

6 Conclusões e Trabalhos Futuros

6.1. Considerações Finais

O objetivo principal desta tese foi estudar de forma teórica e experimental, seguindo as boas práticas metrológicas, o modelo de medição baseado em uma fonte esférica de geração de calor para medição de condutividade térmica de líquidos, com foco nas soluções aquosas de etanol, e posterior determinação do teor de água da substância.

O método da esfera quente, em princípio, é um método absoluto de medição da condutividade térmica, o que significa que o sensor pode fornecer um resultado sem ser calibrado contra um padrão ou material de referência. Todavia, alguns parâmetros do modelo precisam ser cuidadosamente tratados, o que não é muito simples devido à falta de estudos mais aprofundados em certos aspectos, como por exemplo, o efeito da resistência térmica entre uma superfície esférica e um líquido. Sendo assim, para compensar a falta de algumas avaliações teóricas do modelo e a dificuldade de obtenção de precisas informações práticas, como o correto posicionamento do termômetro no interior da esfera, os sensores de esfera quente precisaram ser calibrados em meios de conhecidas propriedades térmicas. Cabe ressaltar que, como os dispositivos apresentam características construtivas distintas um do outro, a calibração deve ser feita de forma individualizada.

O método, que é baseado em um dispositivo esférico que simultaneamente gera calor e monitora a resposta de temperatura com o tempo, pode ser operado tanto no regime permanente quanto no transiente. Nesta pesquisa, optou-se pelo regime permanente, pois as medições neste regime são mais exatas do que aquelas executadas no regime transiente e o tempo necessário para o seu alcance não é tão longo. Como pôde ser observado no item 5.4, as medições podem ser realizadas em torno de 30 s.

Embora neste estudo tenham sido usadas amostras de volume relativamente grande (em torno de 1 L), e as medições tenham sido executadas em uma única

temperatura, o método permite que pequenas amostras sejam medidas e em uma extensa faixa de temperatura.

Diversos pesquisadores utilizaram sensores de esfera quente onde tanto a geração de calor quanto a medição de temperatura foram realizadas por um único dispositivo, ou seja, um termistor. Contudo, nesta pesquisa, optou-se por um sensor onde estas duas atividades fossem efetuadas por dispositivos distintos, de modo a evitar certos erros, como por exemplo, o autoaquecimento do termistor.

A aplicabilidade do método para medição da condutividade térmica de água, do etanol e de soluções aquosas de etanol mostrou-se bastante satisfatória, pois as medições realizadas nesta pesquisa apresentaram muito boa concordância com os valores propostos por vários pesquisadores, como pôde ser observado nas Figuras 40 e 41. Esta concordância ocorreu tanto com valores obtidos por outros métodos de medição, como o tradicional método do fio quente, quanto com aqueles obtidos por meio de equações de estimativa da condutividade térmica.

A aplicabilidade do método para a determinação do teor de água de soluções aquosas de etanol também se mostrou bastante satisfatória. Como pôde ser visto nas Tabelas 22 e 23, os resultados obtidos neste estudo apresentaram ótima concordância com as medições feitas por equipamentos de referência do instituto nacional de metrologia (Inmetro).

O estudo dos parâmetros envolvidos no modelo de medição permitiu que a incerteza de medição fosse estimada seguindo práticas metrológicas amplamente reconhecidas (ISO GUM). Deve-se enfatizar que, nos trabalhos encontrados na literatura sobre a utilização do método da esfera quente (que são relativamente poucos), não foram encontradas análises detalhadas da estimativa da incerteza de medição.

O uso de sensores de esfera quente nos setores industriais para a medição da condutividade térmica de líquidos apresenta consideráveis vantagens, tais como: ampla faixa de medição, medição relativamente rápida, incerteza de medição compatível com a de outros métodos e possibilidade de construção do equipamento para uso em campo e com baixo custo. O teor de água da substância também pode ser determinado por meio da sua correlação com a medição da condutividade térmica.

O método da esfera quente também apresenta um grande potencial para ser utilizado em institutos de metrologia, em centros de pesquisa e em laboratórios

que prestam serviços de calibração e/ou ensaio como padrão de referência (ou de trabalho) para a medição de condutividade térmica de líquidos ou de outros meios.

A pesquisa propiciou o desenvolvimento de uma *expertise* relacionada com a medição da condutividade térmica de líquidos, atividade esta que não é realizada pelo Inmetro, por meio de um método (esfera quente) que não era conhecido pelos profissionais do Instituto. A pesquisa permitiu ainda um maior estreitamento entre as divisões metrológicas do Inmetro, ampliando a capilaridade e a sinergia entre os técnicos das divisões.

Em suma, importantes contribuições foram dadas nesta tese, como o estudo do modelo do método de medição de condutividade térmica através de uma fonte esférica de calor e sua aplicação em soluções aquosas de etanol; a obtenção do teor de água de tais substâncias por meios das medições de condutividade térmica; a metodologia de calibração destes sensores; e a estimativa das incertezas de medição.

6.2. Propostas para Trabalhos Futuros

Algumas propostas para trabalhos futuros sobre o tema desta pesquisa são:

- Realização de medições em outras temperaturas;
- Investigação teórica e experimental dos efeitos da resistência térmica entre uma superfície esférica e soluções aquosas de etanol;
- Estudo teórico e experimental do surgimento da convecção entre uma superfície esférica e soluções aquosas de etanol;
- Estudo e execução de medições em outras soluções, como por exemplo, soluções binárias de gasolina e etanol;
- Estudo e execução de medições em materiais úmidos, pós e grãos;
- Investigação teórica e experimental das características construtivas que afetam o processo de medição, como por exemplo, a influência do cabo;
- Redução das incertezas de medição.