcool etílico:**

Na determinação da acidez total foram obtidos sete réplicas da titulação de 50,00 mL ( $V_4$ ) de cada amostra de álcool etílico, com os seguintes consumos da solução titulante ( $V_5$ ):

$$0,35 \text{ mL}; 0,35 \text{ mL}; 0,35 \text{ mL}; 0,35 \text{ mL}; 0,35 \text{ mL}; 0,35 \text{ mL}; 0,34 \text{ mL}.$$

O valor de 0,34 mL foi rejeitado pelo teste de Dixon, produzindo um conjunto de dados com desvio padrão igual a zero. Nesta circunstância, a incerteza devida à repetitividade também é zero, resultando, para o cálculo das incertezas no volume consumido de titulante, as contribuições da tolerância da bureta de 5,00 mL e da temperatura do experimento (28°C).

A acidez total é obtida da seguinte relação:

$$AT = \frac{C \times PM_{(HAc)} \times 1000}{V_4} \times V_5 \quad [\text{Eq. 16}]$$

O cálculo da incerteza padrão combinada será efetuado através expressão abaixo,

$$u_c(AT) = AT \times \sqrt{\left[\frac{u(C)}{C}\right]^2 + \left[\frac{u(V_5)}{V_5}\right]^2 + \left[\frac{u(V_4)}{V_4}\right]^2 + \left[\frac{u(PM_{(KHP)})}{PM_{(KHP)}}\right]^2} \quad [\text{Eq. 17}]$$

Onde:

$u(C)$  = Incerteza da concentração real do NaOH;

$u(V_5)$  = Incerteza relativa ao volume ( $V_5$ ) de NaOH consumido na titulação do álcool etílico,

utilizando uma bureta de 10,00 mL e considerando a expansão de volume (equação 11).

$u(V_4)$  = Incerteza relativa ao volume ( $V_4$ ) de álcool etílico, utilizando uma pipeta de 50 mL e considerando a expansão volumétrica (equação 11).

Então,

$$AT = \frac{0,0196 \times 60,04116 \times 1000}{50,00} \times 0,35 = 8,23_8 \text{ mg/L}$$

Logo,

$$u_c(AT) = 8,238 \times \sqrt{\left[\left(\frac{\pm 0,0001}{0,0196}\right)\right]^2 + \left[\left(\frac{\pm 0,012}{0,35}\right)\right]^2 + \left[\left(\frac{\pm 0,052}{50,00}\right)\right]^2 + \left[\left(\frac{\pm 0,00096}{60,04116}\right)\right]^2}$$

$$u_c(AT) = 8,238 \times 0,03_4$$

$$u_c(AT) = (\pm 0,2_8) \text{ mg/L} \quad \checkmark$$

Resultando,

$$AT = 8,24 (\pm 0,28) \text{ mg/L}$$

- Incerteza expandida da Acidez Total da amostra de álcool etílico:

$$U(AT) = u_c(AT) \times k, \text{ onde } k = 2 \text{ ao nível de 95\% de confiança.} \quad [\text{Eq. 18}]$$

$$U = (\pm 0,56) \text{ mg/L}$$

A contribuição de cada fonte de incerteza durante a análise de acidez encontra-se na figura abaixo:

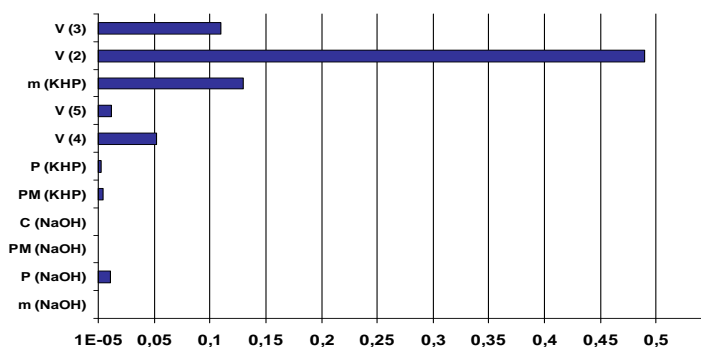


Figura 1. Comparação das incertezas padrão que influenciam na incerteza expandida do método.

