PotencializEE
Programa Investimentos Transformadores em **Eficiência Energética** na Indústria

www.programa-potencializee.com.br
contato@programa-potencializee.com.br

# Procedimentos para o Catálogo Virtual de Tecnologias de Eficiência Energética do PotencializEE

1ª Versão**:** 28 de setembro de 2022

Elaborado por:
Pedro Paulo da Silva Filho, Diretor geral do Grupo SAGE

Coordenação:
Lucas Moura de Lucena, Gerente, FINAME, BNDES
Maria Stella Andreão, Engenheira, FINAME BNDES
Wendell Pacheco, Assessor Técnico, PotencializEE, GIZ Brasil

Responsável:
Marco Schiewe, Diretor de Projeto, PotencializEE, GIZ Brasil

## SUMÁRIO

Introdução 1
Contexto e Justificativa 2
Desenvolvimento deste procedimento para credenciar produtos EE para indústria 7
Divulgação e engajamento com fornecedores para o novo procedimento 8
Avaliação de produtos a serem credenciados como EE na indústria 8
1. Intervenções Elétricas 10
1.1 Iluminação 10
Finalidade 10
Definições 10
Indicador de Desempenho Energético 10
Requisitos de Elegibilidade 11
Requisitos de Desempenho 11
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 11
Processo de conformidade para o cadastro 11
1.2 Motores 13
Finalidade 13
Definições 13
Indicador de Desempenho Energético 14
Requisitos de Elegibilidade 14
Requisitos de Desempenho 14
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 16
Processo de conformidade para o cadastro 17
1.3 Bombas Centrífugas 18
Finalidade 18
Definições 18
Indicador de Desempenho Energético 18
Requisitos de Elegibilidade 18
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 19

Processo de conformidade para o cadastro 21
1.4 Ventiladores 22
Finalidade 22
Definições 22
Indicador de Desempenho Energético 23
Requisitos de Elegibilidade 23
Requisitos de Desempenho 24
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 24
Processo de conformidade para o cadastro 25
1.5 Condicionadores de Ar 26
Finalidade 26
Definições 26
Indicador de Desempenho Energético 26
Requisitos de Elegibilidade 26
Requisitos de Desempenho 27
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 28
Processo de conformidade para o cadastro 29
1.6 Compressores 30
Finalidade 30
Definições 30
Indicador de Desempenho Energético 31
Requisitos de Elegibilidade 31
Requisitos de Desempenho 31
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 32
Processo de conformidade para o cadastro 33
1.8 Inversores de Frequência - AVA 34
Finalidade 34
Definições 34
Indicador de Desempenho Energético 34
Requisitos de Elegibilidade 35

Requisitos de Desempenho 35
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 36
Processo de conformidade para o cadastro 39
1.9 Refrigeração 40
Finalidade 40
Definições 40
Indicador de Desempenho Energético 40
Requisitos de Elegibilidade 40
Requisitos de Desempenho 41
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 41
Processo de conformidade para o cadastro 43
2. Intervenções Térmicas 44
2.1 Bombas de Calor 44
Finalidade 44
Definições 44
Indicador de Desempenho Energético 44
Requisitos de Elegibilidade 45
Requisitos de Desempenho 45
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 45
Processo de conformidade para o cadastro 45
2.2 Coletores Solares 46
Finalidade 46
Definições 47
Indicador de Desempenho Energético 47
Requisitos de Elegibilidade 47
Requisitos de Desempenho 47
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 47
Processo de validação de conformidade para o cadastro 49
2.3 Reservatórios Termossolares 50
Finalidade 50

Definições 50
Indicador de Desempenho Energético 50
Requisitos de Elegibilidade 51
Requisitos de Desempenho 52
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 52
Processo de conformidade para o cadastro 53
2.4 Caldeiras 55
Finalidade 55
Definições 55
Indicador de Desempenho Energético 56
Requisitos de Elegibilidade 56
Requisitos de Desempenho 56
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 58
Processo de conformidade para o cadastro 58
2.5 Isolamento Térmico 59
Finalidade 59
Definições 59
Indicador de Desempenho Energético 60
Requisitos de Elegibilidade 60
Requisitos de Desempenho 60
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 61
Processo de conformidade para o cadastro 63
2.6 Recuperadores de Calor 64
Finalidade 64
Definições 64
Indicador de Desempenho Energético 64
Requisitos de Elegibilidade 65
Requisitos de Desempenho 65
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 65
Processo de conformidade para o cadastro 66

