

Nº 177646

Uma pesquisa com usuários sobre gestão metrológica na área de físico-química

**Fabício Gonçalves Torres
Diogo Cesar Borges Silva
Marcel Joly**

*Artigo publicado no Revista IPT
Tecnologia e Inovação, v.5, n.18, dez.,
2021.*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

PRODIBIDO A REPRODUÇÃO

Artigo técnico

Uma pesquisa com usuários sobre gestão metrológica na área de físico-química

A Users survey on metrological management in the physical chemistry arena

Fabício Gonçalves Torres^{a*}; Diogo Cesar Borges Silva^a; Marcel Joly^b

^a Laboratório de Metrologia Elétrica, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – Brasil.

^b Agência Reguladora de Serviços Públicos do Estado de São Paulo, ARSESP – Brasil.

E-mail: fabrigt@ipt.br

Palavras-chave:
metrologia; físico-química; medidor de pH; medidor de condutividade.

Keywords:
metrology; physical chemistry; pH meter; conductivity meter.

Resumo

Na arena da instrumentação físico-química, medidores de pH e de condutividade emergem como equipamentos críticos, sendo largamente utilizados em diversos segmentos industriais, na prestação de serviços laboratoriais e no campo da pesquisa e desenvolvimento. Medidas de pH e condutividade são essenciais para, por exemplo, a avaliação da qualidade da água, de combustíveis, de alimentos, e para a caracterização de materiais. Neste sentido, o grau de conhecimento teórico e prático dos usuários sobre o funcionamento e operação destes equipamentos, bem como dos conceitos metrológicos que envolvem o processo de medição, é fator crítico para que a medição seja realizada adequadamente. Enfocando questões relacionadas à estimativa de incerteza de medição, calibração e uso de material de referência, o presente trabalho apresenta e analisa os resultados de uma pesquisa com usuários de medidores de pH e de condutividade em diversas áreas de atuação. Conclui-se que a prática de alguns aspectos metrológicos, tais como a estimativa da incerteza de medição, ainda não está amplamente difundida, e torna-se necessária a capacitação dos usuários e disponibilização de ferramentas metrológicas que facilitem o exercício das boas práticas laboratoriais.

Abstract

In the arena of physical-chemical instrumentation, pH and conductivity meters emerge as critical equipment, being widely used in several industrial segments, in the provision of laboratory services and in the field of research and development. Measures of pH and conductivity are essential for, for example, the evaluation of the quality of water, fuels, food, and for the characterization of materials. In this sense, the degree of theoretical and practical knowledge of users about the functioning and operation of this equipment, as well as the metrological concepts that involve the measurement process, is a critical factor for the measurement to be carried out properly. Focusing on issues related to the estimation of measurement uncertainty, calibration and use of reference material, the present work presents and analyzes the results of a survey with users of pH and conductivity meters in several areas of activity. It is concluded that the practice of some metrological aspects, such as the estimation of measurement uncertainty, is not yet widespread, and it is necessary to train users and provide metrological tools that facilitate the exercise of good laboratory practices.

1 Introdução

A qualidade de um produto ou serviço prestado na arena laboratorial está intrinsecamente relacionada ao bom funcionamento de sua gestão metrológica envolvida no processo produtivo de qualquer empresa. Uma tomada de decisão assertiva, que pode impactar positivamente na entrega de um produto ou serviço, somente é possível a partir de medições confiáveis e com o rigor adequado à sua finalidade.

Medições tornam-se confiáveis a partir de uma série de fatores, tais como (INMETRO, 2012a):

- método e procedimento de medição;
define "como" e "o que" deve ser medido. Garante uma padronização de como a medição é realizada, obtendo resultados que possam ser comparados e analisados.
- rastreabilidade metrológica;
o resultado da medição é relacionado a uma referência através de uma hierarquia de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição.
- incerteza da medição;
parâmetro que caracteriza a dispersão dos valores de um mensurando. Ela pode ser estimada a partir da distribuição estatística dos valores (tipo A) ou por avaliação baseada em outras informações (tipo B), tais como: certificado de calibração, classe de exatidão de um instrumento de medição, entre outros.

O entendimento destes fatores é recomendável para um usuário de um dado equipamento de medição e indispensável para quem analisa os resultados de uma medição. Para o conhecimento desses fatores, é necessário um nível adequado de entendimento das leis da natureza por trás do mensurando; do princípio de funcionamento do equipamento de medição, suas limitações e fontes de erros para, assim, permitir uma adequada estimativa de incerteza de medição.

Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica são propriedades físico-químicas amplamente empregadas na fabricação e no controle de diversos produtos, incluindo desenvolvimentos de fronteira em nanotecnologia (e.g., AVRAMESCU **et al.**, 2017), ou na área da saúde, onde pH e condutividade são parâmetros importantes para o diagnóstico de doenças de um paciente (REHMAN; HALAI, 2011).

Neste sentido, medidores de pH e de condutividade, por serem amplamente utilizados e possuírem grande importância para a produção de produtos e de serviços com qualidade assegurada, exigem uma gestão metrológica adequada por parte dos usuários desses equipamentos.

1.1 Princípio de funcionamento

O medidor de pH e o medidor de condutividade, apesar de terem princípios físicos distintos, possuem grandes similaridades. Ambos os tipos de equipamentos são constituídos de um indicador, que recebe um sinal elétrico correspondente à leitura do equipamento, e um eletrodo (ou uma célula de condutividade) que, basicamente, tem a função de transdutor, convertendo uma grandeza físico-química em uma grandeza elétrica.

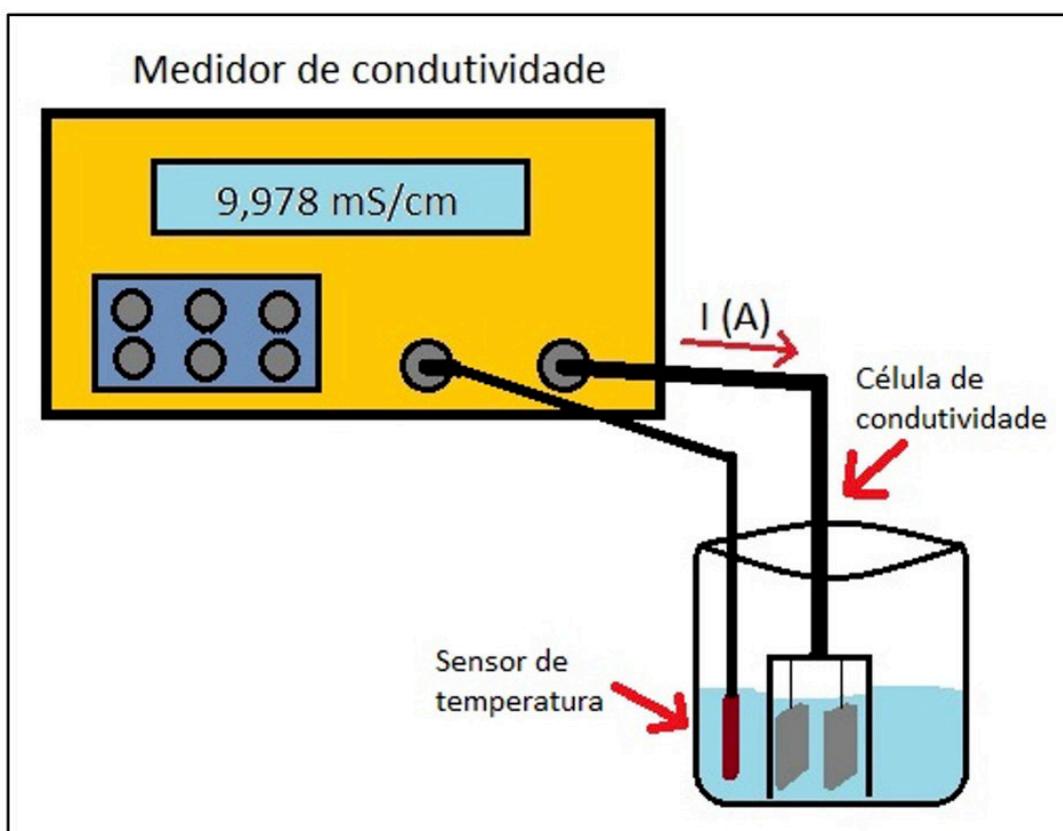
As medidas de pH e de condutividade são influenciadas pela variação de temperatura. Por este motivo, é comum que estes equipamentos tenham um sensor de temperatura que obtém o valor da temperatura da solução durante da medição. Tal temperatura pode ser, em seguida, compensada no valor da medida obtida pelo equipamento.

