



Serviço Público Federal

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

Portaria nº 301, de 14 de junho de 2012.

O PRESIDENTE DO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO, no uso de suas atribuições, conferidas no § 3º do artigo 4º da Lei nº 5.966, de 11 de dezembro de 1973, nos incisos I e IV do artigo 3º da Lei nº 9.933, de 20 de dezembro de 1999, e no inciso V do artigo 18 da Estrutura Regimental da Autarquia, aprovada pelo Decreto nº 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 nº 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 da difusão da tecnologia de aquecimento solar para a matriz energética brasileira;

Considerando a importância de os equipamentos de aquecimento solar de água comercializados no país apresentarem requisitos mínimos de segurança e desempenho;

Considerando a necessidade de adequar o Programa de Avaliação da Conformidade para Equipamentos de Aquecimento Solar de Água às crescentes exigências para segurança do consumidor e para o meio ambiente;

Considerando a necessidade de reclassificar as faixas de eficiência energética dos Equipamentos de Aquecimento Solar de Água;

Considerando a necessidade de definição dos requisitos essenciais para Equipamentos de Aquecimento Solar de Água conforme a revisão da sua base normativa; resolve baixar as seguintes disposições:

Art. 1º Aprovar o Regulamento Técnico da Qualidade para Equipamentos de Aquecimento Solar de Água, disponibilizado no sítio 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, nº 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 nº 477, de 15 de dezembro de 2011, publicada no Diário Oficial da União de 16 de dezembro de 2011, seção 01, página 186.

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 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 EQUIPAMENTOS DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

1 OBJETIVO

Estabelecer os requisitos essenciais que devem ser atendidos pelos Equipamentos de Aquecimento Solar de Água, com foco na segurança, no meio ambiente e desempenho energético, visando à prevenção de acidentes e à eficiência energética.

1.1 ESCOPO DE APLICAÇÃO

~~1.1.1 Estes Requisitos se aplicam a:~~

- ~~— Coletores solares.~~
- ~~— Reservatórios térmicos fechados para fins de aquecimento solar e de volume padronizado menor que 1000 litros.~~
- ~~— Sistemas acoplados, excetuando-se aqueles cujos coletores e reservatórios acoplados não observem as restrições acima.~~

“1.1.1 Estes Requisitos se aplicam a:

- Coletores solares.
- Reservatórios térmicos fechados para fins de aquecimento solar e de volume padronizado menor ou igual a 1000 litros.
- Sistemas acoplados, excetuando-se aqueles cujos coletores e reservatórios acoplados não observem as restrições acima.” (N.R.) [Redação dada pela Portaria INMETRO nº 437 de 21/08/2012](#)

1.1.2 Excluem-se destes Requisitos os seguintes objetos:

- Concentradores solares, como parabólicos, disco e heliocêntrico.
- Reservatórios térmicos abertos.

2 SIGLAS

Para fins deste RTQ, são adotados as siglas dos documentos complementares citados no item 3, além das seguintes:

PM _{Ee}	Produção Mensal Específica de Energia
P _{men}	Produção Mensal de Energia
RTQ	Regulamento Técnico da Qualidade

3 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Norma ISO/DIS 9459-2 ISO 9459-2 (Retificação Inmetro publicada no DOU em 26/03/2013, seção 01 - página 64)	<i>Solar Heating – Domestic Water Heating Systems - Part 2: Performance Test for Solar Only Systems.</i>
Norma IEC 60335-2-21	Household and Similar Electrical Appliances – Safety – Part 2-21: Particular Requirements for storage water heaters.
Norma ASTM G155	Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials.

Norma ABNT NBR IEC 60529	Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP)
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 item 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 com aplicação banho

Coletor solar, aberto ou fechado, que é comercializado para aquecimento da água para banho e afins.

4.3. Coletor solar com aplicação piscina

Coletor solar, aberto ou fechado, que é comercializado para aquecimento da água da piscina.

4.4. Coletor solar aberto

Coletor solar cujo componente responsável pela absorção da radiação solar não fica protegido das intempéries por cobertura transparente.

4.5. Coletor solar fechado

Coletor solar cujo componente responsável pela absorção da radiação solar fica protegido das intempéries por cobertura transparente.