2.7 Queimadores 66
Finalidade 66
Definições 67
Indicador de Desempenho Energético 67
Requisitos de Elegibilidade 67
Requisitos de Desempenho 67
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 68
Processo de conformidade para o cadastro 68
2.8 Aquecedores 69
Finalidade 69
Definições 69
Indicador de Desempenho Energético 70
Requisitos de Elegibilidade 70
Requisitos de Desempenho 70
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 71
Processo de conformidade para o cadastro 73
2.9 Fornos 74
Finalidade 74
Definições 74
Indicador de Desempenho Energético 75
Requisitos de Elegibilidade 75
Requisitos de Desempenho 75
Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 75
Processo de conformidade para o cadastro 77
2.10 Cogeração 78
Finalidade 78
Definições 79
Indicador de Desempenho Energético 79
Requisitos de Elegibilidade 80
Requisitos de Desempenho 80

Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes 80
Processo de conformidade para o cadastro 81

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Sinergias entre PotencializEE, INMETRO, PROCEL ....4
Tabela 2. Valores mínimos de eficiência ....11
Tabela 3. Checklist de Desempenho Energético - Iluminação ....11
Tabela 4. Critérios mínimos de Rendimento Nominal para enquadramento na categoria de Rendimento Premium - IR3. ....15
Tabela 5: IAR e tolerâncias permitidas na etiquetagem inicial ....16
Tabela 6: Tolerâncias permitidas para o fator de potência ....17
Tabela 7: Checklist de Desempenho Energético - Motores ....17
Tabela 8. Constantes "c" para as diferentes classes de energia e tipos de bomba. ....20
Tabela 9: Checklist de Desempenho Energético – Bombas Centrífugas ....21
Tabela 10: Classificação de Eficiência Energética para ventiladores ....24
Tabela 11 : Checklist de Desempenho Energético - Ventiladores ....25
Tabela 12. Classes de eficiência energética para condicionadores de ar tipo split, prazo de adequação em 31/12/2022. ....27
Tabela 13: Classes de eficiência energética para condicionadores de ar tipo split, prazo de adequação em 31/12/2025. ....28
Tabela 14: Condições de ensaio para condicionadores de ar com compressor de rotação variável ....29
Tabela 15: Condições de ensaio para condicionadores de ar com compressor de rotação fixa. ....29
Tabela 16: Checklist de Desempenho Energético – Condicionadores de ar ....30
Tabela 17: Requisito de desempenho para compressores - ETL Reino Unido: ....32
Tabela 18: Checklist de Desempenho Energético - Compressores ....33
Tabela 19: Checklist de Desempenho Energético – Módulos fotovoltaicos**Fehler! Textmarke nicht definiert.**
Tabela 20: Checklist de Desempenho Energético – Inversores de Frequência (AVA) ....39
Tabela 21: Índices de Eficiência máximos de consumo de energia para as classes de eficiência energética (% em relação ao Cp) (obrigatórios a partir de 30/06/2022 e válidos até de 30/12/2025) ....41
Tabela 22: Ensaios de desempenho recomendados para equipamentos de refrigeração ....42
Tabela 23 : Checklist de Desempenho Energético - Refrigeração ....43
Tabela 24 : Checklist de Desempenho Energético – Bombas de Calor ....45
Tabela 25 - Produção de energia mensal para coletores solares ....47
Tabela 26 : Checklist de Desempenho Energético – Coletores Solares ....49
Tabela 27. Dados de perda específica de energia mensal máxima ....52
Tabela 28. Ensaios de reservatórios termossolares ....53
Tabela 29 : Checklist de Desempenho Energético – Reservatórios Termossolares ....53

