

Limitações do método vigente para avaliação da eficiência energética de aquecedores elétricos instantâneos de água para banheiras de hidromassagem

Limitations of the current method for energy efficiency assessment of electric appliances for instantaneous water heating used in whirlpool tubs

Flavio da Silva Ladeira^{a*}, Luciano Zanella^a

^a Laboratório de Instalações Prediais, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

*E-mail: fladeira@ipt.br

Palavras-chave:

eficiência energética; aquecedor elétrico de passagem para água; banheira de hidromassagem; método de ensaio; aquecimento de água.

Keywords:

energy efficiency; fixed electric appliances for instantaneous water heating; whirlpool tub; test method; water heating.

Resumo

O crescente aumento no consumo de energia elétrica aliado às recentes crises hídricas que vêm tornando a geração de energia elétrica mais onerosa no Brasil tem, cada vez mais, tornado imprescindível o desenvolvimento de equipamentos elétricos eficientes. Dentre esses equipamentos citam-se os aquecedores de água para banheiras de hidromassagem. O método vigente utilizado para a avaliação desse tipo de equipamento foi aplicado em duas amostras e os resultados foram analisados. A avaliação da eficiência energética, pelos métodos descritos nas normas vigentes, de aquecedores elétricos de passagem utilizados para o aquecimento de água em banheiras de hidromassagem não leva em consideração as especificidades inerentes à arquitetura de funcionamento desses aquecedores. O método preconiza a avaliação da eficiência energética a partir da obtenção indireta dos valores do consumo de energia elétrica, calculados a partir das leituras instantâneas de tensão e corrente elétrica. O equipamento é instalado de forma semelhante a um chuveiro elétrico em uma bancada de ensaios que conta com um recipiente coletor e é alimentado com água corrente sem recirculação, fatores que podem distanciar os resultados obtidos daqueles efetivamente alcançados quando do uso desses equipamentos no dia-a-dia. O método de ensaios vigente apresenta dificuldades de aplicação e reprodução de resultados quando utilizado para avaliação de aquecedores para hidromassagem a ponto de justificar a necessidade de elaboração de um novo método que considere as características de funcionamento desse tipo de equipamento.

Abstract

Electric power generation in Brazil is becoming more expensive in the last years due the recent water crisis because of a decrease of rainfall and the increase of electric energy consumption. These facts have become increasingly essential for the development of efficient electrical equipment. Whirlpool tub water heating appliances are an example of the devices that can be improved and evaluated. The current method used for the evaluation of this type of equipment was applied in two different heater samples and the results were analyzed. The specificities inherent to the operation mode of these devices are not considered when the energy efficiency evaluation test is performed using the current Brazilian Standards. This method recommends the energy efficiency evaluation from calculated values of the electric energy consumption, obtained from instantaneous readings of the voltage and the electric current. This same method is used for an electric shower evaluation. The heater was installed in a test bench with a collecting vessel, similarly to an electric shower, fed with running water with no recirculation, factors which may hold off the obtained results from those effectively achieved when using these devices in real condition. The current test method come up with difficulties in its application and reproduction of results when used for water heater and for whirlpool tub evaluations in such a way that justifies the need of a new method that adopts the operating characteristics of this type of equipment.

1 Introdução

As atividades humanas têm evoluído na busca de conforto e praticidade na execução das atividades corriqueiras, levando a mudanças significativas no estilo de vida que implicam, via de regra, no aumento do consumo de recursos como água e energia.

Em contrapartida, eficiência energética e uso eficiente de água são, atualmente, dois temas indissociáveis quando se analisa o ambiente urbano e as atividades desempenhadas em edificações de qualquer natureza com a busca de redução de consumo de recursos.

A melhoria no conforto e a necessidade de economia de recursos, aspectos aparentemente contraditórios, tornam imprescindíveis o desenvolvimento tecnológico e o aprimoramento dos equipamentos, de modo que seja possível responder aos anseios de conforto da população, sem perder o foco na economia de recursos e insumos.

O Brasil, país com matriz de geração energética fortemente calcada em fontes hídricas, vivencia um crescente aumento no consumo de energia elétrica. Em paralelo, o país tem sido acometido por flutuações no regime hídrico decorrentes de períodos recorrentes de seca intensa, o que tem prejudicado a geração de energia elétrica e ocasionado o aumento dos preços desse recurso aos consumidores finais, fato que força a necessidade do desenvolvimento de equipamentos elétricos cada vez mais eficientes (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2016; 2017).