4.6. Dia padrão

Fixação, a partir dos dados obtidos em um dia pré-determinado no ano, dos valores da radiação solar global incidente no plano do coletor em média diária e da diferença entre a temperatura média ambiente e a de carga, possibilitando o cálculo da Produção Mensal de Energia do coletor solar e a comparação da capacidade de geração de energia 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, e teve suas variáveis definidas experimentalmente pelo Laboratório de Ensaio de Equipamentos Solares do Grupo de Estudos em Energia (Green).

4.7. 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.

4.8. 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.

4.9. IP24

Grau de proteção de invólucros de equipamentos elétricos, de acordo com a Norma ABNT NBR 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 aspersão de água em todas as direções.

4.10. 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/l.mês.

4.11. Produção Mensal de Energia (P_{men})

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

4.12. 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.m². Corresponde à capacidade do objeto para a geração de energia, considerando sua operação no dia padrão, sendo a medida utilizada para a classificação dos modelos no âmbito desse Programa de Avaliação da Conformidade.

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. Reservatório térmico

Tanque com isolamento térmico para armazenamento de água aquecida.

4.15. Reservatório térmico aberto

Reservatório térmico cuja água armazenada tem contato direto com o ar.

4.16. Reservatório de nível

Reservatório térmico cujo enchimento é controlado por boia interna e/ou mecanismo para distribuir água mesmo com reservatório parcialmente cheio.

4.17. Sistema acoplado

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

4.18. Sistema acoplado justaposto

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

4.19. 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 equipamentos de aquecimento solar de água referem-se aos aspectos de segurança e desempenho e estabelecem diretrizes do Programa de Avaliação da Conformidade para Equipamentos de Aquecimento Solar de Água.

5.1 Coletor Solar**5.1.1 Requisitos essenciais**

5.1.1.1 O desempenho térmico do equipamento deve ser medido.

5.1.1.2 Os absorvedores orgânicos e inorgânicos, inclusive em condições de alta temperatura, devem suportar a elevação de pressão máxima especificada pelo fabricante, ocorridas nas operações que podem ocorrer durante toda a vida útil do aparelho.

5.1.1.2.1 A pressão de trabalho mínima dos absorvedores deve maior ou igual a 5 (cinco) m.c.a.

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

5.1.1.4 O coletor solar não pode apresentar dano ou degradação que altere de forma significativa seu desempenho, após ter sido submetido às diversas condições de operação que podem ocorrer durante a vida útil real do coletor solar.

5.1.1.5 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.

5.1.1.6 A caixa externa do coletor solar não pode permitir o acúmulo de água da chuva que comprometa a sua capacidade funcional e durabilidade.

5.1.1.7 A cobertura transparente do coletor solar fechado e a caixa do aparelho, bem como as fixações entre essas partes, devem ser capaz de resistir, minimamente, à carga de pressão positiva e negativa devido ao efeito de vento de 1000 Pa.

5.1.1.8 O coletor solar deve suportar congelamento e ciclos de congelamento e degelo, sempre que for informado que o produto é resistente ao impacto provocado por essa intempérie de clima.

5.1.1.9 O coletor solar deve possuir materiais e componentes resistentes aos impactos provocados por chuva de granizo, sempre que for informado que o produto é resistente ao impacto provocado por essa intempérie de clima.

5.1.1.10 Os materiais poliméricos do coletor, quando existirem, devem ser resistentes ou estar protegidos contra radiação ultravioleta.

5.1.1.11 As seguintes características dos coletores solares devem ser calculadas e informadas:

- a) Produção Mensal Específica de Energia (PMEE) do coletor, em kWh/mês.m², conforme Anexo 1.
- b) Produção mensal de energia (P_{men}) por coletor, em kWh/mês, conforme Anexo 1.
- c) Eficiência térmica média do coletor, conforme Anexo 2.
- d) Área externa do coletor (A_{ext}), em m².
- e) Pressão de funcionamento (kPa) e carga de pressão máxima (kPa).

5.1.1.12 A PMEE deve ser classificada nas faixas de eficiência energética e atender ao índice mínimo estabelecido, 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 5.1.2.13.