Tabela 30 : Checklist de Desempenho Energético - Caldeiras ..... 58
Tabela 31. Requisitos de Desempenho para isolamento térmico de tubulação ..... 60
Tabela 32 - Classificação da reação ao fogo de produtos para tratamento acústico ou isolamento térmico aplicados em tubulações lineares ..... 61
Tabela 33 : Checklist de Desempenho Energético – Isolamento Térmico ..... 63
Tabela 34 : Checklist de Desempenho Energético – Recuperadores de calor ..... 66
Tabela 35 : Checklist de Desempenho Energético - Queimadores ..... 68
Tabela 36. Classificação dos aquecedores de água a gás tipo instantâneo pela potência nominal: ..... 70
Tabela 37. Classificação dos aquecedores de água a gás tipo acumulação quanto à pressão ..... 70
Tabela 38. Classificação dos aquecedores de água à gás tipo acumulação quanto à potência nominal ..... 70
Tabela 39. Classificação PBE para aquecedores tipo instantâneo ..... 71
Tabela 40. Classificação PBE para aquecedores tipo acumulação ..... 71
Tabela 41. Ensaios para aquecedores tipo instantâneo. ..... 72
Tabela 42. .Ensaio para aquecedores tipo acumulação. ..... 73
Tabela 43 : Checklist de Desempenho Energético - Aquecedores ..... 73
Tabela 44 : Checklist de Desempenho Energético - Fornos ..... 78
Tabela 45 : Checklist de Desempenho Energético - Cogeração ..... 81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Potencial de Eficiência Energética na Indústria ..... 3
Figura 2. Aspectos relevantes para cada produto ..... 9
Figura 3. Planilha de especificações técnicas ..... 13
Figura 4: Cálculo dos níveis de rendimento para bombas ..... 19
Figura 5. Cálculo da tolerância do rendimento do conjunto ..... 21
Figura 6. Ilustração ventilador axial ..... 22
Figura 7. Ilustração ventilador radial ..... 23
Figura 8. Ilustração formato de pás em rotores diversos ..... 23
Figura 9: Cálculo de consumo específico de energia para compressores. ..... 32
Figura 10: Equação 1 - Cálculo do Índice de Eficiência Energética ..... 41
Figura 11: Cálculo do consumo padrão ..... 42
Figura 12. Cálculo da produção mensal específica de energia por área (PMEe) para coletores solares ..... 48
Figura 13. Cálculo da eficiência térmica de coletores solares ..... 48
Figura 14. Influência do enriquecimento de Oxigênio ..... 76
Figura 15. Consumo específico de gás natural ..... 77
Figura 16. Esquema gráfico do aproveitamento de energia pela combustão ..... 79

# LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| ABESCO | Associação Brasileira das Empresas de Conservação de Energia |
| AFABEE | Associação dos Fabricantes Brasileiros de Eficiência Energética |
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| AT/TA | Assistência Técnica |
| BNDES | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social |
| CGIEE | Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética |
| CHP | Combined Heat and Power |
| CONPET | Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural |
| EE | Eficiência Energética |
| ENCE | Etiqueta Nacional de Conservação de Energia |
| ER | Energia Renovável |
| ESCO | Empresa de Serviços Energéticos |
| ETL | Lista de Tecnologias Elegíveis |
| FINAME | Fundo de Financiamento para Aquisição de Máquinas e Equipamentos Industriais |
| FINEM | Fundo de Financiamento a Empreendimentos |
| GCF | Fundo Verde para o Clima (Green Climate Fund) |
| GEE | Gases de Efeito Estufa |
| GIZ | *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* |
| IDEs | Indicadores de Desempenho Energético |
| INMETRO | Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia |
| OCPs | Organismos de Certificação de Produto |
| ODS | Objetivos do Desenvolvimento Sustentável |
| PBE | Programa Brasileiro de Etiquetagem |
| PEE/ANEEL | Programas de Eficiência Energética das Concessionárias de Energia Elétrica reguladas pela ANEEL |
| PME | Pequena e média empresa |
| PROCEL | Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica |

www.programa-potencializee.com.br
contato@programa-potencializee.com.br

## Introdução

O presente documento foi preparado para descrever os procedimentos, critérios e orientações técnicas para a implementação do Catálogo de Tecnologias do Programa PotencializEE "Investimentos Transformadores de Eficiência Energética na Indústria no Brasil". A implementação do PotencializEE tem foco na região de São Paulo, considerando a maior concentração de indústrias e os altos índices de consumo de energia, e contará com estratégias a fim de alavancar os potenciais de eficiência energética na indústria em nível nacional. Não obstante, o PotencializEE tem como meta a realização de mais de 1.000 diagnósticos energéticos em pequenas e médias empresas (PMEs) industriais do Estado de São Paulo com subsídios do Programa e fornecer apoio técnico às empresas na implementação dos investimentos necessários para modernização de seus equipamentos. Ao final do Programa, estima-se uma redução no consumo de energia nessas indústrias da ordem de 7.267 GWh, consequentemente, apoiando a sustentabilidade e competitividade da indústria brasileira. O impacto ambiental do Programa referente à redução da emissão de gás carbônico na atmosfera é estimado em 1,1 MtCO2eq (milhões de toneladas de CO2 equivalentes). O Programa engloba parceiros estratégicos ligados aos setores de energia, indústria e financeiro. No nível federal, são parceiros o MME (Ministério das Minas e Energia), ME (Ministério da Economia) e EPE (Empresa de Pesquisa Energética). No setor da indústria e energia, participam do Programa o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) com apoio da FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) e a ABESCO (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia). Entre os parceiros financeiros estão: Desenvolve SP (instituição financeira do Estado de São Paulo) e o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social). O PotencializEE conta com recursos da NAMA Facility, uma iniciativa conjunta de combate às mudanças climáticas do Governo da República Federal da Alemanha, do Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte, da Dinamarca e da Comissão Europeia para a promoção de ações de mitigação nacionalmente apropriadas (NAMAs) nos países em desenvolvimento e nas economias emergentes. A GIZ (Agência Alemã de Cooperação Internacional), empresa pública do