Outra similaridade entre esses dois equipamentos, está relacionada ao fato de ambos necessitarem de um ajuste prévio antes da medida a ser realizada. Esse ajuste deve ser feito por meio do uso de materiais de referência preferencialmente certificados e aceitos internacionalmente, com critérios estabelecidos de acordo com a norma ABNT NBR ISO 17034 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017b).

1.1.1 Medidor de condutividade

O princípio de funcionamento de um medidor de condutividade consiste na aplicação da Lei de Ohm a partir dos parâmetros elétricos medidos com a célula de condutividade submersa na solução sob teste. Conforme apresentado na **Figura 1**, o indicador aplica uma tensão conhecida, produzindo uma corrente elétrica que passa através da solução de magnitude proporcional ao valor da condutividade da solução. A partir da geometria da célula de condutividade, conhecida previamente, o equipamento calcula o valor da condutividade que, usualmente, é expressa em Siemens por metro (S/m).

Figura 1 - Representação de um medidor de condutividade.



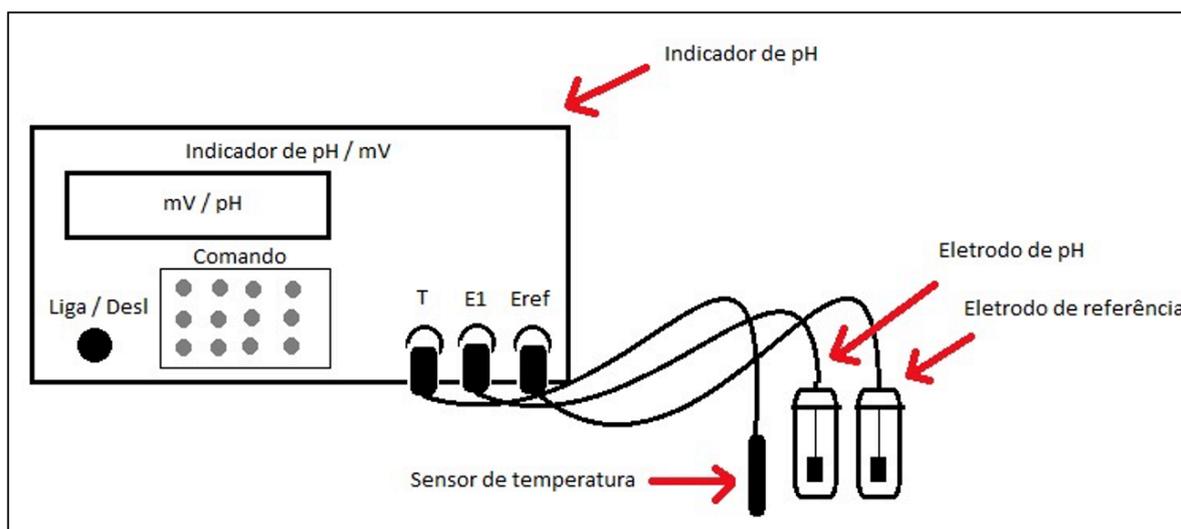
Fonte: elaborado pelo autor

1.1.2 Medidor de pH

O funcionamento de um medidor de pH (**Figura 2**) se baseia na medição da tensão elétrica obtidas por meio dos eletrodos. Os valores de tensão são processados internamente, corrigidos e convertidos para pH, de acordo com a Equação de Nerst. Em geral, a medição se dá relacionando a medição realizada pelo eletrodo de referência e um eletrodo de medição, sendo mais comum que o eletrodo de referência seja acoplado ao eletrodo de medição, em uma única peça, conhecida como eletrodo duplo combinado de pH.

O eletrodo de referência tem a finalidade de fornecer uma tensão estável, enquanto que o eletrodo de medição, sensível ao H_3O^+ , gera um valor de tensão proporcional à atividade de hidrônio na solução analisada (METTLER TOLEDO, 2016).

Figura 2 - Medidor de pH composto por indicador e eletrodos.



Fonte: elaborado pelo autor

1.2 Fontes de erro

É necessário ter conhecimento adequado das fontes de erros que possam estar atreladas a qualquer processo de medição. Algumas dessas fontes de erros podem ser eliminadas por completo por meio de controle de condições ambientais e cuidados com relação ao uso do equipamento, insumos e da própria amostra sob teste. Outros erros podem ser corrigidos, quando se possui informação suficiente deste erro, inclusive com relação à estabilidade do seu valor.

Os erros que podem ser corrigidos são chamados de erros sistemáticos. As fontes de erros que não podem ser eliminadas nem corrigidas são chamadas de erros aleatórios e são atribuídas como incerteza da medição. Essa distinção é parte crucial de uma medição sendo também fundamental que essas incertezas sejam expressadas adequadamente, de forma que seja assegurada a confiabilidade metrológica do resultado (VUOLO, 1996).

A medição de pH e de condutividade em uma solução desconhecida possui uma série de fontes de erros que devem ser levadas em consideração para a estimativa da incerteza da medição. Essas fontes de erros são provenientes do indicador, do eletrodo e das condições ambientais em que as medidas são realizadas. O processo de calibração fornece a rastreabilidade metrológica da medição além de oferecer informações cruciais na identificação das principais fontes de erro do item sob calibração, indicando a saúde de eletrodos e medidores.

1.3 Calibração e estimativa de incerteza de medição

Além dos cuidados básicos com o eletrodo (limpeza e armazenamento) e realização do ajuste com material de referência certificado, é também necessário que o conjunto indicador e eletrodos sejam enviados para calibração externa por laboratórios de calibração acreditados pela Coordenadoria Geral de Acreditação do Inmetro (CGCRE). Após o término da calibração, o laboratório emite um certificado de calibração para o item calibrado. Os resultados obtidos devem ser analisados para que sejam avaliados seus impactos no processo em que o medidor é utilizado.

A incerteza de medição da solução desconhecida é estimada seguindo os critérios estabelecidos no Guia para a Expressão de Incerteza de Medição – GUM (INMETRO, 2012b).

