



Serviço Público Federal

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO

Portaria n.º 477, de 15 de dezembro de 2011

## CONSULTA PÚBLICA

**OBJETO:** Regulamento Técnico da Qualidade para Sistemas e Equipamentos de Aquecimento Solar de Água

**ORIGEM:** Inmetro / MDIC.

O PRESIDENTE DO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO, no uso de suas atribuições, conferidas no § 3º do artigo 4º da Lei n.º 5.966, de 11 de dezembro de 1973, nos incisos I e IV do artigo 3º da Lei n.º 9.933, de 20 de dezembro de 1999, e no inciso V do artigo 18 da Estrutura Regimental da Autarquia, aprovada pelo Decreto n.º 6.275, de 28 de novembro de 2007, resolve:

Art. 1º Disponibilizar, no sítio *www.inmetro.gov.br*, a proposta de texto da Portaria Definitiva e a do Regulamento Técnico da Qualidade para Sistemas e Equipamentos de Aquecimento Solar de Água.

Art. 2º Declarar aberto, a partir da data da publicação desta Portaria no Diário Oficial da União, o prazo de 60 (sessenta) dias para que sejam apresentadas sugestões e críticas relativas aos textos propostos.

Art. 3º Informar que as críticas e sugestões deverão ser encaminhadas para os seguintes endereços:

- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro
- Diretoria da Qualidade - Dqual
- Divisão de Programas de Avaliação da Conformidade – Dipac
- Rua da Estrela n.º 67 - 2º andar – Rio Comprido
- CEP 20.251-900 – Rio de Janeiro – RJ, ou
- E-mail: [dipac.consultapublica@inmetro.gov.br](mailto:dipac.consultapublica@inmetro.gov.br)

Art. 4º Estabelecer que, findo o prazo fixado no artigo 2º, o Inmetro se articulará com as entidades que tenham manifestado interesse na matéria, para que indiquem representantes nas discussões posteriores, visando à consolidação do texto final.

Art. 5º Publicar esta Portaria de Consulta Pública no Diário Oficial da União, quando iniciará a sua vigência.

JOÃO ALZIRO HERZ DA JORNADA



Serviço Público Federal

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO

### **PROPOSTA DE TEXTO DE PORTARIA DEFINITIVA**

O PRESIDENTE DO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO, no uso de suas atribuições, conferidas no § 3º do artigo 4º da Lei n.º 5.966, de 11 de dezembro de 1973, nos incisos I e IV do artigo 3º da Lei n.º 9.933, de 20 de dezembro de 1999, e no inciso V do artigo 18 da Estrutura Regimental da Autarquia, aprovada pelo Decreto n.º 6.275, de 28 de novembro de 2007;

Considerando a alínea f do subitem 4.2 do Termo de Referência do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade, aprovado pela Resolução Conmetro n.º 04, de 02 de dezembro de 2002, que atribui ao Inmetro a competência para estabelecer as diretrizes e critérios para a atividade de avaliação da conformidade;

Considerando a importância de adequar os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos de Aquecimento Solar de Água às crescentes exigências de segurança do cidadão e do meio ambiente;

Considerando a necessidade de atualização dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos de Aquecimento Solar de Água conforme a revisão da sua base normativa;

Considerando inevitável tornar compulsória a certificação de Sistemas e Equipamentos de Aquecimento Solar de Água;

Considerando a importância de estes sistemas e equipamentos, comercializados no país, apresentarem requisitos mínimos de segurança e desempenho, resolve baixar as seguintes disposições:

Art. 1º Aprovar o Regulamento Técnico da Qualidade para Sistemas e Equipamentos de Aquecimento Solar de Água, disponibilizado no sitio [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br) ou no endereço abaixo:

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro  
Divisão de Programas de Avaliação da Conformidade – Dipac  
Rua da Estrela, n.º 67 – 2º andar – Rio Comprido  
CEP 20.251-900 – Rio de Janeiro – RJ

Art. 2º Cientificar que a Consulta Pública, que colheu contribuições da sociedade em geral para a elaboração do Regulamento ora aprovado, foi divulgada pela Portaria Inmetro n.º xxx, de xx de xxxxxx de xxxx, publicada no Diário Oficial da União de xx de xxx de xxxxxxxx, seção xx, página xx.

Art. 3º Cientificar que a obrigatoriedade de observância dos requisitos estabelecidos no Regulamento Técnico da Qualidade ora aprovado será estabelecida através de Portaria específica de aprovação dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos de Aquecimento Solar de Água.

Art. 4º Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação no Diário Oficial da União.

JOÃO ALZIRO HERZ DA JORNADA



## REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

### 1 OBJETIVO

Estabelecer os requisitos essenciais que devem ser atendidos pelos Sistemas e Equipamentos de Aquecimento Solar de Água, com foco na segurança e desempenho, visando à prevenção de acidentes e à eficiência energética.

### 2 SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
MME	Ministério de Minas e Energia
PMEE	Produção Mensal Específica de Energia
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade
RTQ	Regulamento Técnico da Qualidade

### 3 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Portaria Inmetro nº 361, de 06 de setembro de 2011	Aprova os Requisitos Gerais de Certificação de Produtos - RGCP.
Norma ISO/DIS 9459-2	Sistemas domésticos de aquecimento de água - Parte 2: Métodos de ensaios externos para caracterização e predição do desempenho do sistema.
Norma IEC 60335-2-21	Household and Similar Electrical Appliances – Safety – Part 2-21: Particular Requirements for storage water heaters.
Norma ASTM G155-Ciclo 1	Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials.
Norma NBR NM IEC 335-1	Segurança de Aparelhos Eletrodomésticos e Similares - Parte 1: Requisitos Gerais.
Norma ABNT NBR 14013	Aquecedores instantâneos de água e torneiras elétricas - Determinação da potência elétrica - Método de ensaio.
Norma ABNT NBR 14016	Aquecedores instantâneos de água e torneiras elétricas - Determinação da corrente de fuga - Método de ensaio.
Norma ABNT NBR 15747-1	Sistemas solares térmicos e seus componentes - Coletores solares - Parte 1: Requisitos gerais.
Norma ABNT NBR 15747-2	Sistemas solares térmicos e seus componentes - Coletores solares - Parte 2: Métodos de ensaio.

### 4 DEFINIÇÕES

Para fins deste RTQ, são adotadas as definições contidas nos documentos citados no capítulo 3, além das seguintes:

**4.1. Coletor solar**

Dispositivo que absorve a radiação solar incidente e a converte em energia térmica pelo aquecimento do fluido de trabalho.

**4.2. Coletor solar aberto**

Coletor solar cujo componente responsável pela absorção da radiação solar não fica protegido das intempéries por cobertura transparente, a exemplo dos coletores solares sem cobertura.