Governo da República Federal da Alemanha, foi incumbida pelos doadores da NAMA Facility na execução do Programa.

O Catálogo de Tecnologias do PotencializEE consiste em um compêndio de produtos da área de energia aplicáveis à indústria, considerando características básicas dos produtos associadas a cada tecnologia, bem como as características de desempenho energético dos mesmos, sempre que aplicável e disponibilizado pelo fornecedor.

No Catálogo de Tecnologias, as tecnologias estão agrupadas em três grandes grupos de categorias tecnológicas: produtos elétricos, produtos térmicos e intervenções de gerenciamento. Este documento (sujeita a revisões futuras) contém detalhes sobre requisitos de elegibilidade e requisitos mínimos de desempenho energético para o cadastro de produtos em cada classe de tecnologia (incluindo orientações e boas práticas para testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes).

## Contexto e Justificativa

Visando apoiar o atendimento das metas de reduções de emissões de gases de efeito estufa (GEE) assumidas pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris e em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) coordenados pela Nações Unidas, faz-se necessária a substituição de equipamentos de baixo rendimento energético por outros de baixo consumo.

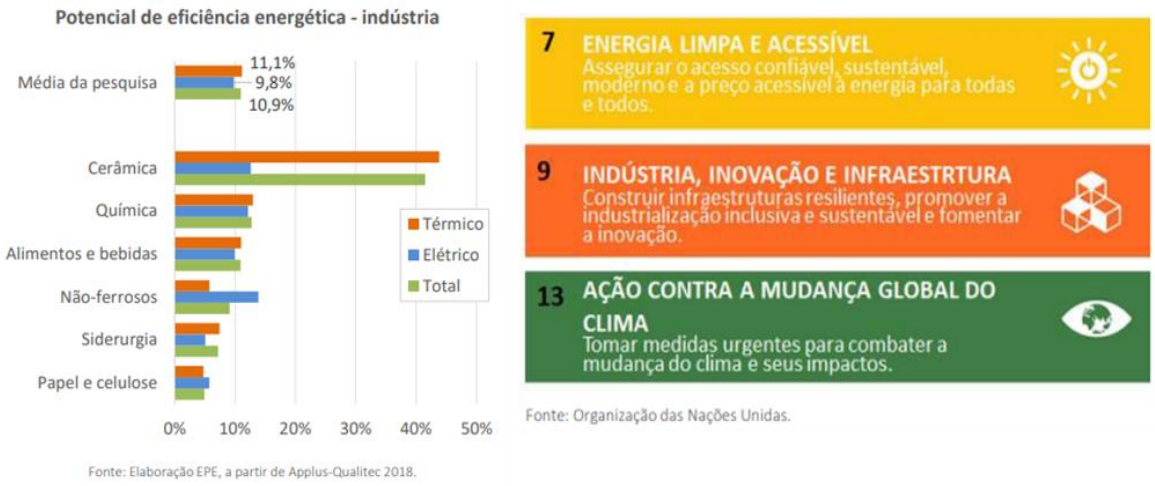



Figura 12. Potencial de Eficiência Energética na Indústria

Neste contexto, fica evidente a necessidade de coordenar esforços visando (i) o conhecimento dessas oportunidades pela indústria, (ii) a disponibilidade de um banco de dados de equipamentos eficientes que seja atualizado periodicamente, face ao avanço tecnológico dos equipamentos fabricados e (iii) a disponibilidade de financiamento em condições que viabilizem tais substituições, sem impactar negativamente o fluxo de caixa das indústrias.

