



## Estimativa da Incerteza de Medição da Viscosidade Cinemática pelo Método Manual em Biodiesel

*Roberta Quintino Frinhani Chimin<sup>1</sup>, Geisamanda Pedrini Brandão<sup>2</sup>, Eustáquio Vinicius Ribeiro de Castro<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> LabPetro-DQUI-UFES, Vitória-ES, Brasil, betaqf@hotmail.com

<sup>2</sup> LabPetro-DQUI-UFES, Vitória-ES, Brasil, geisamanda@gmail.com

<sup>3</sup> LabPetro-DQUI-UFES, Vitória-ES, Brasil, eustaquiovinicius@uol.com.br

**Resumo:** A implementação de um programa de garantia da qualidade em laboratórios de ensaio é essencial e devido à necessidade de demonstrar a confiabilidade dos resultados de medições. Alguns laboratórios vêm implementando sistemas da qualidade, em especial, seguindo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, que inclui como um dos requisitos o cálculo da incerteza dos resultados das medições. Este cálculo da incerteza representa o novo paradigma na área da qualidade de medições em laboratórios e, atualmente, um resultado sem a correspondente declaração de incerteza não pode ser considerado confiável.

Este artigo apresenta um resumo dos mecanismos mais importantes para a avaliação e elaboração da estimativa de incerteza de medição associada ao ensaio de viscosidade cinemática em biodiesel pelo método manual, apresentando o procedimento executado para o cálculo de incerteza das grandezas de influência de medição, identificando, quantificando e avaliando as principais fontes de incerteza encontradas. A viscosidade cinemática é um indicador importante da qualidade de biocombustíveis e é fundamental que seu resultado tenha uma indicação quantitativa para avaliação de sua confiabilidade. A incerteza expandida encontrada foi  $0,034 \text{ mm}^2/\text{s}$ . Os resultados obtidos para as componentes da incerteza global mostraram que a principal contribuição para o resultado da medição foi proveniente da repetitividade.

**Palavras chave:** Fontes de incerteza, incerteza de medição, viscosidade cinemática, biodiesel.

### 1. INTRODUÇÃO

Frequentemente o resultado de uma medição é comparado com um valor definido de uma especificação técnica ou tolerância de um processo. Conforme a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 [1], uma declaração de conformidade deve sempre levar em conta a incerteza de medição do resultado.

Incerteza é um parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas [2]. Como o valor verdadeiro de uma medição é desconhecido, qualquer resultado será somente uma estimativa do valor do mensurando. A incerteza do resultado de uma medição reflete a falta de conhecimento exato do valor do mensurando, sendo uma indicação quantitativa da qualidade do resultado, de forma tal que aqueles que o utilizam

possam avaliar sua confiabilidade. Para a sua avaliação é utilizado como referência o Guia para Expressão da Incerteza de Medição [3].

Normalmente, o resultado de uma medição (VIM item 2.9) [2] ou do cálculo de uma grandeza representa somente uma aproximação, ou uma estimativa do valor do mensurando e, portanto, somente é completo quando acompanhado de uma declaração da incerteza associada.

A avaliação da incerteza, realizada de acordo com os princípios estabelecidos pela norma ISO, é baseada na identificação e quantificação dos efeitos dos parâmetros de influência sobre a incerteza global. Além disso, requer a compreensão do procedimento de medição e das incertezas associadas a cada um dos fatores que influenciam o resultado.

Na implementação desses princípios, é de fundamental importância a existência de práticas analíticas capazes de subsidiar as informações necessárias à avaliação dessas incertezas.

A medição de uma grandeza é sempre iniciada através da identificação do mensurando, associado aos respectivos métodos de medição e procedimento de medição.