1.4 A importância de uma pesquisa com usuários dos equipamentos

Considerando que, em físico-química, as medidas de pH e de condutividade têm enorme campo de aplicação e inquestionável importância, é conveniente adotar, nos processos de medição, um conjunto de boas práticas laboratoriais bem como o correto uso das ferramentas metrológicas, de forma que seus resultados sejam confiáveis, de acordo com os requisitos gerais da norma ABNT NBR ISO 17025 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017a).

Pelo grau de importância já mencionado, justifica-se um estudo que avalie o nível de adequação, por parte dos usuários de medidores de pH e de condutividade, de alguns dos fatores metrológicos relevantes. A partir de tal estudo, será possível estabelecer se há a necessidade de implementar ações de melhoria voltadas a elevar a confiabilidade metrológica das medidas realizadas por esses usuários no processo produtivo da empresa.

2 Descrição do método da pesquisa

A pesquisa consistiu em um questionário direcionado para usuários (profissionais de nível médio e superior) de medidores de pH e condutividade. Os usuários foram selecionados através do banco de dados do Laboratório de Metrologia Elétrica do IPT, cujos e-mails de contato foram obtidos a partir de filtros aplicados sobre o tipo de instrumentação físico-química utilizada pelo usuário cadastrado. Adicionalmente, utilizando-se a rede social **LinkedIn Corporation Inc.**, outros usuários foram selecionados por meio de filtros de empresas que atuam com ensaios, calibrações e/ou pesquisa e desenvolvimento (P&D) relacionados à área de físico-química. Outro filtro aplicado para a seleção de usuários nesta plataforma foi a formação dos profissionais dos usuários da rede, tais como: química, engenharia química e farmacêutica.

A primeira pergunta do questionário inquiria se o respondente, de fato, era usuário de medidores de pH e/ou condutividade. Aqui, o intuito foi de garantir que o respondente tivesse conhecimento desses tipos de equipamentos. Com o objetivo de reduzir o risco de que usuários não familiarizados com esses equipamentos respondessem ao questionário, a mesma pergunta foi feita já no convite enviado individualmente para o potencial respondente.

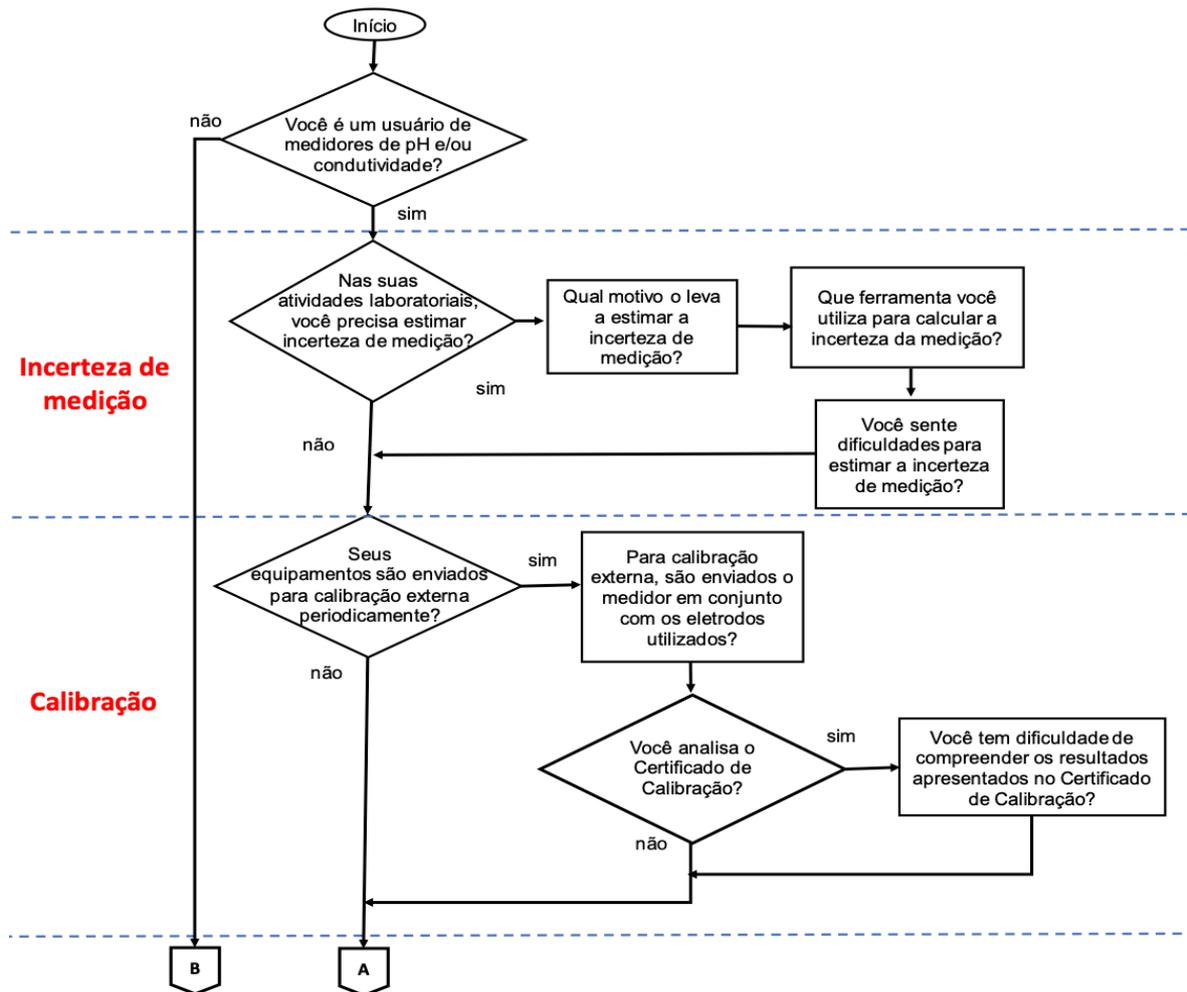
As demais perguntas do questionário foram elaboradas em blocos, que consistiam nos seguintes temas:

- estimativa de incerteza de medição;
- calibração;
- material de referência;
- capacitação e
- Identificação.

Em cada bloco haviam perguntas relacionadas ao tema do bloco, as quais eram apresentadas para o respondente a partir das respostas dadas. Em algumas situações, as perguntas dentro do mesmo tema somente eram apresentadas após a resposta do usuário à pergunta antecessora. Com relação ao último bloco (Identificação), o preenchimento dos campos não era obrigatório.