**4.3. Coletor solar fechado**

Coletor solar cujo componente responsável pela absorção da radiação solar fica protegido das intempéries por cobertura transparente, a exemplo dos coletores solares planos (*flat plate*) e com tubos de vácuo.

**4.4. Dia padrão**

Conjunto de valores que assumem as variáveis necessárias para as medidas de eficiência de coletores solares e sistemas acoplados em um dia pré-determinado no ano, de forma a possibilitar a comparação das eficiências entre os diferentes modelos. O dia padrão considerado para o Brasil, para fins deste Programa de Avaliação da Conformidade, ocorre em Belo Horizonte, Minas Gerais, no dia 21 de setembro.

**4.5. Eficiência Térmica Diária**

Medida adimensional calculada para os sistemas acoplados que representa, no dia padrão, a relação entre a quantidade de energia útil diária gerada, obtida experimentalmente, por unidade de área externa do coletor acoplado e a radiação solar global incidente no plano do coletor, em média diária.

**4.6. Eficiência para a geração de energia**

Medida calculada para os coletores solares e sistemas acoplados que representa a Produção Mensal Específica de Energia (PMEe). É a eficiência para a geração de energia que define a classificação de eficiência do modelo de coletor solar ou sistema acoplado nas faixas de eficiência estabelecidas pelo Programa de Avaliação da Conformidade.

**4.7. Eficiência Térmica Média**

Medida adimensional calculada para os coletores solares que representa, no dia padrão, o valor da eficiência térmica do modelo quando é atingido o ponto médio da curva de eficiência térmica, obtida experimentalmente.

**4.8. IP24**

Grau de proteção de invólucros de equipamentos elétricos, de acordo com a Norma ABNT IEC 60529, que significa que o invólucro prevê o impedimento do acesso dos dedos às partes perigosas, a proteção contra corpos com diâmetro maior ou igual a 12,5 (doze e meio) mm e a proteção contra respingos em todas as direções.

**4.9. Perda Específica de Energia Mensal**

Medida calculada para os reservatórios térmicos que representa a relação entre a energia dissipada para o ambiente em um mês e a capacidade volumétrica do reservatório, em kWh/m.l.

**4.10. Produção Mensal de Energia ( $P_{men}$ )**

Quantidade de energia gerada por mês pelos coletores solares ou sistemas acoplados, em kWh/mês.

**4.11. Produção Mensal Específica de Energia (PMEe)**

Relação entre a Produção Mensal de Energia ( $P_{men}$ ) do coletor solar ou do sistema acoplado e a área externa do aparelho, em kWh/mês.m<sup>2</sup>. Corresponde ao desempenho mensal estimado para cada coletor solar ou sistema acoplado considerando sua operação no dia padrão, sendo a medida que determina a eficiência para a geração de energia do objeto, sendo utilizada para a comparação entre modelos diferentes.

**4.12. Reservatório térmico**

Tanque de armazenamento de água aquecida.

**4.13. Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ)**

Documento elaborado e estabelecido pelo Inmetro, através de Portaria, que contém requisitos essenciais para o produto regulamentado, estabelecendo diretrizes para o Programa de Avaliação da Conformidade.

**4.14. Sistema acoplado**

Conjunto do coletor solar com o reservatório térmico, podendo ser de dois tipos, justaposto ou monobloco.

**4.15. Sistema acoplado justaposto**

Aquele em que o coletor solar e o reservatório térmico não formam um corpo único, estando fisicamente dissociados.

**4.16. Sistema acoplado monobloco**

Aquele em que o coletor solar e o reservatório térmico formam um corpo único, estando fisicamente unidos.

**5 REQUISITOS ESSENCIAIS**

Os requisitos essenciais para coletor solar, reservatório térmico e sistema acoplado referem-se aos aspectos de segurança e desempenho do produto e estabelecem diretrizes do Programa de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos de Aquecimento Solar de Água. Os requisitos de avaliação da conformidade estão descritos no RAC do objeto.

**5.1 Coletor Solar****5.1.1 Requisitos essenciais**

**5.1.1.1** O coletor solar deve conter marcações duráveis, claramente discerníveis, aplicadas sobre parte não destacável e visíveis quando da instalação do coletor, conforme os critérios estabelecidos pelo Manual de Instruções do aparelho.

**5.1.1.2** O desempenho térmico deve ser medido.

**5.1.1.3** Os absorvedores orgânicos e inorgânicos, inclusive em condições de alta temperatura, devem suportar as elevações de pressão ocorridas nas operações que podem ocorrer durante toda a vida útil do aparelho.

**5.1.1.4** O coletor solar deve suportar altos níveis de radiação sem falhas, como ruptura do vidro, colapso da cobertura de plástico, absorvedor de plástico fundido ou depósitos significativos na cobertura do coletor por emissão de gases do material do coletor.

**5.1.1.5** O coletor solar não pode apresentar dano ou degradação após ter sido submetido às diversas condições de operação que podem ocorrer durante a vida útil real do coletor solar, sejam

elas radiação solar global no plano do coletor, irradiação global diária no plano do coletor e temperatura do ar ambiente.

**5.1.1.6** Os materiais e componentes do coletor solar devem resistir à máxima temperatura de estagnação e aos possíveis choques térmicos a que estão submetidos durante o período de estiagem.

**5.1.1.7** A caixa externa do coletor solar não pode permitir a penetração de água da chuva de forma a garantir sua capacidade funcional e durabilidade.

**5.1.1.8** Os materiais e componentes do coletor devem ser resistentes às cargas mecânicas originadas da pressão positiva do vento contra a estrutura, bem como as fixações entre a cobertura do coletor e sua carcaça devem ser resistentes às forças de levantamento causadas pelo vento.

**5.1.1.9** O coletor solar projetado para ser resistente ao congelamento deve suportar congelamento e ciclos de congelamento e degelo.

**5.1.1.10** O coletor solar projetado para ser resistente ao impacto provocado pelas intempéries de clima deve possuir materiais e componentes resistentes aos impactos provocados por fatores externos locais de clima, como neve, granizo e vento.

**5.1.1.11** Os materiais orgânicos do coletor, isto é, plásticos e elastômeros, quando existirem, devem ser resistentes ou estar protegidos contra radiação ultravioleta.

**5.1.1.12** Os componentes internos do coletor solar devem se manter íntegros e sem anomalia após a exposição do aparelho às condições de elevação da pressão interna, alta temperatura, radiação e irradiação solar global intensa, possíveis choques térmicos, cargas mecânicas, congelamento e impactos por fatores externos locais de clima.

**5.1.1.13** As seguintes características dos coletores solares devem ser calculadas e declaradas:

- a) Produção Mensal Específica de Energia (PME<sub>e</sub>) do coletor, em kWh/mês.m<sup>2</sup>, conforme Anexo 1.
- b) Produção mensal de energia (P<sub>men</sub>) por coletor, em kWh/mês, conforme Anexo 1.
- c) Área externa do coletor (A<sub>ext</sub>), em m<sup>2</sup>.
- d) Eficiência térmica média do coletor, conforme Anexo 2.