O desempenho de diversos produtos, considerando atributos como a eficiência energética, é verificado no Brasil de acordo com os requisitos instituídos pelo Inmetro em seus programas de etiquetagem. A avaliação, quer seja voluntária ou compulsória, é realizada com base em normas e regulamentos aplicáveis a cada classe de produto.

Aquecedores de água a gás, aquecedores elétricos de passagem, aquecedores elétricos de acumulação, chuveiros elétricos, condicionadores de ar, refrigeradores, congeladores, lâmpadas, lavadoras de roupa e ventiladores são alguns dos produtos que fazem parte do programa.

A pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso (ano base 2005) realizada pela Eletrobrás em parceria com o Procel no ano de 2007 (ELETROBRÁS, 2007) apresentou dados relativos ao aquecimento de água, principalmente para banho. Uma das conclusões a que chega o trabalho é que, devido à frequente utilização e às altas potências de funcionamento dos equipamentos destinados a essa atividade, o setor de aquecimento de água é considerado de grande importância para ações de políticas direcionadas à eficiência energética. De acordo com os dados divulgados, 80,9 % dos domicílios brasileiros aquecem a água para banho de alguma forma. Desses, 73,5 % eram sistemas que utilizavam a energia elétrica para o aquecimento da água.

Dentre os equipamentos destinados ao aquecimento instantâneo de água, são avaliados pelo programa de eficiência energética do Inmetro: chuveiros elétricos, torneiras elétricas e aquecedores elétricos para banheiras de hidromassagem.

Apesar da avaliação da eficiência elétrica desses tipos equipamentos ser realizada de forma idêntica, os aquecedores para banheiras de hidromassagem apresentam funcionamento distinto em relação aos chuveiros e torneiras elétricas. Os aquecedores para banheiras de hidromassagem são considerados aquecedores de passagem que, apesar de atenderem a apenas um ponto de consumo, como os aquecedores instantâneos, são instalados em um sistema de recirculação de água, aquecendo-a gradativamente.

Com base nos dados de 2016 da Tabela de consumo de energia elétrica – aquecedores elétricos de hidromassagem – edição 01/2016 (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, 2016), 33 modelos de aquecedores específicos para banheira de hidromassagem, de cinco marcas diferentes, estão inscritos no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO.

Conforme o PBE, todos os modelos de aquecedores comercializados em território nacional devem ser avaliados quanto aos níveis mínimos e máximos de consumo de energia, segurança elétrica e eficiência energética dentre outros requisitos, com base em valores técnicos e economicamente viáveis, considerando a vida útil do equipamento (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, 2017).

2 Avaliação de aquecedores

Atualmente, a avaliação de aquecedores elétricos de passagem para banheiras de hidromassagem é realizada com base na norma ABNT NBR 16305:2014 - *Aparelhos elétricos de aquecimento instantâneo de água – Requisitos de desempenho e segurança*, que, em seu item 11.3, remete à ABNT NBR 15001:2003 - *Aparelho eletrodoméstico fixo de aquecimento instantâneo de água – Determinação da eficiência energética*, com referência aos procedimentos aplicáveis à avaliação da eficiência energética dos aquecedores elétricos de água (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003; 2014).

Pelo método vigente, as condições necessárias à realização do ensaio de avaliação de aquecedores devem contemplar:

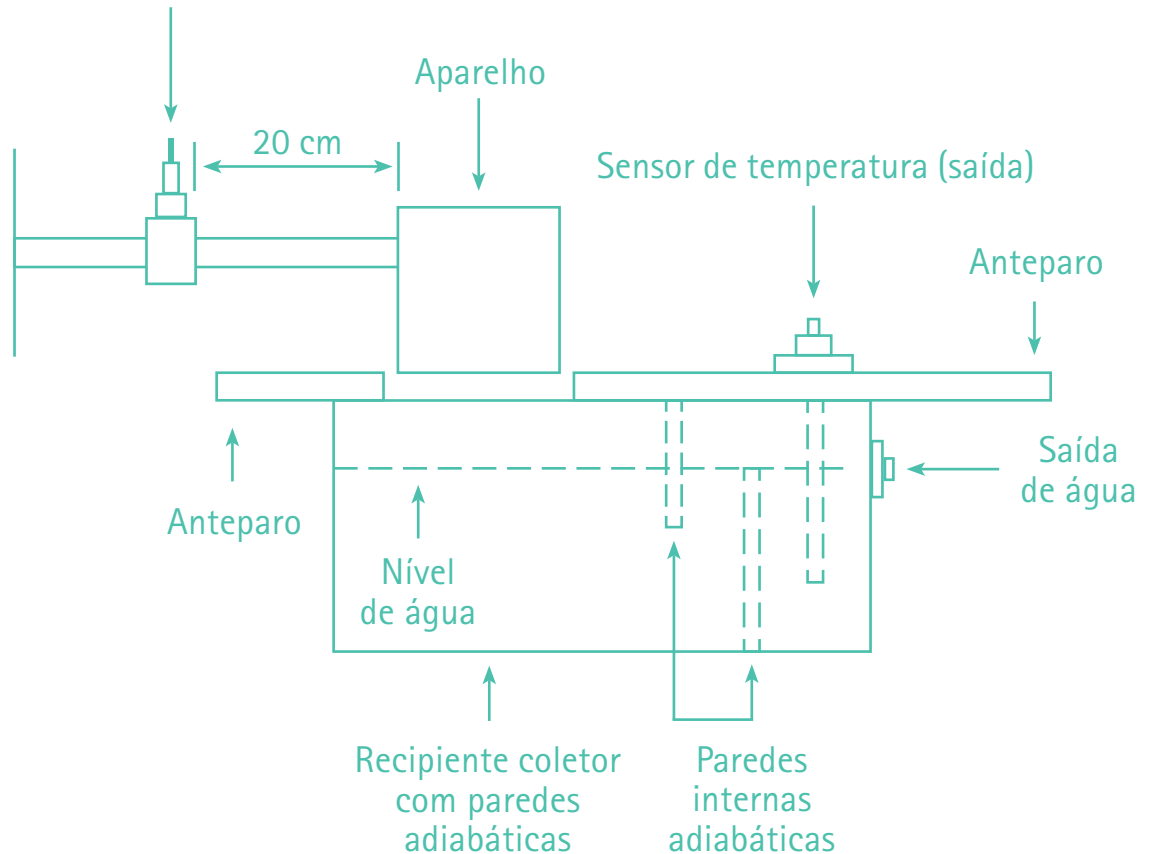
- instalação hidráulica com capacidade de fornecer água em escoamento forçado, regime permanente, vazão máxima de 0,5 L/s com uma variação máxima de 0,01 L/s, pressão máxima de 10 mca estável em uma tubulação com diâmetro de 1/2";
- alimentação elétrica estável em corrente alternada a 60 Hz, corrente mínima de 50 A e tensões nominais de 127 V e 220 V, com variação máxima de ± 1 V;
- instrumentos para medição de corrente elétrica com resolução de 0,1 A e tensão elétrica com resolução de 0,1 V;
- para medição da temperatura da água de alimentação é utilizado um instrumento de medida com faixa de 0 °C a 50 °C e com resolução de 0,1 °C. A medição da temperatura da água na saída do aparelho é realizada por meio de instrumento com faixa de medida entre 0 °C a 100 °C e resolução de 0,1 °C;
- as condições ambientais para realização dos testes devem ser mantidas em (22 ± 3) °C para temperatura ambiente e umidade de (65 ± 10) %; e
- utilização de um recipiente coletor com paredes adiabáticas.

2.1 Procedimentos de ensaio pelo método vigente

O aquecedor é colocado na bancada de testes com instalações elétricas e hidráulicas adequadas, segundo a norma vigente, mantendo o dispositivo de alimentação elétrica desligado, com a comutação da potência elétrica do aparelho para a condição de maior potência disponível e com o recipiente coletor (**Figura 1**) posicionado próximo a sua saída.

Figura 1 – Representação esquemática do recipiente coletor

Sensor de temperatura (entrada)



Fonte: NBR 15001 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003)

O dispositivo de medição da temperatura da água de entrada é posicionado na tubulação de entrada a uma distância de 20 cm da amostra a ser testada e o de saída, no interior do recipiente coletor, de modo a ficar o mais próximo possível da saída de água do dispositivo (aparelho), impedindo o contato entre o termômetro e o recipiente, permitindo a livre passagem do jato de água.

Os equipamentos para medição de tensão e corrente são conectados ao condutor de alimentação do aparelho testado. As medições das condições ambientais, temperatura e umidade, são realizadas a mais de um metro de distância do aparelho.

Após a montagem do aparelho na bancada, regula-se o fornecimento de água para a vazão de 0,05 L/s e aciona-se o dispositivo de alimentação elétrica. O sistema é mantido funcionando por, no mínimo, 5 min antes do início das leituras de temperatura, tensão e corrente elétrica.