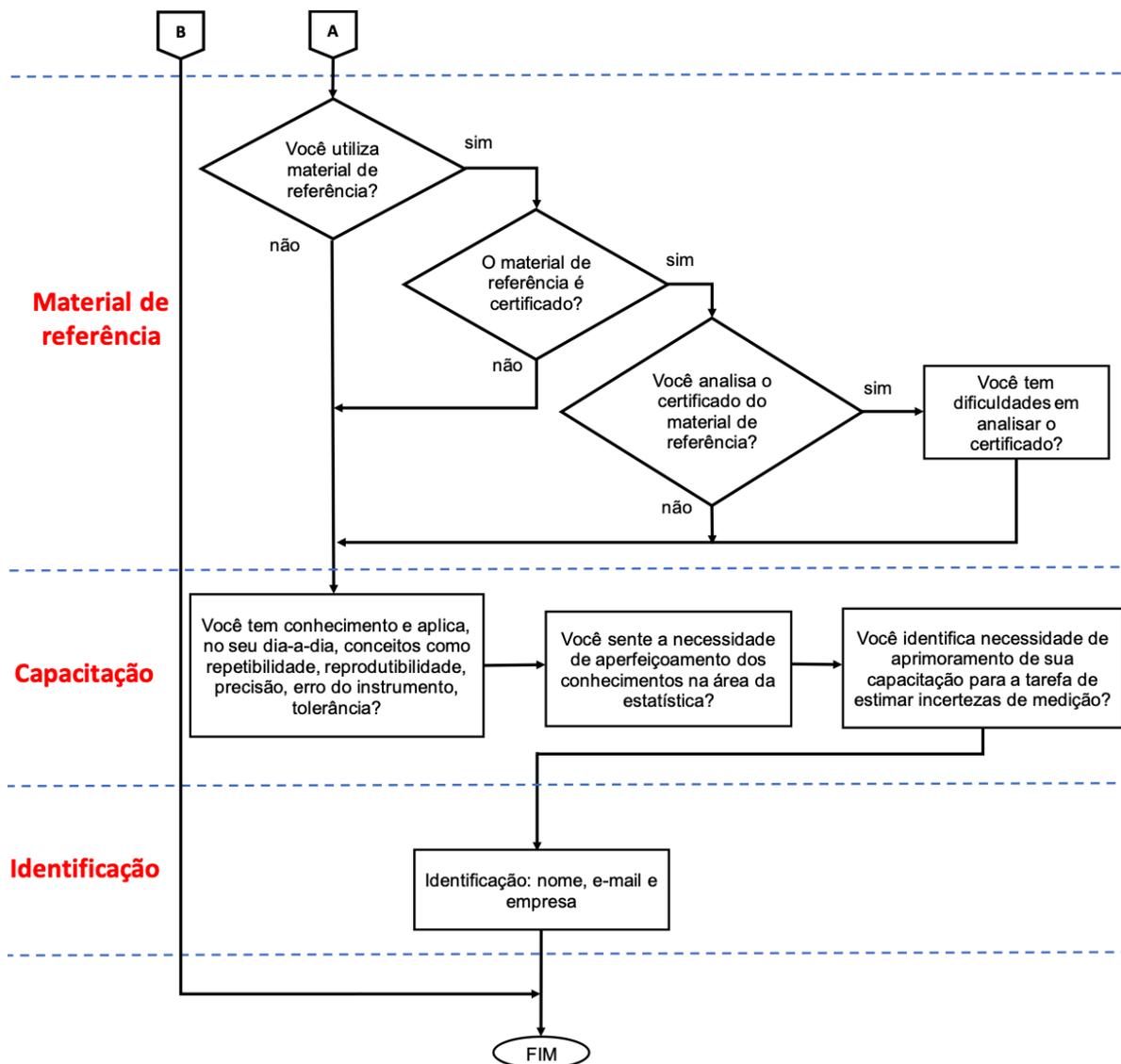
As **Figuras 3 e 4** abaixo apresentam o fluxograma com as perguntas realizadas.

Figura 3 - Fluxograma do questionário usado na pesquisa com usuários de medidores de pH e condutividade (parte 1 de 2).



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 4 - Fluxograma do questionário usado na pesquisa com usuários de medidores de pH e condutividade (parte 2 de 2).



Fonte: elaborado pelo autor.

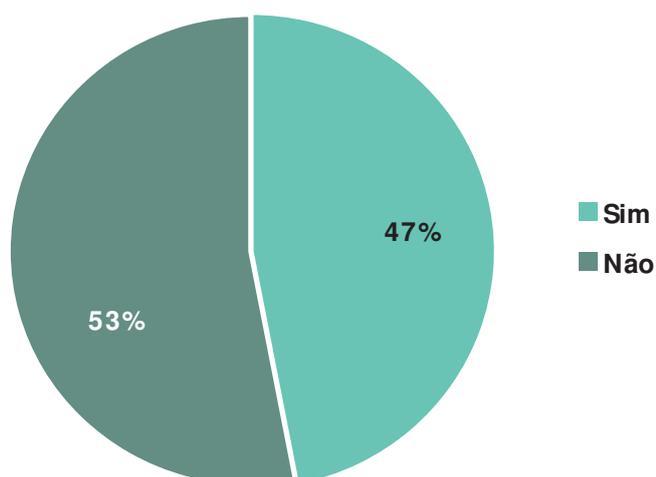
3 Resultados

A pesquisa foi respondida por 93 pessoas no período entre 21.09.2020 e 21.01.2021. A partir do nome da empresa no tema "Identificação", informado pelo respondente, foi possível constatar que, no mínimo, 35 empresas participaram com, pelo menos, um representante. As empresas citadas estão relacionadas a seguir:

- ACC Engenharia da Medição;
- Akzo Nobel;
- Archroma;
- Attend ambiental;
- Basf S.A.;
- BR Petrobrás;
- Cenpec Comércio e Serviços Ltda.;
- Centro de Tecnologia Canavieira (CTC);
- CETESB;
- CIRRA;
- Cooperativa de Café Regional de Guaxupé;
- Denver Impermeabilizantes;
- Ecomark;
- Emunah Gestão Técnica e da Qualidade;
- Grupo Infralab;
- Hb Fuller;
- IASTECH Automação;
- ICT INOVA BRASIL;
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT;
- Klin Engenharia e Gestão Ambiental;
- Metrohm Brasil;
- Montana Química;
- Myralis;
- Petrocoque S/A;
- Polyfer;
- PUCRS LABELO;
- Rovensa;
- Stärken Chemie;
- Stepan;
- Suzano;
- Symrise AG;
- Universidade Federal do Pará – UFPA;
- Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP;
- Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP;
- Universidade de São Paulo – USP