**5.1.1.14** A PME<sub>e</sub> é a medida de eficiência para a produção de energia do coletor solar, devendo ser igual ou superior aos índices mínimos estabelecidos pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) do Ministério de Minas e Energia (MME) e ser classificada nas faixas de eficiência energética, conforme Anexo 3.

## **5.1.2 Demonstração da conformidade**

**5.1.2.1** A conformidade do coletor solar quanto aos requisitos essenciais deve ser demonstrada por meio dos ensaios enumerados na Tabela 1 e do atendimento às orientações dos requisitos 5.1.2.2 a 5.1.2.12.

Tabela 1. Ensaios e referência normativa para coletor solar

Requisitos Essenciais (Item RTQ)	Ensaios para coletores fechados	Ensaios para coletores abertos	Referência normativa
5.1.1.2	Desempenho térmico	Desempenho térmico	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.3	Pressão interna	Pressão interna	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.4	Resistência à alta temperatura	Resistência à alta temperatura	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.5	Exposição I (10h)	Exposição I (10h)	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.6	Choque térmico interno e externo I	Choque térmico interno e externo I	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.5	Exposição II (20h)	Exposição II (20h)	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.6	Choque térmico interno e externo II	Choque térmico interno e externo II	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.7	Penetração de chuva	Não aplicável	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.8	Carga mecânica	Carga mecânica	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.9	Resistência ao congelamento	Resistência ao congelamento	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.10	Resistência ao impacto	Não aplicável	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.11	Envelhecimento acelerado	Envelhecimento acelerado	ASTM G155-Ciclo 1

**5.1.2.2** Antes e após a realização dos ensaios listados na Tabela 1, o aparelho deve ser submetido à Inspeção Inicial e Inspeção Final, respectivamente, da seguinte forma:

a) A Inspeção Inicial deve contemplar os seguintes aspectos:

- Identificação do tipo de coletor solar (se fechado ou aberto).
- Medição das dimensões da área externa e da área transparente do aparelho, com incerteza máxima de 0,3%.
- Verificação do material de constituição do absorvedor, bem como outras especificações técnicas relevantes.
- Avaliação da conformidade do aparelho quanto ao requisito 5.1.1.1 deste RTQ.

b) Na Inspeção Final, o aparelho deve ser desmontado e inspecionado, de forma a verificar a sua conformidade com o requisito 5.1.1.12 deste RTQ. Todas as anomalias devem ser registradas e acompanhadas de fotografias. Outras especificações técnicas relevantes também podem ser verificadas na Inspeção Final.

**5.1.2.3** Os ensaios listados na Tabela 1, com exceção do envelhecimento acelerado, devem ser realizados na ordem apresentada, em adequação ao estabelecido no referencial normativo.

**5.1.2.4** O ensaio de desempenho térmico pode, opcionalmente, ser realizado separadamente em outra amostra, desde que não tenha sido submetida a ensaio.

**5.1.2.5** No ensaio de desempenho térmico de coletores abertos, utilizar a vazão de água de 4,2 (quatro inteiros e dois décimos) l/min.m<sup>2</sup>.

**5.1.2.6** Para o ensaio de pressão interna, no caso de absorvedores orgânicos, isto é, constituídos de plásticos ou elastômeros, a temperatura de ensaio deve ser a máxima temperatura a que o absorvedor pode chegar sob as condições de estagnação, desde que menor ou igual a 90

(noventa) °C; quando a temperatura de estagnação calculada for maior que 90 (noventa) °C, a temperatura de ensaio deve ser 90 (noventa) °C.

**5.1.2.7** O ensaio de choque térmico externo e interno deve ser combinado com o ensaio de exposição, conforme as condições estabelecidas na referência normativa.

**5.1.2.8** O ensaio de choque térmico não pode resultar em infiltração de água no coletor solar. Caso não seja possível distinguir a infiltração da condensação interna, a comprovação do fenômeno deve ser feita após o ensaio de penetração de chuva.

Nota: A condensação interna é representada por gotículas visíveis a olho nu. A ocorrência de névoa não configura o fenômeno de condensação interna.

**5.1.2.9** Para a verificação de infiltração após o ensaio de penetração de chuva, caso o método da pesagem seja escolhido, a variação de peso não pode ser maior que 30 (trinta) g/m<sup>2</sup> de área do coletor. A balança utilizada deve possuir incerteza padrão melhor do que 5 (cinco) g/m<sup>2</sup> de área do coletor.

**5.1.2.10** Os ensaios de resistência ao congelamento e de resistência ao impacto devem ser realizados somente em coletores declarados pelo fornecedor como resistentes.

**5.1.2.11** O ensaio de envelhecimento acelerado deve ser realizado somente em coletores compostos por materiais poliméricos.

**5.1.2.11.1** O ensaio de envelhecimento acelerado deve ser realizado com, no mínimo, 1200 (mil e duzentas) horas de exposição, em uma amostra do material polimérico utilizado no coletor solar.

**5.1.2.12** Os requisitos 5.1.1.13 e 5.1.1.14 devem ser atendidos considerando as orientações dos Anexos 1 ao 3.

## 5.2 Reservatório Térmico

### 5.2.1 Requisitos essenciais

**5.2.1.1** O reservatório térmico deve conter marcações duráveis, claramente discerníveis, aplicadas sobre parte não destacável e visíveis quando da instalação do reservatório.

**5.2.1.1.1** Mesmo após esfregar as marcações manualmente por 15 (quinze) segundos com um pedaço de tecido embebido em água e novamente por 15 (quinze) segundos com um pedaço de tecido embebido em um solvente de petróleo, não pode ser possível remover placas de marcação, que também não devem apresentar enrugamento.

**5.2.1.1.2** As marcações do reservatório térmico referenciadas em 5.2.1.1 devem fornecer os seguintes avisos:

a) Informações comerciais de compra do produto, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Marcações mínimas sobre informações comerciais e de compra do produto

• Modelo.
• Nome marca comercial (logomarca) ou marca de identificação do fornecedor responsável.
• Data de fabricação no formato dd/mm/aaaa.
• Volume do reservatório (litros).
• Pressão máxima de trabalho (kPa e m.c.a.).



• Potência nominal (W).
• Tensão nominal (Vca).
• Corrente elétrica nominal (A).
• Capacidade do disjuntor (A). TABELA 33
• Seção transversal ou fiação mínima dos condutores de alimentação, em mm <sup>2</sup> .
• Grau de proteção do invólucro do reservatório IP24, de acordo com a definição do item 4.8.