Tabela 1. Ensaio e referência normativa para os procedimentos e critérios de aceitação dos ensaios para coletor solar

Requisitos Essenciais (Item RTQ)	Ensaio para coletores fechados	Ensaio para coletores abertos	Referência normativa
5.1.1.1	Desempenho térmico	Desempenho térmico	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.2 e 5.1.1.2.1	Pressão interna	Pressão interna	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.3	Resistência à alta temperatura	Resistência à alta temperatura	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.4	Exposição I (10h)	Exposição I (10h)	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.5	Choque térmico interno e externo I	Choque térmico interno e externo I	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.4	Exposição II (20h)	Exposição II (20h)	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.5	Choque térmico interno e externo II	Choque térmico interno e externo II	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.6	Penetração de chuva	-	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.7	Carga mecânica	-	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.8	Resistência ao congelamento	Resistência ao congelamento	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.9	Resistência ao impacto	-	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.10	Envelhecimento acelerado	Envelhecimento acelerado	ASTM G155, complementada pelos critérios de aceitação definidos no item 5.1.2.12.

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

5.1.2.3 O ensaio de desempenho térmico e o ensaio de envelhecimento acelerado podem, opcionalmente, ser realizados separadamente em outra amostra, desde que não tenha sido submetida a ensaio.

5.1.2.4 Os requisitos da base normativa listada na Tabela 1 devem ser seguidos, a não ser que os itens a seguir estabeleçam outras exigências.

5.1.2.5 No ensaio de desempenho térmico de coletor solar de aplicação para piscina, utilizar a vazão de água de 4,2 (quatro inteiros e dois décimos) l/min.m².

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

5.1.2.7 Os coletores submetidos ao choque térmico só poderão ser considerados não conformes se, após a realização do ensaio, apresentarem fissuras, distorções e deformações. A verificação de penetração de água não deverá ser reprovativa.

Nota: A evidência de penetração de água no coletor solar após o choque térmico deve ser obtida por meio do ensaio de penetração de chuva.

5.1.2.8 Para a verificação de penetração de água 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/m² de área externa do coletor. A balança utilizada deve possuir incerteza padrão melhor do que 5 (cinco) g/m² de área externa do coletor.

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

5.1.2.10 O ensaio de envelhecimento acelerado deve ser realizado nos componentes polimérico(s), utilizados nos coletores.

5.1.2.11 O ensaio de envelhecimento acelerado deve ser realizado com 1200 (mil e duzentas) horas de exposição, em amostra(s) do(s) material(is) polimérico(s) utilizado(s) nos coletores, nas condições de ensaio do Ciclo nº 2, definido pela base normativa.

5.1.2.12 O(s) material(is) polimérico(s), após submetido(s) ao ensaio de envelhecimento acelerado, não pode(m) apresentar sinais de desgaste mecânico, como craqueamento e fissuras, ou de desgaste corrosivo.

5.1.2.13 Os requisitos 5.1.1.11 e 5.1.1.12 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, visíveis quando da instalação do reservatório e aplicadas sobre parte não destacável.

5.2.1.2 As marcações do reservatório térmico referenciadas em 5.2.1.1 devem fornecer as seguintes informações:

a) Avisos de advertência para reduzir os perigos previsíveis ligados ao uso do produto, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Marcações de advertência para reduzir os perigos previsíveis ligados ao uso do produto

Marcações	Posicionamento de aposição
<i>“ATENÇÃO: antes de acessar os terminais elétricos, todos os circuitos alimentadores devem ser desligados”.</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.
<i>“IMPORTANTE PARA SUA SEGURANÇA: este reservatório deverá ser provido de dispositivo de alívio de pressão”.</i>	Essa advertência deve ser localizada na superfície do reservatório, em lugar visível ao consumidor.

b) 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.

c) 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.

d) 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.

e) 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.

5.2.1.3 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:

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

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

5.2.1.5 A perda específica de energia mensal (kWh/l.mês) máxima por capacidade do reservatório térmico deve obedecer aos limites estabelecidos pela Tabela 3.

Nota: Para dimensões intermediárias, a Perda Específica de Energia Mensal Máxima a ser considerada deve ser a referente ao volume do reservatório imediatamente inferior, entre aqueles indicados na Tabela 3, ou, para reservatórios de capacidade menor que 100 litros, igual a 0,27.