A norma vigente ainda prevê que, caso o equipamento seja desligado pela ação de algum dispositivo de segurança, a vazão de alimentação deve ser aumentada de forma a manter o aparelho funcionando, evitando que esse dispositivo seja acionado novamente. A nova vazão de alimentação é registrada e repete-se o procedimento de ensaio. Se, mesmo com o aumento de vazão, o aparelho não se mantiver ligado, deve-se encerrar o ensaio e registrar no relatório "não funciona nas condições estabelecidas", descrevendo o ocorrido.

Se a temperatura de saída da água do aparelho for superior a 40 °C deve-se aumentar a vazão da água até que a temperatura fique dentro da faixa de (38 ± 2) °C.

Os valores de temperatura da água na entrada e na saída do sistema devem ser registrados após o sistema atingir a estabilidade. Com os valores registrados, calcula-se a eficiência energética utilizando-se a **Equação 1**, determinada pela norma vigente:

$$\eta = \frac{[Q \cdot 418000 \cdot (T_s - T_e)]}{V \cdot I} \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que:

η – eficiência energética (%);

Q – vazão de água (L/s);

T_s – temperatura de saída da água (°C);

T_e – temperatura de entrada da água (°C);

V – tensão elétrica (V);

I – corrente elétrica (A).

O ensaio é repetido por três vezes, tomando-se como eficiência energética do equipamento a média aritmética dos três valores calculados.

3 Resultados

Com o objetivo de avaliar sua aplicabilidade e eventuais limitações, o método vigente para determinação de eficiência energética foi aplicado a dois aquecedores elétricos instantâneos de água para banheiras de hidromassagem.

Ambas as amostras utilizadas nesse trabalho são de aquecedores elétricos de passagem com resistência blindada de 220 V, com 8.000 W de potência nominal, específicos para instalação no circuito hidráulico de recirculação em banheiras de hidromassagem e disponíveis no mercado.

Os equipamentos utilizados para a execução do presente trabalho podem ser vistos na **Figura 2**.

Figura 2 – Aquecedores de hidromassagem



Fonte: elaborado pelos autores

3.1 Ensaio de eficiência energética, amostra 1

A amostra 1 foi instalada na bancada, a vazão de alimentação foi ajustada para 0,05 L/s, conforme determinado pela NBR 15001:2003. Ressalta-se que o aquecedor não permite a regulagem de potência como preconizado pela referida norma. O aquecedor foi acionado e, após 4 s de funcionamento, houve o acionamento do dispositivo interno de segurança do equipamento, provavelmente decorrente de superaquecimento dos componentes devido à vazão utilizada, levando-o ao desligamento automático.

A vazão de teste foi aumentada gradativamente até que o aquecedor permanecesse ligado sem o acionamento do dispositivo de segurança, de modo que fosse possível realizar o ensaio (LADEIRA, 2017).

Os resultados de eficiência energética obtidos para a amostra 1, a partir da aplicação à **Equação 1** dos valores de tensão, corrente e variação de temperatura obtidos no ensaio, podem ser observados na **Tabela 1**.

A estabilização da temperatura para os ensaios com a amostra 1 foi obtida após cerca de 15 minutos para cada uma das três repetições.

Seguindo-se o procedimento descrito na NBR 15001:2003, foi calculada a média dos três valores, obtendo-se eficiência 88,5 %.

Tabela 1 – Resultados de eficiência energética para a amostra 1

Repetição	Tensão (V)	Corrente (A)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de saída (°C)	Vazão (L/s)	Diferença de temperatura de entrada e saída (°C)	Eficiência (%)
1	220,9	34,4	9,2	17,8	0,20	8,6	96,3
2	221,2	34,2	9,1	15,7	0,20	6,6	74,2
3	221,5	34,3	9,1	17,6	0,20	8,5	95,0

Fonte: elaborado pelos autores

A diferença do valor de eficiência obtida para a segunda repetição pode ser reflexo da inadequação do método de ensaio às especificidades de funcionamento desse tipo de aquecedor. As leituras podem ter sido realizadas logo após um ciclo de desligamento do aquecedor ou de modulação de sua potência para valores baixos. Apesar dos valores de tensão e corrente registrados estarem próximos aos das demais repetições, a temperatura da água registrada para o momento da leitura foi inferior aquela registrada para as demais repetições, fato que pode ser explicado devido à vazão de água utilizada para o teste, para que o dispositivo de segurança do aquecedor não entrasse em ação, ser significativamente superior à indicada no método vigente, o que levou à redução da temperatura da água armazenada no recipiente coletor em um curto período de tempo com o aquecedor desligado ou funcionando com potência reduzida.