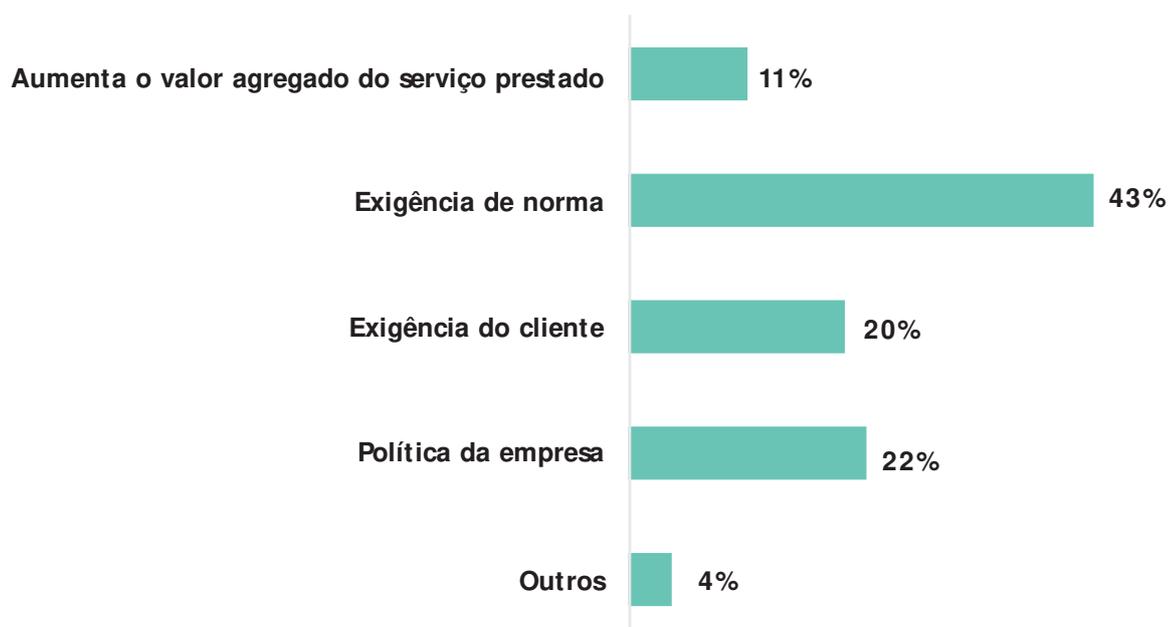
3.1 Estimativa de incerteza de medição

Figura 5 - Resposta sobre a necessidade de estimar incerteza de medição nas atividades laboratoriais. 93 usuários responderam à pergunta.



Fonte: elaborado pelo autor.

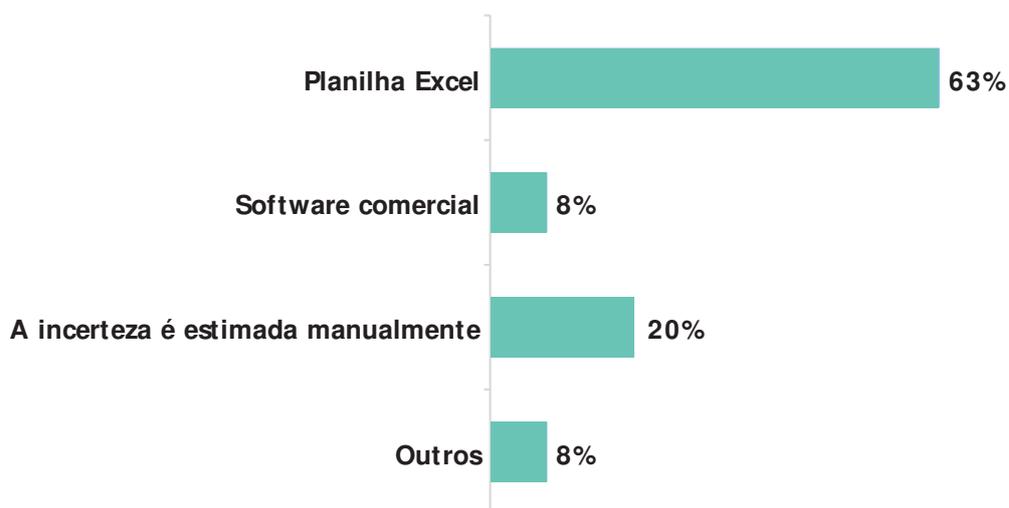
Figura 6 - Resposta sobre o motivo para estimar a incerteza de medição. 44 usuários responderam à pergunta (47% dos 93 usuários que responderam “Sim” na questão da Figura 5).



Fonte: elaborado pelo autor.

Dois respondentes preencheram no campo "Outros". As informações preenchidas foram: "publicação" e "boas práticas".

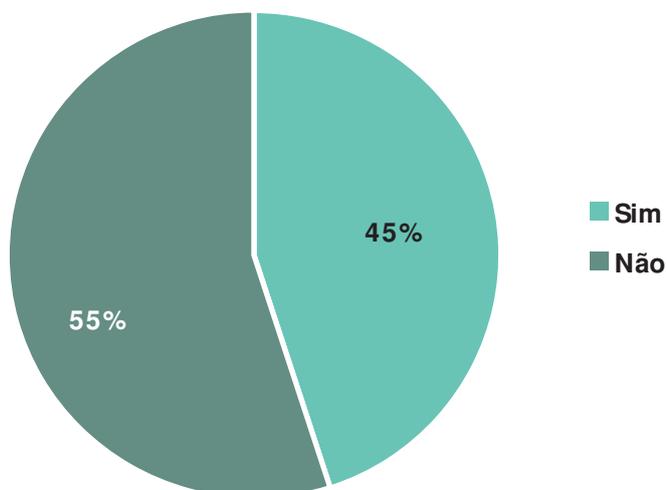
Figura 7 - Resposta sobre qual ferramenta é utilizada para estimar a incerteza de medição. 44 usuários responderam à pergunta (47% dos 93 usuários que responderam "Sim" na questão da Figura 5)



Fonte: elaborado pelo autor.

Dois respondentes preencheram no campo "Outros". As informações preenchidas foram: "sistema Limsophy em que sou representante" (sic) e "Próprio equipamento calcula".

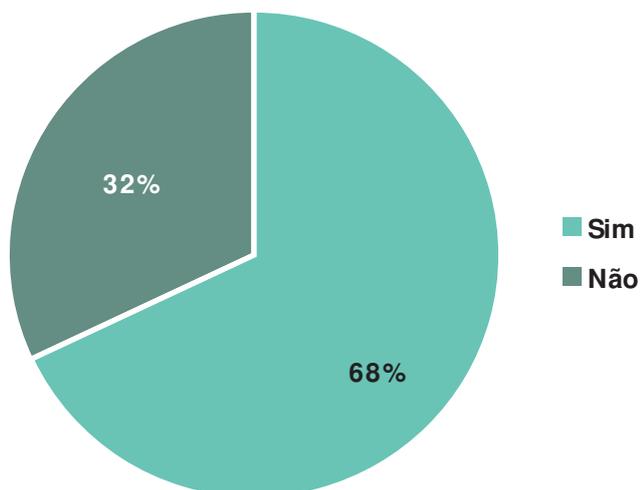
Figura 8 - Resposta sobre se há dificuldade em estimar incerteza de medição. 44 usuários responderam à pergunta (47% dos 93 usuários que responderam "Sim" na questão da Figura 5).



Fonte: elaborado pelo autor.

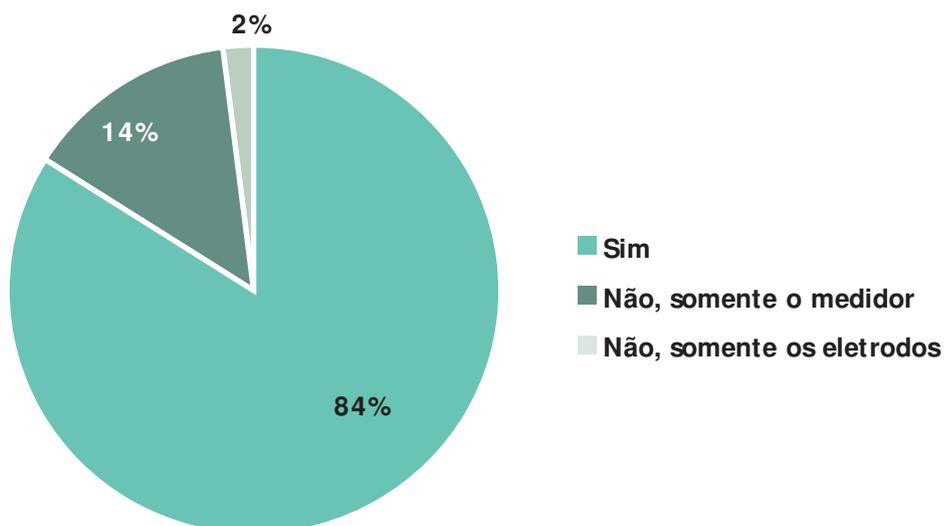
3.2. Calibração

Figura 9 - Resposta sobre se os equipamentos são enviados para calibração periodicamente. 93 usuários responderam à pergunta.