#### 4. CONCLUSÃO

A medição do valor da acidez em uma amostra de Álcool Etílico Hidratado Combustível (AEHC) é um dos vários tipos de análises realizados pelos laboratórios de combustíveis na verificação da adulteração dos mesmos.

As grandezas que mais contribuíram na determinação da incerteza ocorreram no preparo e na pesagem da solução concentrada de NaOH (massa, massa molecular, pureza, volume total), preparo da solução diluída (volume da diluição, volume da solução concentrada), padronização do titulante ( massa do padrão, massa molecular do padrão, pureza, volume do titulante), titulação da amostra de AEHC ( volume da amostra, volume do titulante, massa molecular do HAc).

Sendo assim, pelo fato da utilização de um método titulométrico neste ensaio, as vidrarias tem um valor bastante significativo durante na obtenção da incerteza expandida. É então necessária à calibração e a verificação da situação física dessas vidrarias, o que ocasiona resultados mais confiáveis e reduz dessa forma, o valor da incerteza global.

O valor da acidez obtido durante esse ensaio foi de 8.24 mg/L ( $\pm 0,56$ ) mostrando-se assim, satisfatório. Logo para a mesma amostra de AEHC, durante as análises rotineiras realizadas pelo LAPETRO obteve-se um valor de 8,94. No entanto, este valor foge da margem de incerteza obtido por este trabalho, mas é importante ressaltar que o mesmo está dentro das especificações exigidas pelo laboratório para este tipo de análise.

Portanto, observa-se através deste experimento que com a admissão do cálculo incerteza nesse tipo de análise, cresce a confiabilidade e a qualidade desses resultados, permitindo assim a comparação dos valores, a avaliação e a interpretação de todo o processo de medição.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] Confiabilidade metrológica em laboratório de ensaio. PUC-Rio-Certificação Digital Nº 0125205/CA.
- [2] FUJIMURA, I.F; et al. **A busca pela excelência laboratorial: a padronização segundo a NBR ISO 17025:2005**. Disponível em: <http://www.peteps.ufsc.br/Artigos/Artigo%20com%20resumo%20MAGLAB.pdf>  
Acesso em: 10. mar.2007.
- [3] Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia para qualidade em química analítica: uma assistência a habilitação / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- [4] EURACHEM / CITAC Guide CG 4, Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. Second Edition. ISBN 0 948926 15 5.
- [5] VOGEL, A. I. *Análise química quantitativa*, Livro Técnico e Científico Editora, S. A, 6ª edição, 2002.
- [6] HARRIS, DANIEL C. *Análise química quantitativa*, Livro Técnico e Científico Editora, S. A, 5ª edição, 2001.
- [7] BACCAN, N; ANDRADE, J.C; GODINHO, O. E. S. & BARONE, J.S., Química analítica quantitativa elementar, 3ª ed., Editora Edgar Blucher, São Paulo: Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- [8] SKOOG, Douglas A.: et al. Fundamentos de Química analítica. 8ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.
- [9] PEIXOTO, J.G, ALMEIDA, C.E; Avaliação da incerteza na implantação de um sistema de calibração na faixa da mamografia. Metrologia para a vida. 2003, Recife, Pernambuco.
- [10] Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia – VIM. Portaria Inmetro 029 de 1995.
- [11] Incerteza de medição. PUC-Rio-Certificação Digital Nº 0116460/CA.
- [12] SARAIVA, C.P. VENTURINI, N.E.; Simplificando o cálculo da incerteza de medição em ensaios e calibrações rotineiras. In: ENQUALAB-Encontro para a qualidade de laboratórios. 2003, São Paulo, Brasil.
- [13] HORTELLANI, M.A; Incerteza associada a determinação de mercúrio em sedimentos. In: Metrologia para a vida. 2003, Recife, Pernambuco.