3.2 Ensaio de eficiência energética, amostra 2

A amostra 2 foi instalada na bancada padrão seguindo os procedimentos metodológicos descritos pelas normas vigentes.

Assim como para a amostra 1, houve a necessidade de ajustes de vazão para valores diferentes daqueles preconizados pelo método vigente. Após várias tentativas, em vazões diferentes, foi possível manter o aquecedor em funcionamento, sem que o dispositivo de segurança atuasse, com vazão de 0,31 L/s, permitindo, assim, a realização dos ensaios. A vazão de operação possível para o equipamento, mais de seis vezes superior à vazão prevista pelo método vigente, mostrou-se

incompatível com a bancada de testes normalizada. A incompatibilidade entre a vazão utilizada e o volume do reservatório levou ao transbordamento da água pelas laterais do recipiente coletor após alguns minutos de operação. Mesmo com a água transbordando pelas laterais o ensaio foi concluído, com coleta dos dados a partir de 5 min de funcionamento.

Os resultados para o ensaio da amostra 2 podem ser observados na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Resultados de eficiência energética para a amostra 2

Repetição	Tensão (V)	Corrente (A)	Temperatura de entrada (°C)	Temperatura de saída (°C)	Vazão (L/s)	Diferença de temperatura de entrada e saída (°C)	Eficiência (%)
1	220,7	32,7	10,7	14,1	0,31	3,4	61,1
2	220,4	32,7	10,8	14,3	0,31	3,5	63,0
3	220,5	32,6	10,5	13,9	0,31	3,4	61,3

Fonte: elaborado pelos autores

Apesar do transbordamento da água, a estabilização da temperatura para o ensaio com a amostra 2 foi obtida com 5 min, bem mais rápida do que para a amostra 1, permitindo que o ensaio fosse realizado em um período de tempo bem menor.

Aplicando-se os procedimentos de cálculo indicados na NBR 15001:2003, obteve-se uma média de eficiência de 61,8 %, bem abaixo do mínimo de 95 % definido pelo programa de etiquetagem para equipamentos elétricos de passagem para aquecimento de água. As baixas eficiências são reflexo da vazão utilizada que fez com que muita água quente tenha sido perdida pelo transbordamento do recipiente coletor.

O transbordamento de água pelas laterais do recipiente coletor fez com que parte da água não passasse pelo sensor de temperatura posicionado na saída do recipiente, fato que não permite assegurar que houve uma homogeneização adequada da água aquecida. Por isso a confiabilidade do cálculo de eficiência ficou prejudicada.

4 Discussões

4.1 Funcionamento dos aquecedores

Durante a realização de ensaios em laboratório para a determinação da eficiência energética em diversos modelos de aquecedores elétricos para banheiras de hidromassagem, constatou-se que o funcionamento desses equipamentos tem especificidades distintas de outros aquecedores elétricos de passagem.

Nos aquecedores elétricos de passagem, como torneiras elétricas e chuveiros elétricos, o usuário regula a temperatura da água ajustando a potência do equipamento, que se mantém constante durante todo o período de funcionamento, visto que esses equipamentos, usualmente, não admitem recirculação da água. O equipamento permanece ligado o tempo todo e deve fazer com que a água atinja a temperatura desejada instantaneamente, durante uma única passagem pelo sistema de aquecimento.