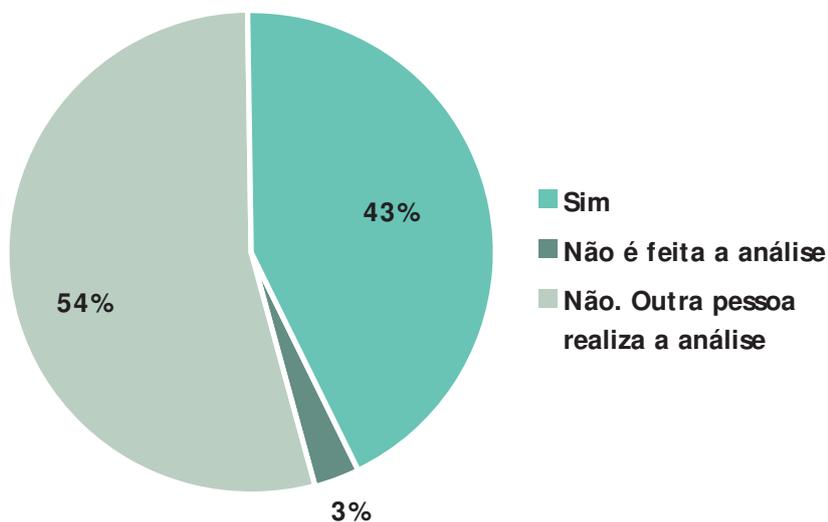
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 10 - Resposta sobre o envio do eletrodo em conjunto com o medidor. 63 usuários responderam à pergunta (68% dos 93 usuários que responderam "Sim" na questão da Figura 9).



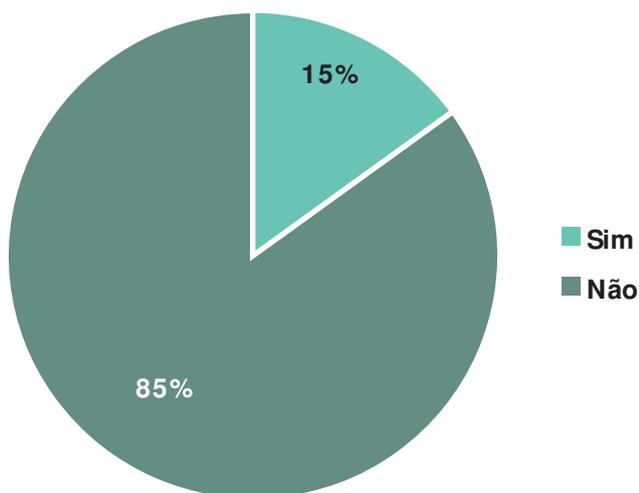
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 11 - Resposta se o usuário realiza a análise do certificado de calibração. 63 usuários responderam à pergunta (68% dos 93 usuários que responderam “Sim” na questão da Figura 9).



Fonte: elaborado pelo autor.

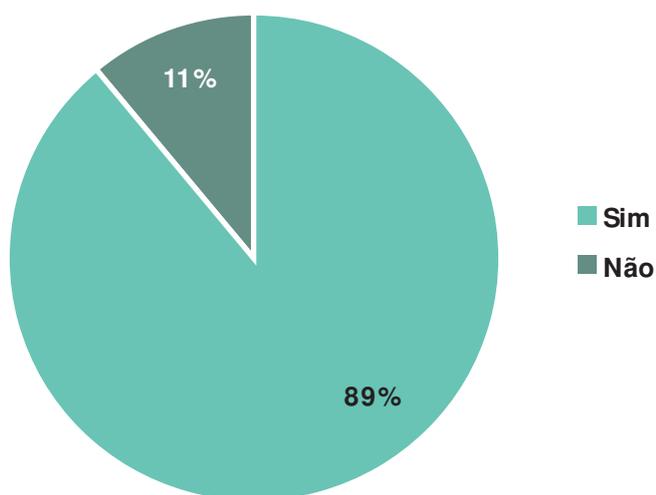
Figura 12 - Resposta se o usuário tem dificuldade em realizar a análise do certificado de calibração. 27 usuários responderam à pergunta (43% dos 63 usuários que responderam “Sim” na questão da Figura 11).



Fonte: elaborado pelo autor.

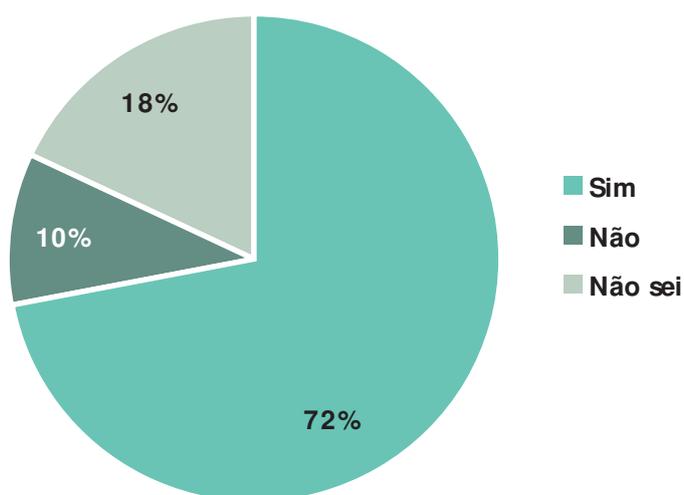
3.3 Material de referência

Figura 13 - Resposta se é utilizado material de referência antes do uso do equipamento. 93 usuários responderam à pergunta.



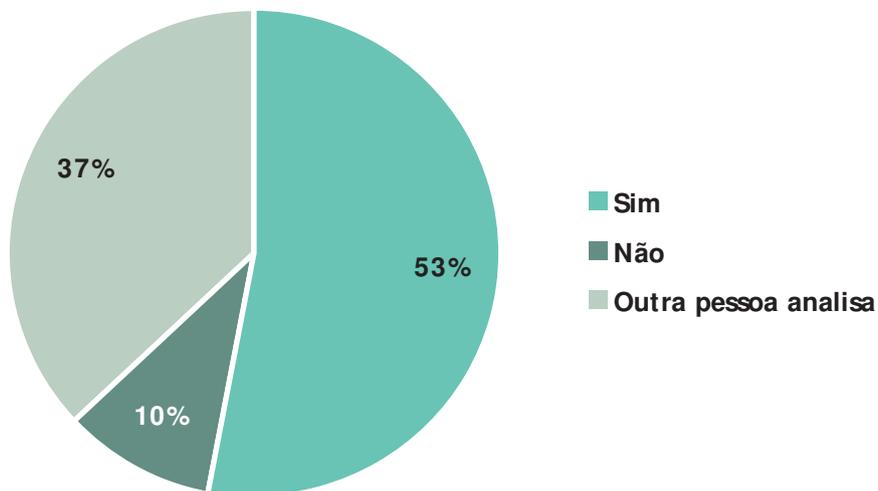
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 14 - Resposta se o material de referência é certificado. 83 usuários responderam à pergunta (89% dos 93 usuários que responderam "Sim" na questão da Figura 13).