Tabela 3. Perda específica de energia mensal máxima por capacidade do reservatório térmico

Volume do reservatório térmico (l)	Perda Específica de Energia Mensal Máxima (kWh/l.mês)
100	$\leq 0,27$
150	$\leq 0,27$

200	$\leq 0,27$
250	$\leq 0,27$
300	$\leq 0,27$
400	$\leq 0,22$
500	$\leq 0,21$
600	$\leq 0,20$
800	$\leq 0,18$
≥ 1000	$\leq 0,16$

5.2.1.6 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.

5.2.1.7 A corrente de fuga do reservatório não pode exceder o limite suportado pelo corpo do usuário, qual seja, 5 mA (cinco miliampere).

5.2.1.8 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 90% (noventa por cento) da potência nominal e menor do que ou menor ou igual a 105% (cento e cinco por cento) da potência nominal, como expresso a seguir:

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

5.2.1.9 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.

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

5.2.1.11 Os materiais polimérico(s) do reservatório térmico, quando existirem, devem ser resistentes ou estar protegidos contra radiação ultravioleta.

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 deste RTQ e complementados pelos procedimentos das normas listadas Tabela 4, em suas versões mais atualizadas.

Tabela 4. Ensaio e base normativa para reservatórios térmicos

Requisitos Essenciais (Item RTQ)	Ensaio	Procedimento de Ensaio
5.2.1.1	Marcações e instruções	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.3	Volume armazenado	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.4	Pressão hidrostática	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.5	Perda específica de energia mensal	Anexo 4 do RTQ

5.2.1.6	Tensão suportável	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 16
5.2.1.7	Corrente de fuga	Norma ABNT NBR 14016
5.2.1.8	Potência absorvida	Norma ABNT NBR 14013
5.2.1.9	Resistência ao calor e fogo	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 30
5.2.1.10	Resistência ao enferrujamento	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 31
5.2.1.11	Envelhecimento acelerado	ASTM G155, complementada pelos critérios de aceitação definidos no item 5.2.2.6.

5.2.2.2 O ensaio de envelhecimento acelerado pode, opcionalmente, ser realizado separadamente em outra amostra, desde que não tenha sido submetida a ensaio.

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

5.2.2.4 O ensaio de envelhecimento acelerado deve ser realizado nos componentes poliméricos utilizados nos reservatórios.

5.2.2.5 O ensaio de envelhecimento acelerado deve ser realizado com 1200 (mil e duzentas) horas de exposição, em amostra(s) do(s) material(is) polimérico(s) utilizado(s) nos reservatórios, nas condições de ensaio do Ciclo nº 2, definido pela base normativa.

5.2.2.6 O(s) material(is) polimérico(s), após submetido(s) ao ensaio de envelhecimento acelerado, não pode(m) apresentar sinais de desgaste mecânico, como craqueamento e fissuras, ou de desgaste corrosivo.

5.2.2.7 Os requisitos essenciais constantes neste RTQ estabelecem os critérios de aceitação para os ensaios da Tabela 4.

5.3 Sistema Acoplado

5.3.1 Requisitos essenciais

5.3.1.1 O coletor solar do sistema acoplado do tipo justaposto ou monobloco deve apresentar todos os requisitos essenciais e aspectos descritos nos itens 5.1.1.1 ao 5.1.1.10, com exceção do 5.1.1.8.

5.3.1.2 O reservatório térmico do sistema acoplado do tipo justaposto ou monobloco deve apresentar todos os requisitos essenciais e aspectos descritos nos itens 5.2, com exceção do item 5.2.1.5.

5.3.1.3 As seguintes características do sistema acoplado do tipo justaposto ou monobloco devem ser calculadas e informadas:

- Produção Mensal Específica de Energia (PME_e) do sistema acoplado, em kWh/mês.m², conforme Anexo 1.
- Produção mensal de energia (P_{men}) por sistema acoplado, em kWh/mês, conforme Anexo 1.
- Área externa do coletor acoplado, em m².
- Eficiência térmica diária do sistema ($\eta_{diária}$), conforme Anexo 2.

5.3.1.4 A PME_e (kWh/mês.m²) 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 5 e do atendimento às orientações dos requisitos 5.3.2.2 a 5.3.2.16.