Sendo assim, a expertise construída pelo PotencializEE, apoiada nos critérios de certificação desenvolvidos pelo INMETRO e outros mecanismos certificadores, poderia compor com as iniciativas de financiamento de equipamentos e serviços disponíveis no Brasil, como por exemplo o FINAME (financiamento de máquinas e equipamentos) BNDES, de forma harmônica. No Brasil existem, o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, do INMETRO, e os programas de padronização, conduzidos pelo Comitê Gestor de Índices de Eficiência Energética (CGIEE) que, desde 2001, com a promulgação da Lei de Eficiência Energética – Lei 10.295 de 17 de outubro de 2001 – estabelece níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de equipamentos e máquinas. Esta experiência é relevante, já que a tarefa é estabelecer índices cada vez mais desafiadores, porém compatíveis com o estado da indústria, para não provocar impactos que levem à perda de competitividade. É importante, portanto, que o CGIEE traga sua experiência de 20 anos neste sentido.

Foi realizado um levantamento das tecnologias que estão sendo consideradas no Catálogo de Virtual do PotencializEE, verificando-se se elas são contempladas pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)[1] do INMETRO[2], que ensaia e classifica equipamentos de acordo com sua eficiência ou desempenho, incluindo vários equipamentos usados no setor industrial. A lista de normas brasileiras relacionadas a equipamentos eficientes se encontra na página web do PROCEL[3]. Vale lembrar que o PotencializEE tem como valor a confiabilidade dos equipamentos a serem adquiridos. Nesse sentido, o INMETRO, como órgão amplamente reconhecido, representa uma fonte segura para consulta pelas PMEs e os consultores de EE.

A Tabela 1 resume as sinergias identificadas entre os cadastros de tecnologias aplicáveis ao PotencializEE, o cadastro do INMETRO, ao Selo PROCEL As células em vermelho representam as tecnologias que não estão na relação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO ou Selo PROCEL e as verde sinalizam as tecnologias que fazem parte dessas relações, com base nas tecnologias iniciais identificadas para o PotencializEE.

Tabela 1. Sinergias entre PotencializEE, INMETRO, PROCEL

| CATEGORIA | PotencializEE | INMETRO (PBE) | SELO PROCEL |
|---|---|---|---|
| A-1 Isolamento Térmico | | | |
| A-2 Queimadores | | | |
| A-3 Recuperadores de calor | | | |
| A-3 Caldeiras | | | |
| A-5 Bombas de calor | | | |
| A-6 Aquecimento Solar de Água (Reservatório térmico) | | | |
| A-6 Aquecimento Solar de Água | | | |
| A-6 Aquecimento Solar de Água - (Coletor solar) | | | |

[1] Disponível em: http://www2.inmetro.gov.br/pbe/

[2] Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp

[3] Disponível em: http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={BC7B6991-D938-46F6-B29A-5E87FD36C980}

| | | | |
|---|---|---|---|
| A-7 Cogeração | | | |
| B-2 Sistemas de Gestão Energética (SGE) | | | |
| C-1 Iluminação | | | |
| C-2 Motores | | | |
| C-2 Acionadores “Inversor de Frequência - AVA” | | | |
| C-3 Ar Condicionado | | | |
| C-3 Refrigeração | | | |
| C-4 Ventilação | | | |
| C-5 Ar Comprimido | | | |
| C-8 Bombeamento | | | |
| C-9 Sistema Solar PV (Painel fotovoltaico) | | | |

Observou-se que várias tecnologias (identificadas como Categorias) não possuem etiqueta do INMETRO e mesmo cientes de que em alguns casos não se pode classificar por tecnologia, porém poderia se discutir critérios de avaliação, por exemplo se os dados de especificação dos produtos correspondem aos seus desempenhos reais, ou seja, se poderia realizar gestão junto ao INMETRO no sentido de ampliar a lista de equipamentos etiquetados.