A incerteza é composta de muitos componentes. Alguns destes componentes podem ser estimados com base na distribuição estatística dos resultados das séries de medições e podem ser caracterizados por desvios padrão experimentais. Os outros componentes, que também podem ser caracterizados por desvios padrão, são avaliados por meio de distribuição de probabilidades assumidas, baseadas na experiência ou em outras informações. Na prática, a incerteza do resultado analítico pode surgir de muitas fontes possíveis: amostragem, preparação da amostra, efeitos de matriz, equipamentos, padrões e materiais de referência, entre outros.

A incerteza de medição pode ser expressa, por exemplo, por meio do desvio padrão (ou um múltiplo dele), ou a metade de um intervalo correspondente a um nível de confiança definido conforme item 2.26 do VIM [2].

Com o objetivo de identificar e analisar as possíveis fontes de incerteza na medição (VIM item 2.1) [2] das grandezas avaliadas, os procedimentos adotados em cada etapa devem ser detalhados e estruturados de forma a garantir a máxima abrangência, evitando a duplicidade de fontes de incerteza. Normalmente, este objetivo pode ser

alcançado e melhor visualizado através da utilização de diagramas de causa e efeito, também conhecidos como diagramas de Ishikawa ou de espinha de peixe. (Item 3.1.)

A implementação de um programa de garantia da qualidade em um laboratório de ensaios torna-se mais um requisito fundamental para a conquista de novos mercados e para a oferta de serviços especializados com qualidade comprovada.

Um requisito importante para o cálculo de incerteza é a rastreabilidade que consiste em uma propriedade do valor do resultado de uma medição ou do valor transportado por um material de referência, nunca podendo ser atribuída a um método, a um instrumento, a um material ou a um Instituto (Nacional) de Metrologia, mas sempre a outro valor. Outro requisito fundamental é a calibração, na qual estabelece a forma com que o sistema responde a alterações no parâmetro medido, enquanto que a rastreabilidade estabelece a exatidão do resultado da medição (VIM item 2.13) [2] através de materiais de referência.

O Brasil é um grande consumidor de combustíveis não-renováveis devido ao seu modelo de transportes estar baseado no transporte rodoviário. Devido a grande demanda de derivados de petróleo, a escassez e alta do preço do petróleo, bem como as preocupações sobre as mudanças climáticas globais, a produção de biodiesel tem recebido grande atenção. O LabPetro, do DQI-UFES, atua na área de pesquisas em petróleos com a parceria da Petrobras e ANP. Realizando ensaios diversos neste campo, o laboratório adquiriu larga experiência na avaliação da qualidade de petróleos diversos e, com a inserção dos biocombustíveis no cenário nacional, passou a realizar cálculos de incerteza de medição para os diversos ensaios em biocombustíveis após a implantação do Sistema de gestão da qualidade, baseada na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.

Algumas exigências de qualidade dos biocombustíveis são feitas para comercialização e utilização destes em motores, e entre essas, está a viscosidade. A viscosidade cinemática expressa a resistência oferecida pela substância ao escoamento sob gravidade, segundo a Norma ASTM D445 [4]. O controle da viscosidade de uma substância visa garantir um funcionamento adequado dos sistemas de injeção e bombas de combustível.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo estimar a incerteza de medição associada à determinação da viscosidade cinemática em biodiesel pelo método manual, identificando, quantificando e avaliando as principais fontes de incerteza encontradas.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O cálculo da incerteza de medição apresentado neste trabalho foi resultado da análise da viscosidade cinemática em biodiesel pelo método manual (ASTM D445) [4]. O biodiesel utilizado nos estudos de repe, repro e determinabilidade foi proveniente da COPPEComb, do

Centro de Pesquisas e Caracterização de Petróleo e Combustíveis da UFRJ, produzido a partir de óleo de soja.

Durante as medições foi utilizado um banho viscosimétrico termostático, tubo viscosimétrico calibrado do tipo Cannon Fenske de rotina, especificação 75 (faixa 1,6 a 8,0  $mm^2/s$ ) [5], termômetros calibrados do tipo ASTM 120C e cronômetro digital calibrado.