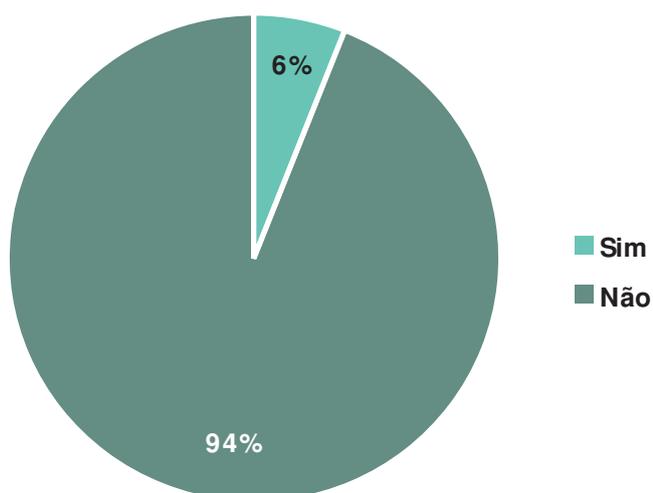
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 15 - Resposta se o certificado do material de referência é analisado. 60 usuários responderam à pergunta (72% dos 83 usuários que responderam “Sim” na questão da Figura 14).



Fonte: elaborado pelo autor.

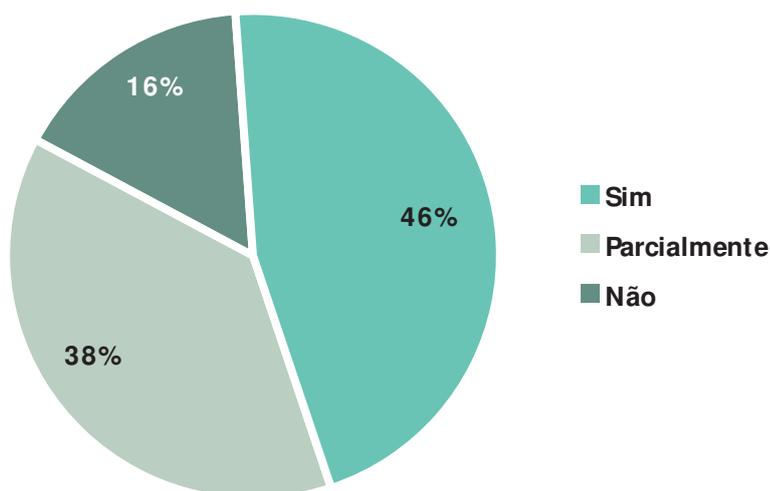
Figura 16 - Resposta se há dificuldade em analisar o certificado do material de Referência. 32 usuários responderam à pergunta (53% dos 60 usuários que responderam “Sim” na questão da Figura 15).



Fonte: elaborado pelo autor.

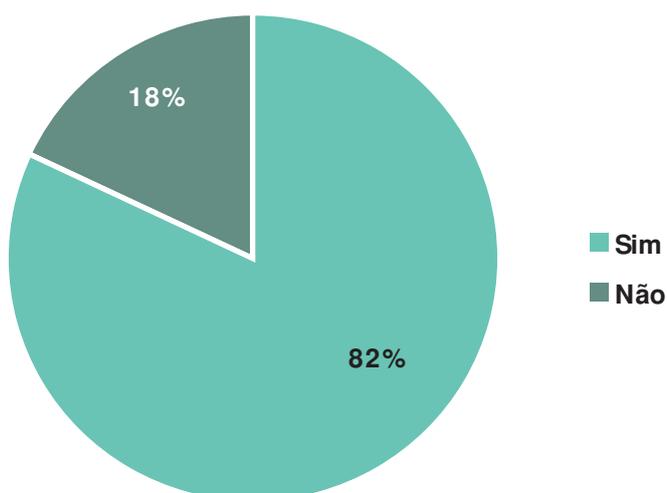
3.4 Capacitação

Figura 17 - Resposta se tem conhecimento e aplica, no seu dia-a-dia, conceitos como repetibilidade, reprodutibilidade, precisão, erro do instrumento e tolerância. 93 usuários responderam à pergunta.



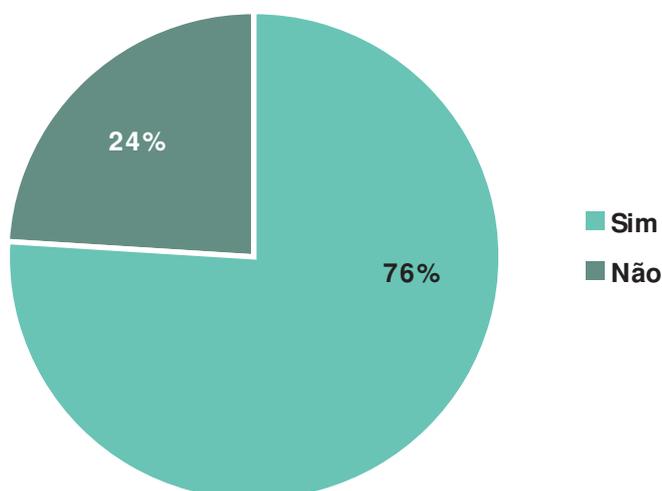
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 18 - Resposta sobre necessidade de aperfeiçoamento dos conhecimentos na área de estatística. 93 usuários responderam à pergunta.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 19 - Resposta sobre necessidade de aprimoramento da capacitação para a tarefa de estimar incertezas de medição. 93 usuários responderam à pergunta.



Fonte: elaborado pelo autor.

4 Análise dos resultados

A pesquisa possibilitou avaliar as respostas de representantes da indústria, universidades, organizações estatais e de institutos de pesquisa de grande relevância para o mercado nacional. Ressalta-se a participação de representante da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp, que possui larga experiência com uso de equipamentos de físico-química para análise da qualidade da água de abastecimento do estado de São Paulo.

Segundo **Figura 5**, é notável que mais da metade dos respondentes (53 %) declara que não há necessidade de se estimar incerteza de medição. A estimativa da incerteza de medição é fundamental, pois, sem ela, qualquer medição perde seu valor, impossibilitando qualquer análise e, muito menos, uma tomada de decisão baseada no resultado. É importante salientar que, na nova revisão da ABNT NBR ISO 17025 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017), a estimativa de incerteza torna-se essencial para qualquer atividade de laboratório, inclusive para ensaios, embora, não seja mandatário um rigor similar ao que é exigido em atividades de calibração.

Embora, não tenha sido o escopo deste trabalho, seria de relevância questionar aos usuários se os serviços prestados por eles são certificados pela ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade) ou acreditados conforme a ISO/IEC 17025 – Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração. Esta pesquisa poderia corroborar sobre a relevância das normas na propagação das boas práticas laboratoriais, tais como a importância em estimar a incerteza de medição.

Por meio das **Figuras 17, 18 e 19**, pode-se estimar que o alto número de usuários que não estimam a incerteza de medição é resultado da necessidade de treinamento e capacitação, já que mais da metade não tem ou tem parcialmente conhecimento em estatística, 82 % assume que há necessidade de aperfeiçoamento nessa área, e 76 % declara a necessidade de capacitação para a tarefa de estimar a incerteza de medição. É interessante notar que, dos usuários que estimam incerteza de medição, menos da metade (45 %) declara que há dificuldade em estimar a incerteza (**Figura 8**).