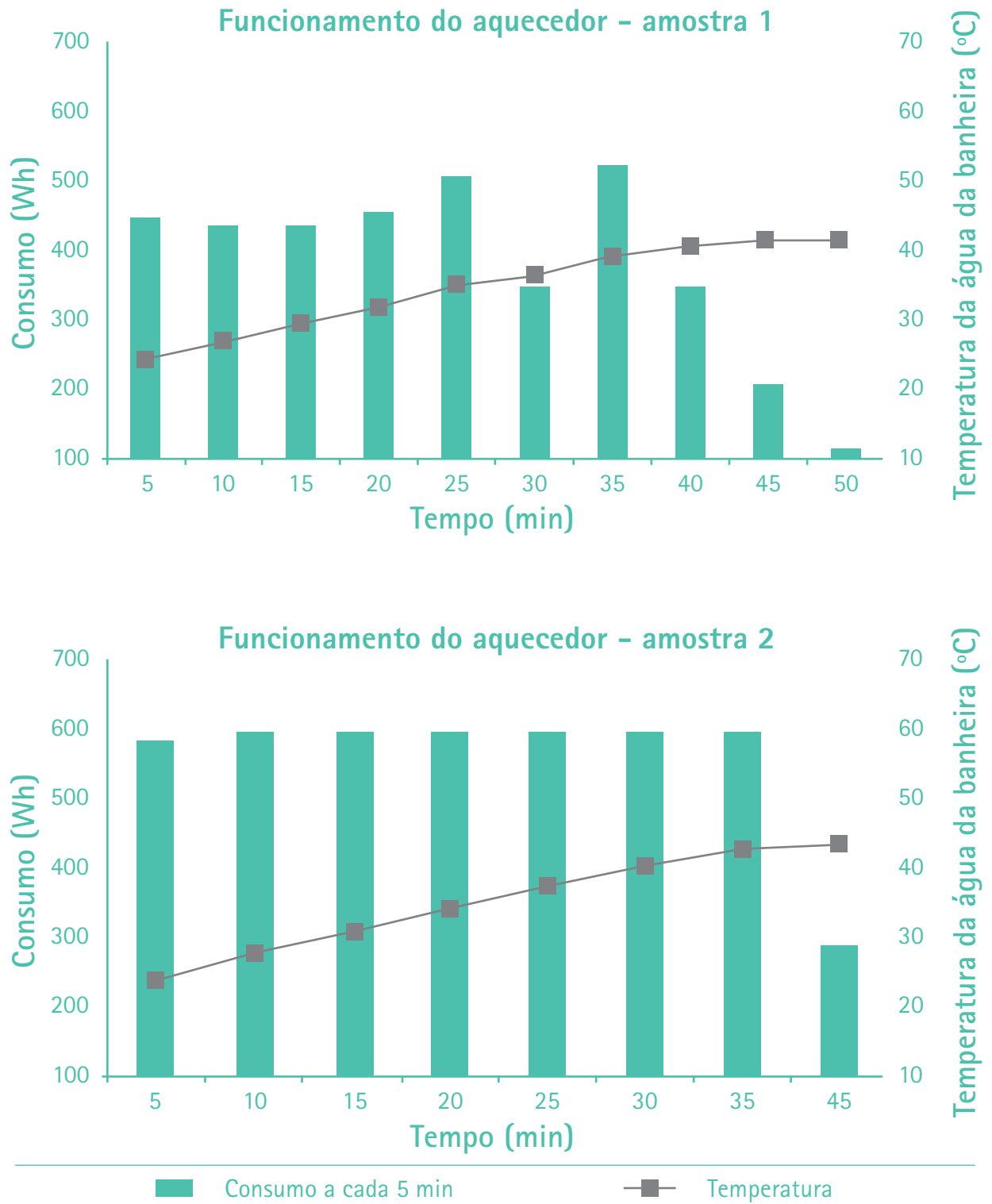
Diferentemente dos demais aquecedores elétricos de passagem, o controle de temperatura da água para os aquecedores elétricos instantâneos de água para banheiras de hidromassagem é feito, em sua grande maioria, pela variação de frequência do acionamento elétrico desde equipamento durante a recirculação da água. O funcionamento do equipamento é realizado em potência máxima em ciclos temporais variáveis de acionamento (liga/desliga) de modo que a temperatura da água armazenada na banheira seja mantida conforme o desejo do usuário.

Mesmo entre modelos diferentes de aquecedores elétricos instantâneos para banheiras podem existir algumas características distintas quanto ao ciclo de acionamento. Alguns apresentam variação de frequência de acionamento elétrico mais intermitente, ou seja, são ligados e desligados em ciclos mais frequentes dependentes da temperatura do fluido. Outros modelos, no entanto, depois de acionados permanecem ligados até que a água atinja a temperatura programada e só, então, se inicia a modulação em sua frequência de acionamento.

Os comportamentos de funcionamento das amostras avaliadas no presente trabalho podem ser observados na **Figura 3**, a partir de sua instalação em uma banheira de hidromassagem conforme instruções do fabricante, correlacionando o consumo de energia no intervalo de 5 min e a temperatura alcançada pela água.

Variações de funcionamento foram detectadas não só entre equipamentos de modelos e marcas distintas, mas também entre equipamentos do mesmo modelo e marca. Os ciclos de acionamento, muitas vezes, não seguem a mesma frequência.

Figura 3 – Consumo de energia elétrica acumulado a cada cinco minutos e temperatura alcançada pela água



Fonte: elaborado pelos autores

A análise das características específicas de funcionamento desses equipamentos motivou o questionamento da eficácia dos métodos vigentes para avaliar a eficiência energética desses componentes do sistema predial de água quente.