O procedimento para estimar a incerteza envolveu três etapas. Iniciou-se com a identificação das principais fontes de incerteza (diagrama de Ishikawa). Posteriormente realizou-se a quantificação das fontes de incerteza e cálculo da incerteza de medição expandida associada a um fator de abrangência. Os cálculos foram realizados em uma planilha no Microsoft Excel e, em seguida, validada.

### 3.1. Identificação das fontes de incerteza

Para o cálculo da incerteza na determinação da viscosidade cinemática do biodiesel pelo método manual foram consideradas quatorze fontes de incerteza. Estas fontes podem ser melhor observadas através do diagrama de Ishikawa (Figura 1), no qual estão correlacionadas as contribuições para a incerteza final.

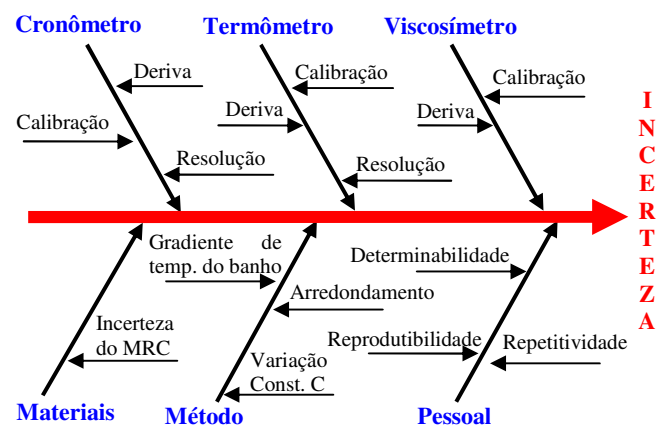


Figura 1. Diagrama de Ishikawa (Correlação Causa – Efeito)

Abaixo estão as descrições das fontes de incerteza:

- **Incerteza da calibração do viscosímetro:** corresponde ao valor da componente de incerteza do tubo viscosímetro, retirada do certificado de calibração do tubo;
- **Incerteza da deriva do viscosímetro:** corresponde ao valor da componente de incerteza do viscosímetro devido à deriva do valor da sua constante ao longo do tempo. Analisa-se o histórico da constante do viscosímetro ao longo de várias calibrações e no caso de viscosímetros novos que não tenham sido recalibrados, estima-se um valor para esta componente de incerteza com base na experiência da equipe, recomendação de fabricantes ou outra fonte de informação;
- **Incerteza do gradiente de temperatura do banho:** corresponde ao valor da componente de incerteza referente aos gradientes de temperatura do banho utilizado na medição da viscosidade, obtido experimentalmente;
- **Incerteza do termômetro:** corresponde ao valor da componente de incerteza do termômetro utilizado para

medição da temperatura da amostra, retirada do seu certificado de calibração;

- **Incerteza da resolução do termômetro:** corresponde ao valor da componente de incerteza devido à resolução limitada do termômetro;

- **Incerteza da deriva do termômetro:** corresponde ao valor da componente de incerteza do termômetro devido a deriva das indicações do mesmo ao longo do tempo. Analisa-se o histórico do termômetro ao longo de várias calibrações e no caso de termômetros novos que não tenham sido recalibrados, estima-se um valor para esta componente de incerteza com base na experiência da equipe, recomendação de fabricantes ou outra fonte de informação;

- **Incerteza do cronômetro:** corresponde ao valor da componente de incerteza do cronômetro utilizado para medição do tempo de escoamento da amostra, retirada do seu certificado de calibração;

- **Incerteza da resolução do cronômetro:** corresponde ao valor da componente de incerteza devido à resolução limitada do cronômetro;

- **Incerteza da deriva do cronômetro:** corresponde ao valor da componente de incerteza do cronômetro devido a deriva das indicações do mesmo ao longo do tempo. Analisa-se o histórico do cronômetro ao longo de várias calibrações e no caso de cronômetros novos que não tenham sido recalibrados, estima-se um valor para esta componente de incerteza com base na experiência da equipe, recomendação de fabricantes ou outra fonte de informação;