Tabela 5. Ensaios e referencia normativa para sistemas acoplados

Requisitos Essenciais (Item RTQ)	Ensaios para sistema acoplado	Aplicação	Referência normativa
5.1.1.1	Desempenho térmico	Sistema Acoplado	Norma ISO/DIS 9459-2 ISO 9459-2 (Retificação Inmetro publicada no DOU em 26/03/2013, seção 01 - página 64)
5.1.1.2	Pressão interna	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.3	Resistência à alta temperatura	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.4	Exposição I (10h)	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.5	Choque térmico interno e externo I	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.4	Exposição II (20h)	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.5	Choque térmico interno e externo II	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.6	Penetração de chuva	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.7	Carga mecânica	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.9	Resistência ao impacto	Coletor Acoplado	Norma ABNT NBR 15747-2
5.1.1.10 5.2.1.11	Envelhecimento acelerado	Sistema Acoplado	ASTM G155, complementada pelos critérios de aceitação definidos no item 5.3.2.15.
5.2.1.1	Marcações e instruções	Reservatório Acoplado	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.3	Volume armazenado	Reservatório Acoplado	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.4	Pressão hidrostática	Reservatório Acoplado	Anexo 4 do RTQ
5.2.1.6	Tensão suportável	Reservatório Acoplado	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 16
5.2.1.7	Corrente de fuga	Reservatório Acoplado	Norma ABNT NBR 14016
5.2.1.8	Potência absorvida	Reservatório Acoplado	Norma ABNT NBR 14013
5.2.1.9	Resistência ao calor e fogo	Reservatório Acoplado	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 30
5.2.1.10	Resistência ao enferrujamento	Reservatório Acoplado	Norma NBR NM IEC 335-1, Capítulo 31

5.3.2.2 Os requisitos da base normativa listada na Tabela 5 devem ser seguidos, a não ser que os itens a seguir estabeleçam outras exigências.

5.3.2.3 No ensaio de desempenho térmico, quando o sistema acoplado possuir reservatório de nível, com boia interna em caixa de quebra de pressão, e não for possível a vazão de 10 (dez) l/min, estabelecida no procedimento da norma ~~ISO/DIS 9459-2~~ ISO 9459-2 ([Retificação Inmetro publicada no DOU em 26/03/2013, seção 01 - página 64](#)), deve ser adotada a vazão de 3 (três) l/min.

5.3.2.4 O ensaio de desempenho térmico e o ensaio de envelhecimento acelerado podem, opcionalmente, ser realizado separadamente em outra amostra, desde que não tenha sido submetida a ensaio.

5.3.2.5 O ensaio de resistência ao impacto deve ser realizado somente em sistemas acoplados declarados pelo fornecedor como resistentes.

5.3.2.6 Os ensaios classificados na Tabela 5 de aplicação “Coletor Acoplado” podem ser realizados em unidade de amostra diferente daquela a ser submetida aos ensaios classificados na Tabela 5 como de aplicação “Reservatórios Acoplado”.

5.3.2.7 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.

5.3.2.8 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.

5.3.2.9 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.

5.3.2.10 Os coletores do sistema acoplado submetidos ao choque térmico só poderão ser considerados não conformes se, após a realização do ensaio, apresentarem fissuras, distorções e deformações. A verificação de penetração de água não deverá ser reprovativa.

Nota: A evidência de penetração de água no coletor solar após o choque térmico será obtida por meio do ensaio de penetração de chuva.

5.3.2.11 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/m² de área externa do coletor. A balança utilizada deve possuir incerteza padrão melhor do que 5 (cinco) g/m² de área externa do coletor.

5.3.2.12 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.

5.3.2.13 O ensaio de envelhecimento acelerado deve ser realizado nos componentes poliméricos (plásticos ou elastômeros), utilizados nos sistemas acoplados.

5.3.2.14 O ensaio de envelhecimento acelerado deve ser realizado com 1200 (mil e duzentas) horas de exposição, em amostra(s) do(s) material(is) polimérico(s) utilizado(s) nos coletores, nas condições de ensaio do Ciclo nº 2, definido pela base normativa.

5.3.2.15 O(s) material(is) polimérico(s), após submetido(s) ao ensaio de envelhecimento acelerado, não pode(m) apresentar sinais de desgaste mecânico, como craqueamento e fissuras, ou de desgaste corrosivo.