Nota: A capacidade declarada do disjuntor deve estar compatível com a seção transversal declarada.

b) Informações de advertência para reduzir os perigos previsíveis ligados ao uso do produto, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Marcações de advertência para reduzir os perigos previsíveis ligados ao uso do produto

Marcações	Posicionamento de posição
<i>“ATENÇÃO: antes de acessar os terminais elétricos, todos os circuitos alimentadores devem ser desligado”.</i>	Essa advertência deve ser localizada próxima da tampa dos terminais
<i>“IMPORTANTE PARA SUA SEGURANÇA: para evitar riscos de choques elétricos este Fio Terra deve ser conectado a um sistema de aterramento”.</i>	Essa marcação deve estar disposta em uma etiqueta removível a ser fixada ao terminal ou Fio Terra do aparelho e que deve estar disponível no momento da instalação.

c) Os terminais de conexão da alimentação elétrica do aparelho devem ser marcados de forma a diferenciar aqueles destinados exclusivamente ao condutor de neutro daqueles de aterramento, da seguinte forma:

- Os terminais destinados exclusivamente ao condutor de neutro devem ser indicados pela letra N;
- Os terminais de aterramento devem ser indicados pelo símbolo de aterramento.

d) Caso um dispositivo de proteção unifilar seja inserido no circuito do condutor de fase no interior de aparelhos classe 0I ou I monofásicos, destinados a ligação permanente à fiação, o terminal correspondente deve ser claramente indicado.

e) Para aparelhos fornecidos com cordão de alimentação, a identificação poderá ser realizada através da cor da isolação dos condutores:

- Verde ou verde/amarelo para o fio Terra.
- Azul claro para Neutro.

f) A entrada de água da rede de alimentação e a saída de água ao consumo devem ser identificadas. Se cores forem usadas, azul deve ser utilizado para a entrada e vermelho para a saída.

**5.2.1.2** O volume útil ( $V_{ef}$ ) do reservatório térmico não pode variar significativamente do volume nominal ( $V_{nom}$ ) do aparelho, de forma que o volume útil seja maior ou igual a 95% (noventa e cinco por cento) do volume nominal e menor ou igual a 110% (cento e dez por cento) do volume nominal, como expresso a seguir:

$$- 5 \% \leq [(V_{ef} - V_{nom}) / V_{nom}] \leq +10 \%$$

**5.2.1.3** O reservatório térmico não pode apresentar vazamento ou deformação permanente visível quando submetido à pressão hidrostática de trabalho em torno da especificada pelo fornecedor, mesmo após uso continuado.

**5.2.1.4** A perda específica de energia mensal máxima por capacidade do reservatório térmico deve obedecer aos limites estabelecidos pela Tabela 4.

Tabela 4. Perda específica de energia mensal máxima por capacidade do reservatório térmico

Volume do reservatório térmico (l)	Perda Específica de Energia Mensal Máxima (KWh/m.l)
100	≤ 0,27
150	≤ 0,27
200	≤ 0,27
250	≤ 0,27
300	≤ 0,27
400	≤ 0,22
500	≤ 0,21
600	≤ 0,20
800	≤ 0,18
≥ 1000	≤ 0,16

**5.2.1.5** O reservatório térmico deve possuir isolamento elétrico e continuidade elétrica entre o condutor (fio terra ou cabo elétrico) e os invólucros metálicos interno e externo, de tal forma que, quando submetido a variados valores de tensão elétrica, não sofra perfurações ou descargas disruptivas que comprometam as isolações.

**5.2.1.6** A corrente de fuga do reservatório não deve exceder o limite até o qual pode circular o corpo do usuário, qual seja, 5 mA (cinco miliampere).

**5.2.1.7** A potência elétrica absorvida ( $P_{ab}$ ) do reservatório térmico na tensão nominal não pode variar significativamente da potência nominal ( $P_{nom}$ ) declarada pelo fornecedor, de forma que a potência elétrica absorvida seja maior ou igual a 95% (noventa e cinco por cento) da potência nominal e menor do que ou menor ou igual a 110% (cento e dez por cento) da potência nominal, como expresso a seguir:

$$- 5 \% \leq [( P_{ab} - P_{nom} ) / P_{nom} ] \leq +10 \%$$

**5.2.1.8** Partes externas de material não metálico do reservatório térmico, partes de material isolante que sustentam as partes vivas incluindo ligações e partes de material que proporcionam isolamento suplementar ou isolações reforçadas, cuja deterioração possa prejudicar a conformidade do aparelho quanto à segurança, devem ser suficientemente resistentes ao calor e não podem apresentar velocidade de propagação da chama que exponha o usuário a perigo de fogo.

**5.2.1.9** Partes ferrosas do reservatório térmico devem apresentar resistência ao enferrujamento, mesmo após uso continuado e exposição a condições ambientais diversas.

**5.2.1.10** Os materiais orgânicos do reservatório térmico, isto é, plásticos e elastômeros, quando existirem, devem ser resistentes ou estar protegidos contra radiação ultravioleta.

**5.2.1.11** Os componentes internos do reservatório térmico devem se manter íntegros e sem anomalia após a exposição do aparelho a condições ambientais diversas.

## 5.2.2 Demonstração da conformidade

**5.2.2.1** A conformidade do reservatório térmico quanto aos requisitos essenciais deve ser demonstrada por meio dos ensaios descritos no Anexo 4 desse RTQ e complementados pelos procedimentos das normas listadas Tabela 5, em suas versões mais atualizadas.

Tabela 5. Ensaio e base normativa para reservatórios térmicos

Requisitos Essenciais (item do RTQ)	Ensaio	Procedimento de Ensaio
5.2.1.1	Marcações e instruções	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.2	Volume armazenado	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.3	Pressão hidrostática	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.4	Perda específica de energia mensal	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.5	Tensão suportável	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 16
5.2.1.6	Corrente de fuga	Norma ABNT NBR 14016
5.2.1.7	Potência absorvida	Norma ABNT NBR 14013
5.2.1.8	Resistência ao calor e fogo	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 30
5.2.1.9	Resistência ao enferrujamento	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 31
5.2.1.10	Envelhecimento acelerado	ASTM G155-Ciclo 1

**5.2.2.2** Antes e após a realização dos ensaios listados na Tabela 5, o aparelho deve ser submetido à Inspeção Inicial e Inspeção Final, respectivamente, da seguinte forma:

a) Na Inspeção Inicial, as seguintes características construtivas devem ser verificadas:

- Dimensões internas e externas do reservatório térmico.
- Materiais e especificações do revestimento externo, cilindro interno e isolamento térmico do reservatório.
- Peso do reservatório térmico.
- Fluido de trabalho do reservatório térmico.
- Potência elétrica, presença de fio terra e fabricante do sistema elétrico auxiliar do reservatório térmico, se pertinente.

b) Na Inspeção Final, o aparelho deve ser inspecionado, de forma a verificar a sua conformidade com o requisito 5.2.1.11 deste RTQ. Todas as anomalias devem ser registradas e acompanhadas de fotografias. Outras especificações técnicas relevantes também podem ser verificadas na Inspeção Final.