- **Incerteza da variação da constante de calibração C:** corresponde ao valor da componente de incerteza referente à variação da constante C, ocasionada pela variação entre a aceleração da gravidade medida no laboratório de calibração e a aceleração da gravidade local. Como esta constante depende da aceleração gravitacional no local de calibração, a mesma é, portanto, fornecida pelo laboratório de calibração juntamente com a constante de instrumento. Para o cálculo da fonte de incerteza assumiu-se uma diferença de no máximo 0,1%, conforme Norma ASTM D 445 [4].

- **Incerteza da determinabilidade:** corresponde ao valor da componente de incerteza devido à determinabilidade dos resultados. Foram realizados ensaios sob condições de determinabilidade e os valores encontrados foram utilizados para o cálculo da contribuição de incerteza;

O conceito de determinabilidade está descrito conforme ASTM D 445 [4]: A diferença entre sucessivos valores obtidos pelo mesmo operador, no mesmo laboratório e utilizando o mesmo equipamento para uma série de operações que levam a um resultado único, deveria, a longo prazo, em operação normal e correta deste método de ensaio, exceder o valores indicados na norma em apenas um caso em vinte;

- **Incerteza da repetitividade:** corresponde ao valor da componente de incerteza devido à repetitividade dos resultados. Foram realizados ensaios sob condições de

repetitividade (VIM item 2.20) [2] e os valores encontrados foram utilizados para o cálculo da contribuição de incerteza;

- **Incerteza da reprodutibilidade:** corresponde ao valor da componente de incerteza devido à reprodutibilidade dos resultados. Foram realizados ensaios sob condições de reprodutibilidade (VIM item 2.24) [2] e os valores encontrados foram utilizados para o cálculo da contribuição de incerteza;

- **Incerteza do material de referência certificado (MRC):** corresponde ao valor da incerteza do MRC obtido em seu certificado. Os tubos viscosimétricos são verificados periodicamente com a utilização de MRC de acordo com o especificado na ASTM D 446 [5].

Os estudos de repetitividade e reprodutibilidade foram realizados por 2 analistas desempenhando 7 ensaios independentes cada um. Foram realizados 10 ensaios para o estudo de determinabilidade e cada ensaio em triplicata;

### 3.2. Quantificação das fontes de incerteza

Antes de combinar todas as contribuições de incerteza para a obtenção da incerteza global do mensurando, essas devem ser expressas na forma de incertezas padrão, ou seja, como desvio padrão.

A quantificação destas fontes foi realizada a partir de dados atribuídos para cada fonte de incerteza da planilha, como valor, divisor, coeficiente de sensibilidade e graus de liberdade. A equação matemática para a determinação da incerteza padrão é:

$$u_i = \left( \frac{\text{Valor}_i}{\text{Divisor}_i} \right) \times c_i \quad (1)$$

onde:

- $u_i$ : incerteza padrão da componente de incerteza “i”;
- Valor  $i$ : estimativa da componente de incerteza;
- Divisor  $i$ : valor atribuído conforme a distribuição de probabilidade assumida, ou fator de abrangência correspondente;
- $c_i$ : coeficiente de sensibilidade.

Os divisores para algumas distribuições de probabilidade estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Distribuições de probabilidade e divisores

Distribuição de Probabilidade	Divisor
Normal	1
Normal (aprox. 95%)	2
Normal (aprox. 99%)	3
Normal (k)	k (do certificado de calibração)
Retangular	$\sqrt{3}$
Triangular	$\sqrt{6}$
Probabilidade U	$\sqrt{2}$

Baseados no método de avaliação os componentes da incerteza podem ser classificados em Tipo A, quando a avaliação é realizada pela análise estatística de uma série de

observações da grandeza medida, isto é, quando as medições são obtidas sob condições de repetitividade e a do Tipo B, quando se assume que cada grandeza de entrada tem uma distribuição e um intervalo de dispersão [6]. Essas distribuições podem ser retangular, triangular, normal, etc. Define-se avaliação do Tipo A e do Tipo B como:

- Avaliação Tipo A da incerteza de medição: avaliação de uma componente da incerteza de medição por uma análise estatística dos valores medidos, obtidos sob condições definidas de medição [2].