4.2 Aplicabilidade do método vigente

O método de avaliação vigente foi, originalmente, desenvolvido para determinação de eficiência energética em aparelhos eletrodomésticos fixos de aquecimento instantâneo de água, em particular para chuveiros elétricos ou duchas elétricas e equipamentos similares como torneiras elétricas, destinados ao aquecimento da água à temperatura abaixo do seu ponto de ebulição, tomando por referência a tensão nominal e a potência elétrica máxima disponível.

Como anteriormente comentado, apesar do aquecedor elétrico instantâneo de água para banheiras de hidromassagem ser um aparelho eletrodoméstico fixo de aquecimento instantâneo de água, seu funcionamento difere, ligeiramente, daquele comumente encontrado em equipamentos elétricos de aquecimento de água do tipo chuveiros, duchas ou torneiras e essas diferenças devem ser consideradas no método para a obtenção dos valores de sua eficiência energética.

O método indicado pela norma vigente para o cálculo de eficiência energética é fundamentado na potência instantânea do equipamento e não em seu consumo acumulado. Seu emprego fornece bons resultados quando aplicada à avaliação de aquecedores de acionamento contínuo em que não ocorre variação de consumo de energia elétrica tais como chuveiros e torneiras elétricas. Nesse caso, a verificação da eficiência instantânea a partir da corrente elétrica e da tensão medidas em um determinado momento traduzem o funcionamento do equipamento ao longo de todo o período de operação. Já sua adoção para aquecedores de acionamento intermitente, como os destinados ao aquecimento de água de banheira de hidromassagem em circuitos de recirculação, pode incorrer em dificuldades operacionais na execução do ensaio, aquisição de dados e fornecer resultados que não traduzem a realidade de eficiência devido às características de acionamento intermitente do sistema que promove o aquecimento da água.

Os exemplos de aplicação relatados no presente trabalho mostram algumas das dificuldades encontradas na manutenção dos padrões de aplicação do método.

Os aquecedores para banheiras de hidromassagem foram desenvolvidos, por determinação de normas de segurança, com dispositivo de segurança adicional, devido à sua forma de funcionamento em circuitos de recirculação de água. O dispositivo de segurança deve atuar caso o controlador da temperatura da água apresente algum problema, como aumento excessivo de temperatura, de modo a evitar que a água atinja temperaturas muito elevadas.

A vazão de teste especificada pelo método vigente é baixa quando comparada às vazões de trabalho usuais para os aquecedores específicos para banheiras de hidromassagem. A manutenção de vazões baixas diante da potência e do funcionamento desses equipamentos faz com que a temperatura

da água no interior de sua câmara de aquecimento suba rapidamente, muitas vezes levando a atuação do sistema de segurança antes mesmo que o controlador de temperatura possa operar, impossibilitando, dessa forma, a continuidade dos testes.

Como pode ser notado pela aplicação do método vigente à Amostra 1, existe a possibilidade de que, devido à inadequação do método às especificidades típicas de funcionamento desse tipo de equipamento, sejam obtidos valores de eficiência pouco representativos para equipamentos como os aquecedores para hidromassagem.

O cálculo dos valores de eficiência energética com base em valores instantâneos de tensão e corrente para equipamentos cujo princípio de funcionamento é baseado em ciclos de acionamento ou em variação automática de potência do equipamento, como o que ocorre para aquecedores para banheiras de hidromassagem, podem levar à obtenção de discrepâncias entre os valores obtidos como resultados das repetições dos ensaios.

No caso específico da amostra testada pelo método vigente houve a ocorrência de um resultado de 74,2 %, abaixo do valor mínimo exigido de 95,0 % de eficiência, embora os resultados das demais repetições do método tenham alcançado valores, respectivamente, de 96,3 % e 95,0 %, resultados mais próximos e ambos dentro do padrão exigido para o equipamento. O resultado inferior aos demais obtido para a segunda repetição, provavelmente, ocorreu devido aos ciclos de acionamento do equipamento, não considerados no método vigente. As leituras utilizadas para o cálculo podem ter sido realizadas logo após um ciclo do equipamento desligado ou com potência modulada para valores baixos, o que explica a variação da temperatura da água obtida.