5.3.2.16 Os requisitos 5.3.1.3 e 5.3.1.4 devem ser atendidos considerando as orientações dos Anexos 1 ao 3.

ANEXO 1

CÁLCULO DA PRODUÇÃO MENSAL ESPECÍFICA DE ENERGIA POR ÁREA PARA COLETORES SOLARES E SISTEMAS ACOPLADOS

A. Produção Mensal Específica de Energia por Área (PMEe) dos coletores solares

A.1. A eficiência para a produção de energia dos coletores solares refere-se ao desempenho térmico dos aparelhos. Ela é medida pela Produção Mensal Específica de Energia (PMEe), em kWh/mês.m², dada pela Equação 1. A PMEe para coletor solar é a relação entre a Produção Mensal de Energia (P_{men}), em kWh/mês, e a Área Externa (A_{ext}), em m².

Equação 1. Cálculo da Produção Mensal Específica de Energia de coletores solares (kWh/mês.m²)

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

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

Equação 2. Cálculo da Produção Mensal de Energia de coletores solares (kWh/mês)

$P_{men} = \frac{30 \times 1000}{3600} \times \eta_{méd} \times K_{\theta \text{ méd}} \times H \times A_{aber}$
<i>Onde:</i> K_θ é calculado de acordo com a Norma ABNT NBR 15747-2, para o ângulo de 25°. η_{méd} é calculada de acordo com o item A.4 do Anexo 1; e H = 17,6 MJ/m²

A.3. Para coletores solares abertos ou fechados com desempenho ópticos usuais, o Fator de Correção para o Ângulo de Incidência Médio (K_{θ méd}) 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_{θ méd} 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_{méd}) deve ser calculada de acordo com a Equação 3. A η_{méd} 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 6.

Equação 3. Cálculo da Eficiência Térmica Média (η_{méd}) de coletor solar (%)

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

Tabela 6. Limites de integração para o cálculo da eficiência média do coletor solar (C.m²/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 do RTQ). Para fins e cálculo da eficiência térmica média ($\eta_{\text{méd}}$), considerar $\eta(x)$ para a velocidade do vento de 3 ± 1 m/s, para os coletores de aplicação em banho, e fixar $\eta(x)$ a velocidade do vento de $1,5 \pm 0,5$ m/s, para coletores para aplicação em piscinas.

B. Produção Mensal Específica de Energia por Área (PMEe) dos sistemas acoplados

B.1. A Produção Mensal Específica de Energia por área (PMEe), em kWh/mês.m², é 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}) do coletor, em m².

Equação 4. Cálculo da Produção Mensal Específica de Energia de sistemas acoplados (kWh/mês.m²)

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

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 ($Q_{\text{útil}}$) produzida pelo sistema acoplado.

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

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

B.3. A energia útil diária ($Q_{\text{útil}}$) deve ser calculada igualando as variáveis da equação de energia útil diária, obtida experimentalmente, de acordo com a norma ~~ISO/DIS 9459-2~~ ISO 9459-2 ([Retificação Inmetro publicada no DOU em 26/03/2013, seção 01 - página 64](#)), aos valores do dia padrão, conforme definidos na Tabela 7. A equação da energia útil diária é calculada no ensaio de desempenho térmico dos sistemas acoplados (ver Tabela 6).

Tabela 7. Valores para o cálculo da Energia Útil Diária ($Q_{\text{útil}}$) de sistemas acoplados

Variável	Valores a para o cálculo da eficiência térmica média
H	= 17,6 MJ/m ²
(T _{amb} - T _c)	= - 2° C

Onde:

H = radiação solar global incidente no plano do coletor em média diária, em MJ/m².

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

T_c = temperatura de carga (°C).

ANEXO 2

CÁLCULO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE COLETORES SOLARES E SISTEMAS ACOPLADOS

A. Eficiência Térmica Média dos coletores solares

A Eficiência Térmica Média ($\eta_{\text{méd}}$) do coletor solar é calculada conforme as orientações do item A.4 do Anexo 1.

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_{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 DO DESEMPENHO TÉRMICO DOS COLETORES SOLARES E ACOPLADOS

A classificação da eficiência para produção de energia dos coletores solares e sistemas acoplados deve ser determinada de acordo com a Tabela 8 e Tabela 9.