- Avaliação Tipo B da incerteza de medição: avaliação de uma componente da incerteza de medição determinada por meios diferentes daquele adotado para a avaliação do Tipo A da incerteza de medição [2].

A incerteza padrão combinada ( $u_c$ ) é obtida pela raiz quadrada positiva da soma quadrática das várias incertezas padrão ( $u_i$ ). A equação matemática é:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_n^2} \quad (2)$$

Esta equação só poderá ser utilizada se as várias incertezas padrão ( $u_i$ ) forem estatisticamente independentes entre si. Isto significa que as variáveis não são correlacionadas.

O grau de liberdade efetivo é calculado a partir da incerteza padrão combinada, das incertezas padrão de cada uma das “n” componentes de incerteza e dos seus respectivos graus de liberdade, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$V_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i^4}{V_i}} \quad (3)$$

Onde

- $u_c$ : incerteza padrão combinada;
- $u_i$ : incerteza padrão de cada uma das “n” componentes de incerteza;
- $V_i$ : graus de liberdade de cada uma das “n” componentes de incerteza.

O valor de  $k$  é obtido a partir da “Tabela de Distribuição  $t$  de Student” para a probabilidade de 95,45%.

Nas aplicações comerciais, industriais e regulamentadoras é necessário determinar um valor de incerteza que defina um intervalo que englobe uma grande porção da atribuição de valores que podem razoavelmente ser atribuídos ao mensurando. Esta incerteza é conhecida como incerteza expandida e deve fornecer um nível de confiança igual ou maior a 95%. A seguir encontra-se o cálculo da incerteza expandida:

$$U = k \times u_c \quad (4)$$

Onde  $u_c$  é a incerteza padrão combinada, encontrada no processo, e  $k$  é o fator de abrangência determinado.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As componentes das incertezas padrão associadas à dispersão das medições (“tipo A”) foram obtidas a partir do cálculo do desvio padrão experimental das medições da

viscosidade cinemática e apresentam distribuição de probabilidade normal.

As outras componentes foram avaliadas pelo método do tipo B, nomeadamente associada à outros meios que não a análise estatística de uma série de observações, como resolução dos instrumentos, certificados de calibrações, estimativas, entre outros. A incerteza padrão proveniente de efeitos aleatórios é, normalmente, estimada a partir de uma série de experimentos em replicata, sendo sua estimativa quantificada em termos do desvio padrão dos valores medidos.

Aplicando as equações de 1 a 4, os valores das incertezas padrão, incerteza padrão combinada, incerteza de medição expandida e o fator de abrangência foram calculados para o ensaio de viscosidade cinemática pelo método manual em biodiesel no LabPetro, DQUI-UFES. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2. Resultados dos cálculos de incerteza de medição da Viscosidade Cinemática - método manual em biodiesel.**