**5.2.2.3** Os ensaios de Corrente de Fuga, Potência Absorvida, Resistência ao Calor e Fogo e Resistência ao Enferrujamento somente são aplicáveis para os reservatórios térmicos que possuem apoio elétrico.

**5.2.2.4** O ensaio de envelhecimento acelerado deve ser realizado com, no mínimo, 1200 (mil e duzentas) horas de exposição, em uma amostra do material polimérico utilizado no coletor solar.

**5.2.2.5** Os requisitos essenciais constantes nesse RTQ estabelecem os critérios de aceitação para os ensaios da Tabela 5.

### 5.3 Sistema Acoplado

#### 5.3.1 Requisitos essenciais

**5.3.1.1** O coletor solar do sistema acoplado do tipo justaposto deve apresentar todos os requisitos essenciais e aspectos descritos nos itens 5.1.1.1 ao 5.1.1.7 e 5.1.1.11.

**5.3.1.2** O reservatório térmico do sistema acoplado do tipo justaposto deve apresentar todos os requisitos essenciais e aspectos descritos nos itens 5.2.

**5.3.1.3** Os componentes internos do sistema acoplado devem se manter íntegros e sem anomalia após a exposição do aparelho às condições de elevação da pressão interna, alta temperatura, radiação e irradiação solar global intensa e possíveis choques térmicos.

**5.3.1.4** As seguintes características do sistema acoplado do tipo justaposto ou monobloco devem ser calculadas e declaradas:

- Produção Mensal Específica de Energia (PMEe) do sistema acoplado, em kWh/mês.m<sup>2</sup>, conforme Anexo 1.
- Produção mensal de energia ( $P_{men}$ ) por sistema acoplado, em kWh/mês, conforme Anexo 1.
- Área externa do coletor acoplado, em m<sup>2</sup>.
- Eficiência térmica diária do sistema ( $\eta_{diária}$ ), conforme Anexo 2.

**5.3.1.5** A PMEe (kWh/mês.m<sup>2</sup>) é a medida de eficiência para a produção de energia do sistema acoplado, devendo ser igual ou superior aos índices mínimos estabelecidos pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) do Ministério de Minas e Energia (MME) e ser classificada nas faixas de eficiência energética, conforme Anexo 3.

#### 5.3.2 Demonstração da conformidade

**5.3.2.1** A conformidade do sistema acoplado do tipo justaposto ou monobloco quanto aos requisitos essenciais deve ser demonstrada por meio dos ensaios estabelecidos na Tabela 6 e do atendimento às orientações dos requisitos 5.3.2.2 a 5.3.2.12.

Tabela 6. Ensaio e referencia normativa para sistemas acoplados

Requisitos Essenciais (Item RTQ)	Ensaio para sistema acoplado	Aplicação	Referência normativa
5.1.1.2	Desempenho térmico	Sistema Acoplado	Norma ISO/DIS 9459-2
5.1.1.3	Pressão interna	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.4	Resistência à alta temperatura	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.5	Exposição I (10h)	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.6	Choque térmico interno e externo I	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.5	Exposição II (20h)	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.6	Choque térmico interno e externo II	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.7	Penetração de chuva	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2

5.1.1.11 5.2.1.10	Envelhecimento acelerado	Sistema Acoplado	ASTM G155-Ciclo 1
5.2.1.1	Marcações e instruções	Reservatório Acoplado	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.2	Volume armazenado	Reservatório Acoplado	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.3	Pressão hidrostática	Reservatório Acoplado	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.4	Perda específica de energia mensal	Reservatório Acoplado	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.5	Tensão suportável	Reservatório Acoplado	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 16
5.2.1.6	Corrente de fuga	Reservatório Acoplado	Norma ABNT NBR 14016
5.2.1.7	Potência absorvida	Reservatório Acoplado	Norma ABNT NBR 14013
5.2.1.8	Resistência ao calor e fogo	Reservatório Acoplado	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 30
5.2.1.9	Resistência ao enferrujamento	Reservatório Acoplado	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 31

**5.3.2.2** Antes e após a realização dos ensaios listados na Tabela 6, o aparelho deve ser submetido à Inspeção Inicial e Inspeção Final, respectivamente, da seguinte forma:

a) A Inspeção Inicial deve contemplar os seguintes aspectos:

- Medição das dimensões da área externa e da área transparente do coletor acoplado, com incerteza máxima de 0,3%.
- Verificação do material de constituição do absorvedor, bem como outras especificações técnicas relevantes.
- Avaliação da conformidade do aparelho quanto ao requisito 5.1.1.1 deste RTQ.

b) Na Inspeção Final, o aparelho deve ser desmontado e inspecionado, de forma a verificar a sua conformidade com o requisito 5.1.1.12 deste RTQ. Todas as anomalias devem ser registradas e acompanhadas de fotografias. Outras especificações técnicas relevantes também podem ser verificadas na Inspeção Final.

**5.3.2.3** No ensaio de desempenho térmico, quando o sistema acoplado possuir bóia e não for possível a vazão de 10 (dez) l/min, estabelecida no procedimento da norma ISO/DIS 9459-2, deve ser adotada a vazão de 3 (três) l/min.

**5.3.2.4** O ensaio de desempenho térmico pode, opcionalmente, ser realizado separadamente em outra amostra, desde que não tenha sido submetida a ensaio.

**5.3.2.5** Os ensaios com aplicação para coletores acoplados podem ser realizados em amostra diferente da amostra a ser submetida aos ensaios com aplicação para reservatórios acoplados.

**5.3.2.6** Os ensaios com aplicação para coletores acoplados, com exceção do envelhecimento acelerado, devem ser realizados na ordem apresentada, em adequação ao estabelecido no referencial normativo.

**5.3.2.7** Para o ensaio de pressão interna do coletor acoplado, no caso de absorvedores orgânicos, isto é, constituídos de plásticos ou elastômeros, a temperatura de ensaio deve ser a máxima temperatura a que o absorvedor pode chegar sob as condições de estagnação, desde que menor ou igual a 90 (noventa) °C; quando a temperatura de estagnação calculada for maior que 90 (noventa) °C, a temperatura de ensaio deve ser 90 (noventa) °C.

**5.3.2.8** Nos coletores acoplados, o ensaio de choque térmico externo e interno deve ser combinado com o ensaio de exposição, conforme as condições estabelecidas na referência normativa.

**5.3.2.9** Nos coletores acoplados, o ensaio de choque térmico não pode resultar em infiltração de água no coletor solar. Caso não seja possível distinguir a infiltração da condensação interna, a comprovação do fenômeno deve ser feita após o ensaio de penetração de chuva.

Nota: A condensação interna é representada por gotículas visíveis a olho nu. A ocorrência de névoa não configura o fenômeno de condensação interna.