Tabela 8. Faixas de Classificação para Coletor Solar e Sistemas Acoplados – Aplicação Banho

Faixas de Classificação Coletor Solar e Sistema Acoplado – Aplicação Banho	
Classe	Produção Específica Mensal (kWh/mês.m²)
A	$80,3 < \text{PME}_e$
B	$73,3 < \text{PME}_e \leq 80,3$
C	$66,3 < \text{PME}_e \leq 73,3$
D	$59,3 < \text{PME}_e \leq 66,3$
E	$52,3 < \text{PME}_e \leq 59,3$

Tabela 9. Faixas de Classificação para Coletor Solar – Aplicação Piscina

Faixas de Classificação Coletor Solar – Aplicação Piscina	
Classe	Produção Específica Mensal (kWh/mês.m²)
A	$98,0 < \text{PME}_e$
B	$90,0 < \text{PME}_e \leq 98,0$
C	$80,0 < \text{PME}_e \leq 90,0$
D	$70,0 < \text{PME}_e \leq 80,0$
E	$65,0 < \text{PME}_e \leq 70,0$

ANEXO 4

DETALHAMENTO DOS PROCEDIMENTOS DE ENSAIO DO RESERVATÓRIO TÉRMICO

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 definidas no item 5.2.1.2 desse RTQ.

B. Ensaio de volume armazenado

Todas as tubulações externas do reservatório são vedadas, com exceção do respiro e da tubulação localizada em sua parte inferior. Um tubo de 150 mm (contabilizados a partir da superfície superior do reservatório) deve ser instalado na tubulação de respiro. Caso não haja tubulação específica para respiro, um tubo de mesmo tamanho deve ser instalado na parte 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).

A medição do volume deverá ser realizada com uma incerteza máxima de medição de 0,5%.

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.

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 10).

Tabela 10. Massa específica da água conforme temperatura ambiente (kg/m³)

20°C	998,0
25°C	997,0
30°C	996,0

C. Ensaio de pressão hidrostática

Para o ensaio de pressão hidrostática, no caso de reservatórios constituídos de componentes poliméricos, 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 $(50 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

Para o ensaio de pressão hidrostática, no caso de reservatório constituídos de materiais inorgânicos, carregar o reservatório com água à temperatura ambiente, dentro da faixa de $5 ^\circ\text{C}$ a $30 ^\circ\text{C}$.

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 reservatório térmico, em um intervalo de tempo de aproximadamente 1 min, até atingir a pressão especificada de ensaio. Essa pressão deve ser mantida durante o tempo estabelecido. Caso haja diminuição da pressão requerida por motivo de dilatação do reservatório térmico, ajustar o equipamento para que o valor requerido seja restabelecido. A incerteza do manômetro deverá de no máximo de 1% do valor da pressão de teste. O manômetro deverá ser instalado na parte inferior do reservatório, na tubulação de água fria.

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.
- 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 ± 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°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. Δt 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 ρ é a massa específica da água à temperatura do ensaio de volume armazenado. O calor específico da água à pressão constante, $c_p = 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$.

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 $50 \pm 1^\circ\text{C}$.
- 3º) Temperatura ambiente de $21 \pm 1^\circ\text{C}$.
- 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

$$\frac{Q_{perda}}{V} = \frac{1}{3600} * 30 * \rho * 4,18 * (50 - 21) \left[1 - \exp \left(- \frac{U_s * 24 * 3600}{\rho * V * 4,18 * 10^3} \right) \right]$$

com volume (V) expresso em litros e densidade (ρ) expressa Kg/litro.

E. Tensão suportável

Aplicar tensão em pontos do reservatório para verificação da isolamento elétrica, conforme classe de isolamento e tipo de construção (classe OI ou I). Os valores de tensão a serem aplicados são aqueles prescritos na base normativa apresentada na Tabela 4.

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 reservatório. 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 4.

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 4.

H. Resistência ao calor e fogo

Conforme método de ensaio prescrito na base normativa descrita na Tabela 4, 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 isolamento suplementar ou isolamentos reforçados, 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 4, aplicar o ensaio de resistência ao enferrujamento às partes ferrosas, cujo enferrujamento possa causar a não conformidade do reservatório com respeito à segurança.