Fonte de incerteza	Valor $u_i$	Divisor $v_i$	$c_i$	$u_i$ (mm <sup>2</sup> /s)
Calibração do viscosímetro	0,0001 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	2,00	460 s	0,00316
Deriva do viscosímetro	0,0001 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	$\sqrt{3}$	460 s	0,00365
Gradiente de temp. do banho	0,01000 °C	$\sqrt{3}$	0,0833 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> °C	0,00048
Calibração do termômetro	0,08000 °C	2,00	0,0833 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> °C	0,00333
Resolução do termômetro	0,01250 °C	$\sqrt{3}$	0,0833 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> °C	0,00060
Deriva do termômetro	0,08000 °C	$\sqrt{3}$	0,0833 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> °C	0,00385
Calibração do cronômetro	0,05000 s	2,00	0,008803 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	0,00020
Resolução do cronômetro	0,00500 s	$\sqrt{3}$	0,008803 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	0,00003
Deriva do cronômetro	0,05000 s	$\sqrt{3}$	0,008803 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	0,00025
Varição da Constante C	0,000022 mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	$\sqrt{3}$	460 s	0,00584
Determinabilidade	0,00600 mm <sup>2</sup> /s	1,00	1,00	0,00600
Repetitividade	0,01100 mm <sup>2</sup> /s	1,00	1,00	0,01100
Reprodutividade	0,00328 mm <sup>2</sup> /s	1,00	1,00	0,00328
MR Certificado	0,00916 mm <sup>2</sup> /s	2,00	1,00	0,00458
<b>Incerteza de Medição Expandida</b>				
<b>Incerteza Padrão Combinada (<math>u_c</math>)</b>		<b>Distribuição</b>		<b>Incerteza</b>
		Normal		0,017 mm <sup>2</sup> /s
<b>Incerteza de Medição Expandida (<math>U_{95}</math>); Probabilidade <math>\cong</math> 95%</b>		Normal		0,034 mm <sup>2</sup> /s ( $v_{eff} = 58$ ; $k = 2,04$ )

A incerteza final associada a medição de viscosidade cinemática pelo método manual, gerada através da planilha de estimativa, foi satisfatória e contribuiu para a eficiência da análise crítica do resultado da medição, implementando com sucesso o procedimento descrito. Analisando as fontes de incerteza (Figura 2) verificou-se que a fonte que mais predominou foi a repetitividade.

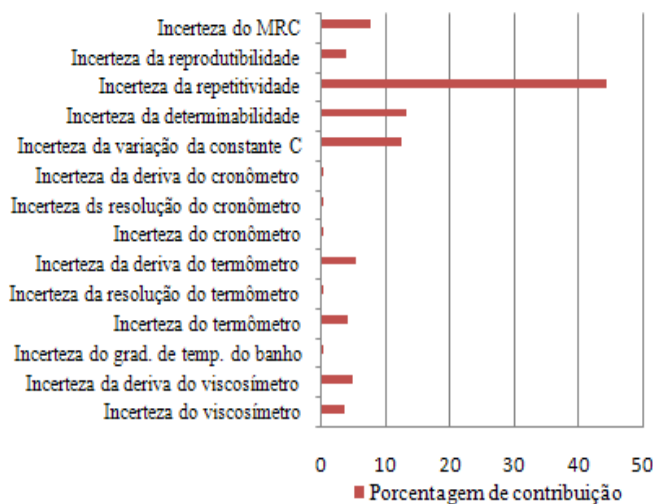


Figura 2. Gráfico comparativo das fontes de incerteza

A abordagem das incertezas, da forma como foi discutida, teve a pretensão de levantar as principais fontes de incerteza sem subestimar fontes de variabilidade importantes. No entanto, algumas delas, como observadas na Figura 2, não apresentaram relevância perante as demais, que são as incertezas relacionadas ao cronômetro, resolução do termômetro e gradiente de temperatura do banho.

## 5. CONCLUSÃO

A Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 foi produzida como resultado de ampla experiência na implementação da ISO Guia 25 e da EN 45001, que são canceladas e substituídas de modo a serem utilizados textos idênticos nos níveis internacional e regionalmente. Ela estabelece os critérios para aqueles laboratórios que desejam demonstrar sua competência técnica, que possuem um sistema da qualidade efetivo e que são capazes de produzir resultados tecnicamente válidos. [7]