**5.3.2.10** Para a verificação de infiltração após o ensaio de penetração de chuva, caso o método da pesagem seja escolhido, a variação de peso não pode ser maior que 30 (trinta)  $\text{g/m}^2$  de área do coletor. A balança utilizada deve possuir incerteza padrão melhor do que 5 (cinco)  $\text{g/m}^2$  de área do coletor.

**5.3.2.11** Os ensaios de Corrente de Fuga, Potência Absorvida, Resistência ao Calor e Fogo e Resistência ao Enferrujamento somente são aplicáveis para os reservatórios térmicos acoplados que possuem apoio elétrico.

**5.3.2.12** Os requisitos 5.3.1.4 e 5.3.1.5 devem ser atendidos considerando as orientações dos Anexos 1 ao 3.

## ANEXO 1

### CÁLCULO DA EFICIÊNCIA PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA DE COLETORES SOLARES PLANOS E SISTEMAS ACOPLADOS

#### A. Eficiência para a produção de energia dos coletores solares planos

**A.1.** A eficiência para a produção de energia dos coletores solares planos refere-se ao desempenho térmico dos aparelhos. Ela é medida pela Produção Mensal Específica de Energia (PMEe), em kWh/mês.m<sup>2</sup>, dada pela Equação 1. A PMEe para coletor solar é a relação entre a Produção Mensal de Energia (P<sub>men</sub>), em kWh/mês, e a Área Externa (A<sub>ext</sub>), em m<sup>2</sup>.

Equação 1. Cálculo da Produção Mensal Específica de Energia de sistemas acoplados (KWh/mês.m<sup>2</sup>)

$$PMEe = \frac{P_{men}}{A_{ext}}$$

**A.2.** A Produção Mensal de Energia (P<sub>men</sub>) deve ser calculada de acordo com a Equação 2. A P<sub>men</sub> equivale a 30 (trinta) vezes a produção diária de energia, que corresponde ao produto entre a Eficiência Térmica Média (η<sub>méd</sub>) do coletor solar, o Fator de Correção para o Ângulo de Incidência Médio (K<sub>θ méd</sub>), a Radiação Solar Global Incidente em Média Diária (H) na unidade de área de abertura do coletor (A<sub>aber</sub>) e para o dia padrão pré-definido.

Equação 2. Cálculo da Produção Mensal de Energia (KWh/mês)

$$P_{men} = \frac{30}{3600} \times \eta_{méd} \times K_{\theta\ méd} \times H \times A_{aber}$$

Onde:

K<sub>θ</sub> é calculado de acordo com a referência normativa para o ângulo de 25°.

η<sub>méd</sub> é calculada de acordo com o item A.2 do Anexo 1; e

H = 17,6 MJ/m<sup>2</sup>

Nota: A constante 3600 (três mil e seiscentos) é apenas para conversão da unidade em kWh/mês.m<sup>2</sup>, permitindo, assim, uma melhor avaliação, por parte dos consumidores finais, da economia de energia a ser obtida com a utilização do aquecimento solar.

**A.3.** Para coletores solares abertos ou fechados com desempenho ópticos usuais, o Fator de Correção para o Ângulo de Incidência Médio (K<sub>θ méd</sub>) é calculado para o ângulo de 25° (vinte e cinco graus). Para os coletores em que o efeito do ângulo de incidência não é simétrico com o ângulo de incidência da radiação direta, como coletores de tubo a vácuo e coletores Cilindro-Parabólico-Composto (CPC), o K<sub>θ méd</sub> é calculado para o ângulo de 50° (cinquenta graus), porém nunca maior à unidade; se esse limite for excedido, usa-se o valor 01 (um).

**A.4.** A Eficiência Térmica Média (η<sub>méd</sub>) deve ser calculada de acordo com a Equação 3. A η<sub>méd</sub> é obtida pela integração da função de Eficiência Térmica [η(x)] do coletor solar, de 0 (zero) ao limite superior x', conforme especificado na Tabela 7.

Equação 3. Cálculo da Eficiência Térmica Média (η<sub>méd</sub>) de coletor solar (%)

$$\eta_{méd} = \int_0^{x'} \eta(x) dx \div x'$$

Tabela 7. Limites de integração para o cálculo da eficiência média do coletor solar (C.m<sup>2</sup>/W)

Limite de integração (x')	Coletor fechado	Coletor Aberto
Limite inferior	0	0
Limite superior	0,044	0,020

Nota: A função de eficiência térmica do coletor solar [ $\eta(x)$ ] é obtida no ensaio de desempenho térmico (ver Tabela 1). Para fins de cálculo da eficiência térmica média ( $\eta_{méd}$ ), considerar  $\eta(x)$  para a velocidade de  $3 \pm 1$  m/s, para os coletores fechados, e fixar  $\eta(x)$  a velocidade de  $1,5 \pm 0,5$  m/s, para coletores abertos.

## B. Eficiência para a geração de energia dos sistemas acoplados

**B.1.** A eficiência para a produção de energia dos coletores solares planos refere-se ao desempenho térmico dos aparelhos. Ela é medida pela Produção Mensal Específica de Energia por área (PMEe), em kWh/mês.m<sup>2</sup>, dada pela Equação 4. A PMEe para sistemas acoplados é a relação entre a Produção Mensal de Energia ( $P_{men}$ ), em kWh/mês, e a Área Externa ( $A_{ext}$ ), em m<sup>2</sup>.

Equação 4. Cálculo da Produção Mensal Específica de Energia de sistemas acoplados (KWh/mês.m<sup>2</sup>)

$$PMEe = \frac{P_{men}}{A_{ext}}$$

**B.2.** O cálculo da Produção Mensal de Energia ( $P_{men}$ ) é dada pela Equação 5. A  $P_{men}$  é obtida multiplicando-se por 30 (trinta) a energia útil diária ( $Q_{útil}$ ) produzida pelo sistema acoplado.

Equação 5. Cálculo da Produção Mensal Específica de Energia de sistemas acoplados (KWh/mês)

$$P_{men} = \frac{30}{3600} \times Q_{útil}$$

Nota: A constante 3600 é apenas para conversão da unidade em kWh/mês, permitindo, assim, uma melhor avaliação, por parte dos consumidores finais, da economia de energia a ser obtida com a utilização do aquecimento solar.

**B.3.** A energia útil diária ( $Q_{útil}$ ) deve ser calculada igualando as variáveis da equação de energia útil diária aos valores do dia padrão, conforme definidos na Tabela 8. A equação da energia útil diária é calculada no ensaio de desempenho térmico dos sistemas acoplados (ver Tabela 6).

Tabela 8. Valores para o cálculo da Energia Útil Diária ( $Q_{útil}$ ) de sistemas acoplados

Variável	Valores a para o cálculo da eficiência térmica média
H	= 17,6 MJ/m <sup>2</sup>
( $T_{amb} - T_c$ )	= - 2° C

Onde:

H = radiação solar global incidente no plano do coletor em média diária, em MJ/m<sup>2</sup>.