Dos que estimam a incerteza, verifica-se que o maior motivo para esta atividade é devido a exigência de uma norma (43 %) e exigência do cliente (20 %). Somente 11 % informa que aumenta o valor do serviço prestado (**Figura 6**). A partir desse resultado, é possível inferir que a norma tem significativa importância para o aumento das boas práticas laboratoriais já que, sem ela, haveria o risco de menos usuários estimarem a incerteza, devido à falta de conhecimento de sua importância.

De acordo com a **Figura 7**, constata-se que somente 8 % dos usuários que estima a incerteza de medição utiliza um software comercial. Mais de 60 % utiliza o editor de planilhas da Microsoft (Excel). Cabe salientar que seria pertinente a disponibilidade de um software dedicado a esta finalidade, que pudesse simplificar a tarefa para os usuários, com o objetivo também de aumentar a agilidade na execução do serviço, tanto para os usuários que utilizam o Excel e, principalmente, os 20 % que realizam a atividade manualmente.

Com relação à calibração do equipamento de medição, verifica-se, por meio da **Figura 9**, que 68% dos respondentes envia seus equipamentos para calibração externa periodicamente, entretanto, o percentual de 32% (1 a cada 3, aproximadamente) que não envia o equipamento para calibração é expressivo. Isso pode ser decorrente de alguns fatores, tais como:

- 1) falta de entendimento da necessidade de envio do equipamento para calibração; ou
- 2) devido à calibração do equipamento ser realizada internamente pelo próprio usuário.

Caso ocorra a calibração interna pelo próprio usuário, seria pertinente questionar se o usuário tem o entendimento adequado para realizar a calibração e estimar a incerteza expandida da medição, por meio do uso de materiais de referência certificados e por uso de padrão elétrico para calibração somente do indicador.

Dos usuários que realizam a calibração periódica de seus equipamentos (**Figura 10**), é possível constatar que a grande maioria (84%) segue as recomendações da NIT-DICLA-022 (COORDENAÇÃO GERAL DE ACREDITAÇÃO, 2019), que sugere a calibração do conjunto indicado + eletrodo.

Pode-se inferir que os 14% que enviam somente o indicador, avaliam que não há necessidade de efetuar a calibração do indicador com eletrodo, já que há necessidade de que, a cada medição realizada com o equipamento, seja utilizado material de referência antes da atividade. De fato, verifica-se que 89% dos usuários utilizam material de referência antes do uso do equipamento (**Figura 13**), embora,

apenas 72% declarar que o material de referência seja certificado (**Figura 14**), enquanto que 18% dos respondentes não souberam informar se o material de referência é ou não certificado. Cabe ressaltar a importância do material de referência ser certificado, já que, por meio da certificação é possível ter maior garantia na qualidade do produto, rastreabilidade metrológica e confiabilidade metrológica nos resultados presentes no certificado.

Uma etapa crucial do processo de medição é analisar o certificado de calibração ou o certificado do material de referência. O certificado de calibração do equipamento e o certificado do material de referência não são analisados, respectivamente, por 3% e 10% dos respondentes (**Figuras 11 e 15**). Este número baixo é bastante positivo, já que, um certificado não analisado seria equivalente a um equipamento não calibrado, ou um material de referência não certificado.

Considerando que 15% dos usuários que analisam o certificado de calibração e 6% dos que analisam o certificado do material de referência possuem dificuldade na análise dos certificados (**Figuras 12 e 16**), é importante salientar que uma plataforma de gestão metrológica, bem como ações de capacitação direcionadas para estes usuários seria de enorme potencial, facilitando ainda mais a tarefa dos usuários e, possivelmente, aumentando a produtividade do serviço.

5 Conclusão

Medidores de pH e de condutividade, por serem amplamente utilizados e terem grande importância na entrega de produtos e serviços com qualidade assegurada, é necessário que haja uma gestão metrológica adequada por parte dos usuários desses equipamentos. O trabalho apresentou o resultado de uma pesquisa realizada com, aproximadamente, 100 usuários de medidores de pH e de condutividade, com o intuito de avaliar o grau de conhecimento dos usuários com relação aos fatores envolvidos com a metrologia.

Os resultados foram analisados, trazendo à tona algumas ações necessárias, tais como:

- aumentar a conscientização dos usuários com relação à necessidade de se estimar incerteza expandida da medição;
- treinamento e capacitação dos usuários desses equipamentos no que se refere a conceitos metrológicos, estatística e cálculo de incerteza;
- disponibilização de software de gestão metrológica e de cálculo de incerteza, que possa auxiliar o usuário às boas práticas laboratoriais.

Salienta-se que o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT tem atuado internamente no desenvolvimento de uma plataforma para Internet, que será disponibilizada livre

mente aos usuários desses equipamentos. O objetivo é servir como ferramenta metrológica, facilitando o trabalho de se calcular a incerteza de medição. Espera-se que, com esta nova ferramenta, mais usuários comecem a estimar a incerteza de medição adequadamente.

Adicionalmente, como parte do processo de desenvolvimento da nova solução, e considerando o conhecimento e experiência do IPT em metrologia, o Instituto tem a intenção de capacitar os usuários de medidores de pH e condutividade através da plataforma proposta. Nesta ação, programas de capacitação consagrados do IPT, tais como o curso de análise de certificado de calibração, cálculo de incerteza de medição ou fundamentos de metrologia, serão aplicados. Outras ações, como a coordenação de programa de ensaio de proficiência, estão sendo estudadas, como meio de avaliação da eficácia, tanto dos treinamentos quanto do próprio uso da plataforma.

6 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 17025**: requisitos gerais para a competência de produtores de material de referência. Rio de Janeiro: ABNT, 2017a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 17034**: requisitos gerais para a competência de produtores de material de referência. Rio de Janeiro: ABNT, 2017b.

AVRAMESCU, M. L. et al. Influence of pH, particle size and crystal form on dissolution behaviour of engineered nanomaterials. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 24, p. 1553-1564, 2017.

COORDENAÇÃO GERAL DE ACREDITAÇÃO. **Documento de caráter orientativo** - Orientações para aplicação dos requisitos técnicos da ABNT ISO/IEC 17025 na Acreditação de Laboratórios de Calibração para o Grupo de Serviço de Físico-Química. CGCRE, 2019, rev. 3, 45 p.

INMETRO. **Vocabulário internacional de metrologia (VIM)**: conceitos fundamentais e gerais e termos associados. 1ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Luso-Brasileira, 2012a, 93 p.

INMETRO. **Guia para expressão da incerteza de medição – GUM**. 1a ed. Rio de Janeiro: Inmetro, 2012b. 141 p.

METTLER TOLEDO. **A Guide to pH measurement**: theory and practice of laboratory pH applications. Suíça: 2016. 60p.

REHMAN, R.; HALAI, M. Conceptual model of digital pH meter in telemedicine. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTI TOPIC, 14., 2011, Carachi. **Proceedings [...]**, Carachi: IEEE, 2011. v. 14, p. 87-89.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da teoria de erros**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 1996.

xx.xxxxx/xxxx-xxxx-v5n18-5