No mundo globalizado a padronização é de fundamental importância para viabilizar e incrementar as trocas comerciais nos âmbitos nacional, regional e internacional. As organizações que desenvolvem suas atividades e operam os seus processos produtivos de acordo com normas e procedimentos harmonizados e aceitos como padrões, estarão em condições mais favoráveis para superar possíveis barreiras não-tarifárias e atender a requisitos técnicos especificados. Nesse contexto, a aplicação da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 é de grande relevância econômica, pois confere um valor diferenciado aos certificados de calibração e aos relatórios de ensaio emitidos por laboratórios cuja competência técnica é reconhecida por um organismo de credenciamento. Esse reconhecimento poderá se reverter em vantagens econômicas para os laboratórios.

Após mapear todas as fontes de incerteza e identificar aquelas que realmente afetam o resultado da medição, a planilha de incerteza forneceu ao laboratório uma excelente ferramenta para que melhorias sejam introduzidas ao método de medição. Desta forma, o cálculo da incerteza de medição também deve ser entendido como uma ferramenta para o aprimoramento de sistemas de medição, o que, justamente vem ao encontro das exigências da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 com respeito à melhoria contínua. Além disso, a incerteza em laboratórios de ensaios colabora na identificação de potenciais reduções de custos com calibrações de instrumentos.

Principalmente em Química, onde o valor relativo do mensurando é bem pequeno, é importante uma interpretação da incerteza de medição do resultado porque sem esta avaliação poderá ocorrer uma decisão equivocada.

O presente trabalho mostrou a importância de se conhecer as componentes de incerteza que contribuem ao resultado final, uma vez que permite identificar a etapa que mais contribui à incerteza global do resultado.

A sistemática aplicada para a avaliação das incertezas associadas aos procedimentos de medição requer uma racionalização das etapas que constituem os procedimentos analíticos. Ao longo do trabalho foram apresentados os procedimentos de cálculos, conforme a literatura [3], utilizados para a avaliação da incerteza de medição expandida, bem como para inferir qual a maior fonte de incerteza. Foi possível verificar que muitas das fontes de incertezas que estão envolvidas na medição de viscosidade cinemática em biodiesel pelo método manual devem ser consideradas, e que a incerteza encontrada para a repetitividade predomina.

Somente com o conhecimento adequado dos conceitos metrológicos e estatísticos é que os analistas químicos poderão ter o completo domínio das medições químicas e das suas fontes de incertezas para realizarem operações que realmente agreguem valor às análises em termos de resultados mais precisos, exatos e confiáveis e ao mesmo tempo deixarem de se preocupar com fatores que poderiam ser desprezados.

Desta forma, os autores deste artigo esperam contribuir para a disseminação de conhecimentos básicos sobre a estimativa de incerteza de medição e sua importante utilidade nas atividades rotineiras dos laboratórios de ensaios Brasileiros.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à todos da equipe do LabPetro-DQUI/UFES, ao MCT, FINEP, Fundação CERTI, IBP, Petrobras e ANP pelo apoio e financiamentos.

## 7. REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), *NBR ISO/IEC 17025. Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração*, Rio de Janeiro, 2005.

[2] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO), *VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados*, Rio de Janeiro 2009.

[3] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO), *Guia para a Expressão da Incerteza de Medição*, 3ª ed., Rio de Janeiro, 2003.

[4] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, *Standard D445 Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids*, 2011.

[5] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, *Standard D446 Standard Specifications and Operating Instructions for Glass Capillary Kinematic Viscometers*, 2007.

[6] A. Maroto, R. Boqué, J. Riu, X. Rius “*Trends in Analytical Chemistry*” 18(9-10): pp 577-584, 1999.

[7] B. Valle & G.G. BICHO – ABNT NBR ISO/IEC 17025: A Nova Norma Para Laboratórios de Ensaio e Calibração. *Revista Metrologia Instrumentação - Laboratórios & Controle de Processos*, Ano I, nº 5. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/divulga/artigos/metrologia.htm>>. Acesso em: 10 junho 2011.