$T_{amb}$  = temperatura média ambiente (°C).

$T_c$  = temperatura de carga (°C).



## ANEXO 2

### CÁLCULO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE COLETORES SOLARES PLANOS E SISTEMAS ACOPLADOS

#### A. Eficiência Térmica Média dos coletores solares planos

A Eficiência Térmica Média ( $\eta_{\text{méd}}$ ) do coletor solar é calculada conforme as orientações do item A.3 do Anexo A.

#### B. Eficiência Térmica Diária dos sistemas acoplados

A Eficiência Térmica Diária ( $\eta_{\text{diária}}$ ) do sistema acoplado é calculada pela Equação 6. A  $\eta_{\text{diária}}$  é a relação entre a razão da Energia Útil Diária ( $Q_{\text{útil}}$ ) com a Área Externa ( $A_{\text{ext}}$ ) e a Radiação Solar Global Incidente ( $H$ ) no plano do coletor, em média diária do dia padrão.

Equação 6. Cálculo da Eficiência Térmica Diária do sistema acoplado (%)

$\eta_{\text{diária}} = \frac{Q_{\text{útil}}}{H \cdot A_{\text{ext}}}$
<i>Onde:</i> $Q_{\text{útil}}$ é calculada de acordo com o item B.3 do Anexo 1; e $H = 17,6 \text{ MJ/m}^2$

**ANEXO 3**  
**FAIXAS DE CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA**  
**DOS COLETORES SOLARES PLANOS E ACOPLADOS**

A classificação da eficiência para produção de energia dos coletores solares planos e sistemas acoplados deve ser determinada de acordo com a Tabela 9 e Tabela 10.

Tabela 9. Faixas de Classificação para Coletor Solar Fechado e Sistemas Acoplados

<b>Faixas de Classificação</b> <b>Coletor Solar Fechado e Sistema</b> <b>Acoplado</b>	
<b>Classe</b>	<b>Produção Específica Mensal (kWh/mês.m<sup>2</sup>)</b>
A	$80,3 < PME_e$
B	$73,3 < PME_e \leq 80,3$
C	$66,3 < PME_e \leq 73,3$
D	$59,3 < PME_e \leq 66,3$
E	$52,3 < PME_e \leq 59,3$

Tabela 10. Faixas de Classificação para Coletor Solar Aberto

<b>Faixas de Classificação</b> <b>Coletor Solar Aberto</b>	
<b>Classe</b>	<b>Produção Específica Mensal (kWh/mês.m<sup>2</sup>)</b>
A	$98,0 < PME_e$
B	$90,0 < PME_e \leq 98,0$
C	$80,0 < PME_e \leq 90,0$
D	$70,0 < PME_e \leq 80,0$
E	$65,0 < PME_e \leq 70,0$

## ANEXO 4

### DETALHAMENTO DOS PROCEDIMENTOS DE ENSAIO DO RESERVATÓRIO TÉRMICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

#### A. Marcações e instruções do reservatório térmico

Friccionar a(s) marcação(ões) manualmente por 15 s (quinze segundos) com tecido liso embebido em água e novamente por 15 s (quinze segundos) com outro tecido embebido em um solvente de petróleo, de acordo com especificação a seguir. Para que o resultado seja conforme, nesse processo as placas de marcação não podem ser removidas ou apresentar enrugamento.

O solvente de petróleo a ser utilizado para o ensaio é o solvente alifático hexano, com teor máximo de aromáticos de 0,1% (um décimo por cento) em volume, um valor de kauri-butanol de 29 (vinte e nove), um ponto inicial de ebulição de aproximadamente 65°C (sessenta e cinco graus Celsius), um ponto seco de aproximadamente 69°C (sessenta e nove graus Celsius) e uma massa específica de aproximadamente 0,66 kg/L (sessenta e seis centésimos quilograma por litro).

Realizar inspeção visual das marcações mínimas sobre informações comerciais e de compra do produto, da marcação do código de rastreabilidade do produto, das marcações sobre informações de advertência para reduzir os perigos previsíveis ligados ao uso do produto e as demais marcações para identificação de cabos e fios.

#### B. Ensaio de volume armazenado

Todas as tubulações externas do reservatório são vedadas, com exceção do respiro<sup>1</sup> e da tubulação localizada em sua parte inferior. Caso não haja tubulação específica para o respiro, um tubo de 150 mm é instalado na tubulação mais alta do reservatório para realizar a função do respiro.

Inicia-se o ensaio ( $t = 0$ ), com abertura da válvula instalada na tubulação localizada na parte inferior do reservatório, de modo a permitir que a água fria (à temperatura da rede de abastecimento) escoe para o interior do reservatório. Finaliza-se o ensaio no instante em que a água surge no respiro, com a marcação do tempo correspondente à duração do ensaio tempo ( $t$ )

Pode-se medir o volume armazenado mediante um dos seguintes métodos:

a) Integral definida da vazão volumétrica entre os instantes  $t=0$  e o tempo final ( $t$ )

Para medida da vazão volumétrica, o laboratório pode utilizar um rotâmetro tipo turbina que gera, a partir do movimento das pás, um pulso elétrico que é amplificado e processado na forma de frequência ou corrente. O sinal pode ser interpretado para fornecer a vazão instantânea que será integrada conforme Equação 7. Alguns sensores são equipados com totalizadores, fornecendo diretamente o volume correspondente.

O volume do reservatório é calculado pela Equação 7.

---

<sup>1</sup> Tubulação localizada na parte mais alta do reservatório.

## Equação 7. Volume do Reservatório

$$V = \int_0^t Q \cdot dt$$

Onde: V é o volume do reservatório, t é o tempo de duração do ensaio e Q é a vazão volumétrica da água.

## b) Medida Indireta

Mede-se a massa do reservatório térmico vazio e cheio de água, sempre à temperatura ambiente. A capacidade volumétrica do reservatório é calculada pela massa de água armazenada, dada pela diferença entre os dois valores medidos, multiplicada pela massa específica da água à temperatura ambiente (ver Tabela 11).

**Tabela 11. Massa específica da água conforme temperatura ambiente (kg/m<sup>3</sup>)**

20°C	998,0
25°C	997,0
30°C	996,0

**C. Ensaio de pressão hidrostática**

Durante 15 minutos, submeter o reservatório a uma pressão 50 % maior que a pressão de trabalho especificada pelo fornecedor. Elevar, gradativamente e sem golpes, a pressão no interior do corpo-de-prova, em um intervalo de tempo de aproximadamente 1 min, até atingir a pressão especificada de ensaio, a qual deve ser mantida durante o tempo estabelecido. Caso haja diminuição da pressão requerida por motivo de dilatação do corpo-de-prova, ajustar o equipamento para que o valor requerido seja restabelecido.