Ainda para a amostra 1, os resultados de eficiência energética foram obtidos a partir de leituras de temperatura com diferença entre entrada e saída superior a 1 °C. A diferença máxima entre os valores lidos manteve-se variando ao longo do tempo em patamares em torno dos 8 °C. A dificuldade na estabilização da temperatura é um dos problemas na aplicação do método vigente para esse tipo de equipamento, devido ao funcionamento intermitente do aquecedor. Dependendo do momento da leitura de temperatura, o valor registrado pode ter sido coletado durante a etapa onde o aparelho encontrava-se desligado, o que leva ao erro no cálculo da eficiência energética.

A amostra 2 apresentou funcionamento mais constante quando comparado à amostra 1, entretanto, as características do equipamento exigiram que o ensaio fosse conduzido com vazões muito superiores às utilizadas para a amostra 1, como forma de evitar acionamento do dispositivo de segurança. Essa maior vazão foi tal que a capacidade de escoamento do recipiente coletor não foi suficiente, fazendo com que boa parte da água transbordasse por suas laterais sem que houvesse, assim, uma boa homogeneização da temperatura da água, medida na saída do recipiente. Esse transbordamento fez com que os valores de eficiência, calculados com base na vazão, temperaturas de entrada e saída da água e potência estimada, fossem muito baixos, com valores entre 61,1 % e 63,0 % de eficiência.

Tanto na amostra 1 como na amostra 2, pode ser observado que, além de todos os problemas encontrados durante os testes, também não foi possível manter a temperatura de saída dentro dos (38 ± 2) °C, valor preconizado pelo método vigente, embora todo o arranjo experimental esteja de acordo com necessário para a realização dos testes para outros equipamentos. Esse fato reforça a necessidade de proposição de um método adequado à avaliação da eficiência energética de aquecedores instantâneos para banheiras de hidromassagem que respeite as especificidades de funcionamento desses equipamentos.

5 Conclusões

A partir de observações realizadas durante testes de diferentes tipos de aquecedores elétricos de passagem para banheiras de hidromassagem em laboratório, constatou-se que o método descrito na legislação vigente para avaliação de eficiência energética pode ser conflitante com o regime de funcionamento de alguns tipos de equipamento utilizados em banheiras de hidromassagem, devido às suas especificidades.

Os aquecedores elétricos de passagem para banheiras de hidromassagem apresentam especificidades de funcionamento que os diferenciam dos demais aquecedores de passagem. Chuveiros e torneiras elétricas funcionam depois de regulada a potência desejada, em sua grande maioria, com consumo constante de energia elétrica e permanecerem acionados durante todo o tempo de funcionamento, independentemente da temperatura em que a água se encontra. A temperatura da água para esses casos é regulada apenas com a alteração da potência ou da vazão da água de entrada. Já os aquecedores para banheira de hidromassagem funcionam com uma frequência de acionamento intermitente durante o tempo de aquecimento da água e, muitas vezes, com uma variação em seu consumo de energia ao longo do tempo, porém sempre na mesma potência, até que a temperatura desejada para a água seja atingida. Os aquecedores para banheira são utilizados no circuito hidráulico de recirculação da água de hidromassagem, trabalhando com elevação incremental da temperatura da água. Já os demais aquecedores trabalham com princípio de funcionamento semelhante ao dos chuveiros elétricos, recebendo água em temperatura ambiente e fornecendo-a na temperatura de uso, sem que seja possível seu aumento gradual, já que não há recirculação.

As observações realizadas durante os testes sugerem a necessidade de elaboração de um método específico para os aquecedores elétricos instantâneos de água utilizados em banheiras de hidromassagem, diferente do existente, que leve em consideração o seu regime de funcionamento e as características de instalação desse equipamento em condição real de uso, de modo que o método seja mais facilmente aplicável e permita que os resultados obtidos tenham melhor repetitividade e representatividade.

6 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15001**: Aparelho eletrodoméstico fixo de aquecimento instantâneo de água – Determinação da eficiência energética. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16305**: Aparelhos elétricos de aquecimento instantâneo de água – Requisitos de desempenho e segurança. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso**: ano-base 2005, classe residencial. Relatório Brasil. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA – INMETRO. **Tabela de consumo de energia elétrica – aquecedores elétricos de hidromassagem – edição 01/2016**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/hidromassagem.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA – INMETRO. **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: <<http://www2.inmetro.gov.br/pbe/historico.php>>. Acesso em: 17 maio 2017.

LADEIRA, F. S. **Método para avaliação da eficiência energética de aquecedores elétricos instantâneos de água para banheiras de hidromassagem**. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético 2016**: Ano base 2015. 295p. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético 2017**: Ano base 2016 – Relatório Síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2017.