**D. Perda específica de energia mensal****D.1. Ensaio para determinação do coeficiente de perda de calor do reservatório**

Para determinação do coeficiente de perda de calor do reservatório, os seguintes passos devem ser seguidos.

- 1º) Instalar e montar o reservatório em ambiente fechado conforme norma.
- 2º) Carregar o reservatório com água quente, ou aquecer a água no reservatório, de modo que ao iniciar o ensaio a temperatura da água seja uniforme e igual a  $(50 \pm 1)^\circ\text{C}$  (cinquenta graus, mais ou menos um grau Celsius).
- 3º) Homogeneizar a temperatura da água no reservatório usando uma bomba para circulá-la a uma taxa de, no mínimo, 5 (cinco) vezes o volume armazenado por hora.
- 4º) Considerar que a temperatura da água no reservatório é uniforme quando a mesma, medida à saída do reservatório, variar menos de  $1^\circ\text{C}$  (um grau Celsius) por um período de 15 (quinze) minutos. A temperatura inicial da água no reservatório ( $T_i$ ) é a média aritmética das temperaturas medidas durante estes 15 (quinze) minutos e deve ser igual a  $(50 \pm 1)^\circ\text{C}$  (cinquenta graus mais ou menos um grau Celsius).

- 5º) Interromper a circulação, fechar as válvulas e deixar o reservatório resfriar durante  $24 \pm 1$  horas (vinte e quatro, mais ou menos uma, horas). Durante este resfriamento, a velocidade do ar sobre o reservatório deve ser nula.
- 6º) Manter a temperatura ambiente em  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  (vinte e um, mais ou menos um grau Celsius) durante o período de resfriamento e medi-la adjacente ao reservatório, a cada hora durante este período. Fazer a média aritmética destas temperaturas.
- 7º) Ao terminar o período de resfriamento, recircular a água do reservatório (conforme o item 3º) até obter temperatura uniforme. Considerar que a temperatura da água no reservatório é uniforme quando a mesma, medida à saída do reservatório, variar menos que  $1^\circ\text{C}$  (um grau Celsius) por um período de 15 (quinze) minutos. A temperatura final da água ( $T_f$ ) no reservatório é a média aritmética das temperaturas medidas durante estes 15 (quinze) minutos.
- 8º) Calcular o coeficiente de perda de calor do reservatório ( $U_s$ ) de acordo com a Equação 8:

Equação 8. Coeficiente de perda de calor do reservatório

$$U_s = \frac{\rho V c_p}{\Delta t} \ln \left( \frac{T_i - T_{amb}}{T_f - T_{amb}} \right)$$

Onde  $T_{amb}$  é a temperatura ambiente média adjacente ao reservatório durante o período de resfriamento.  $\Delta t$  é o período de resfriamento (em segundos), que deve ser tomado como o tempo entre o instante em que a circulação da água através do reservatório é interrompida (item 5º) e o momento em que ela é reiniciada (item 7º).  $V$  é o volume do reservatório (medido no ensaio de volume armazenado) e  $\rho$  é a massa específica da água à temperatura do ensaio de volume armazenado. O calor específico da água à pressão constante,  $c_p = 4,18 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$ .

## D.2. Cálculo estimado da perda específica de energia mensal do reservatório

Para definir valores comparativos e facilitar a avaliação por parte dos consumidores finais, adotou-se estimar a perda específica de energia mensal do reservatório nas seguintes condições:

- 1º) O coeficiente de perda de calor do reservatório ( $U_s$ ), medido de acordo com o procedimento descrito anteriormente, é considerado constante durante todo o processo de resfriamento.
- 2º) Temperatura da água armazenada no reservatório igual a  $50^\circ\text{C}$ .
- 3º) Temperatura ambiente de  $21^\circ\text{C}$ .
- 4º) Não há entrada de energia no reservatório e a única energia que sai do mesmo é a perdida para o ambiente.

Nessas condições, a energia armazenada no reservatório no início do processo de resfriamento ( $Q_0$ ) é definida de acordo com a Equação 9.

Equação 9. Energia armazenada no reservatório no início do processo de resfriamento

$$Q_0 = \rho V c_p (50 - 21)$$

A perda de energia diária ( $Q_{perda}$ ) é definida pela Equação 10:

Equação 10. Perda de energia diária ( $Q_{perda}$ )

$$Q_{perda} = Q_0 \left[ 1 - \exp\left(-\frac{U_s \Delta t}{\rho V c_p}\right) \right]$$

Onde:  $\Delta t=24$  horas.

Para o cálculo da perda específica de energia mensal, multiplica-se a perda diária por 30, dividindo o resultado pelo volume do reservatório. Como  $\Delta t=24 \times 3600$  segundos e  $c_p = 4,18$  kJ/kg.°C, obtém-se a perda específica de energia mensal definida, de acordo com a Equação 11.

Equação 11. Perda específica de energia mensal

$$\frac{Q_{perda}}{V} = \frac{1}{1000 * 3600} * 30 * \rho * 4,18 * (U_s - 21) \left[ 1 - \exp\left(-\frac{U_s * 24 * 3600}{\rho * V * 4180}\right) \right]$$

### E. Tensão suportável

Aplicar tensão em pontos do reservatório para verificação da isolação elétrica, conforme classe de isolação e tipo de construção (classe OI ou I). Os valores de tensão a serem aplicados são aqueles prescritos na base normativa apresentada na Tabela 5.

Neste ensaio, é verificada a continuidade elétrica entre o condutor (fio terra ou cabo elétrico) e os invólucros metálicos interno e externo do reservatório.

### F. Corrente de fuga

Determinar a corrente de fuga passível de circular através do corpo do usuário. As correntes de fuga são medidas na entrada de água, corpo do reservatório e saída de água, alimentados na tensão de 1,07 vezes a tensão nominal, conforme método de ensaio prescrito na base normativa descrita na Tabela 5.

Determinar a corrente de fuga no condutor de proteção (terra) para compatibilização com uso de DR (Dispositivo de proteção contra choques elétricos).

### G. Potência absorvida

Determinar a potência elétrica absorvida da rede, referida à tensão nominal, conforme método de ensaio prescrito na base normativa descrita na Tabela 5.

### H. Resistência ao calor e fogo

Conforme método de ensaio prescrito na base normativa descrita na Tabela 5, aplicar os ensaios de pressão de esfera e flamabilidade às partes externas de material não metálico, partes de material isolante que sustentam as partes vivas incluindo ligações e partes de material que proporcionam isolação suplementar ou isolações reforçadas, cuja deterioração possa prejudicar a conformidade do reservatório com respeito à segurança.

### I. Resistência ao enferrujamento

Conforme método de ensaio prescrito na base normativa descrita na Tabela 5, aplicar o ensaio de resistência ao enferrujamento às partes ferrosas, cujo enferrujamento possa causar a não conformidade do reservatório com respeito à segurança.