Para melhor esclarecimento das terminologias utilizadas no PotencializEE e nos demais organismos envolvidos, relacionamos a seguir as principais definições com exemplificação:

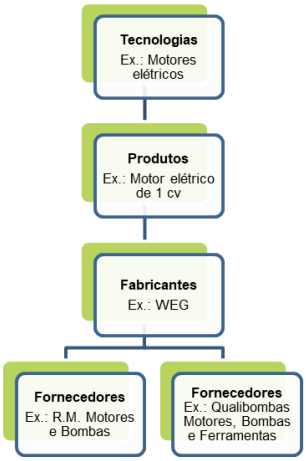


Figura 2. Definições relevantes

**Tecnologias** - conjunto de técnicas, habilidades, métodos e processos usados na produção de bens ou serviços, ou na realização de objetivos, como em investigações científicas[4];

**Produtos** - qualquer item, o qual tende a atender uma demanda, satisfazer uma necessidade, ou mesmo um desejo[5].

**Fabricantes** – responsável pela materialização do produto associado à tecnologia.

**Fornecedores** – distribuidores dos produtos e serviços associados às tecnologias.

[4] Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Tecnologia
[5] Disponível em : https://administradores.com.br/artigos/afinal-o-que-%C3%A9-produto

## Desenvolvimento deste procedimento para credenciar produtos EE para indústria

Os cadastros de financiamento de produtos dos organismos financeiros não possuem, em geral, uma seção dedicada a equipamentos (tecnologias) de alta eficiência energética, seja através de indicadores específicos ou através de etiquetas de enquadramento, como a ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) emitida pelo INMETRO.
A avaliação do desempenho energético de cada produto poderia ser feita através da utilização de indicadores de desempenho energético (IDEs), estabelecidos em consonância com entidades ou organismos qualificados para tal. Segundo critérios classificatórios que podem considerar os IDEs, e outros parâmetros a serem definidos, os produtos com menor eficiência ou maiores níveis de emissões de GEE poderiam ter taxas de financiamento mais elevadas, por exemplo um “aquecedor de água por energia solar” teria uma taxa de financiamento mais baixa do que um “aquecedor de água a gás”. A mesma lógica poderia ser aplicada para projetos completos, com várias medidas de EE com ou sem geração de energia por fontes limpas.

Os produtos ou tecnologias sem etiqueta ENCE ou selo PROCEL, podem ter sua eficiência, sempre que aplicável, informada em relatórios de ensaio de tipo elaborados pela própria empresa fabricante. O setor industrial é responsável por quase 40% do consumo de eletricidade no Brasil[6], sendo o potencial de redução do consumo através de ações de eficiência energética (superior a 11%[7] em média) e da adoção do uso de energias renováveis (ER), bastante expressivo, visto que tais resultados impactam- diretamente no volume de emissões de GEE, assim como da competitividade da empresa participante.
Por isso faz-se necessário a criação ou adequação de procedimentos de classificação ou enquadramento dos produtos com desempenho energético eficiente e comprovável e que possam (inclusive) vir a ser financiáveis, com o propósito de que haja uma diferenciação financeira, por exemplo, em termos de taxas de juros ou outro recurso que, estimule a utilização de produtos energeticamente mais eficientes, embora possa ser desafiadora, iria contribuir com a redução das emissões de carbono no setor industrial.

[6] https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/caderno-sobre-acoes-de-eficiencia-energetica-em-industrias-brasileiras
[7] Fonte: EPE

## Divulgação e engajamento com fornecedores para o novo procedimento

Durante a estruturação desse Catálogo, houve a necessidade de engajar primeiramente as altas lideranças dos fornecedores-chave para cada tipo de tecnologia, de modo a entenderem a robustez e perspectiva do Programa, gerando assim confiabilidade e interesse em compor o catálogo de fornecedores. O primeiro contato com os fornecedores, além de funcionar como divulgação do Programa também buscou entender as demandas do mercado e o posicionamento das empresas sobre os cases de sucesso e o que deve ser aprimorado. Oportunidade na qual, ao final as empresas acenaram positivamente em relação ao interesse em continuar recebendo atualizações sobre o Programa, por meio de formulário e já vincular um setor ou pessoa responsável dentro da equipe à disposição para contato com a equipe técnica do PotencializEE para envio das informações técnicas inerentes aos seus produtos.

## Avaliação de produtos a serem credenciados como EE na indústria

A partir das informações prestadas pelos fornecedores de tecnologias, os produtos serão avaliados e organizados de acordo com suas áreas de aplicação.

Como o foco do programa PotencializEE é a redução de emissões de carbono equivalente, as ações de Eficiência Energética incluem ações de cunho Elétrico e Térmico, como por exemplo a substituição de um sistema de aquecimento de água a gás por outro com Aquecedores Térmicos Solares, reduzindo drasticamente os custos de combustível, de manutenção e as emissões de GEE.

No PotencializEE, o cadastramento considera os seguintes aspectos mais relevantes:

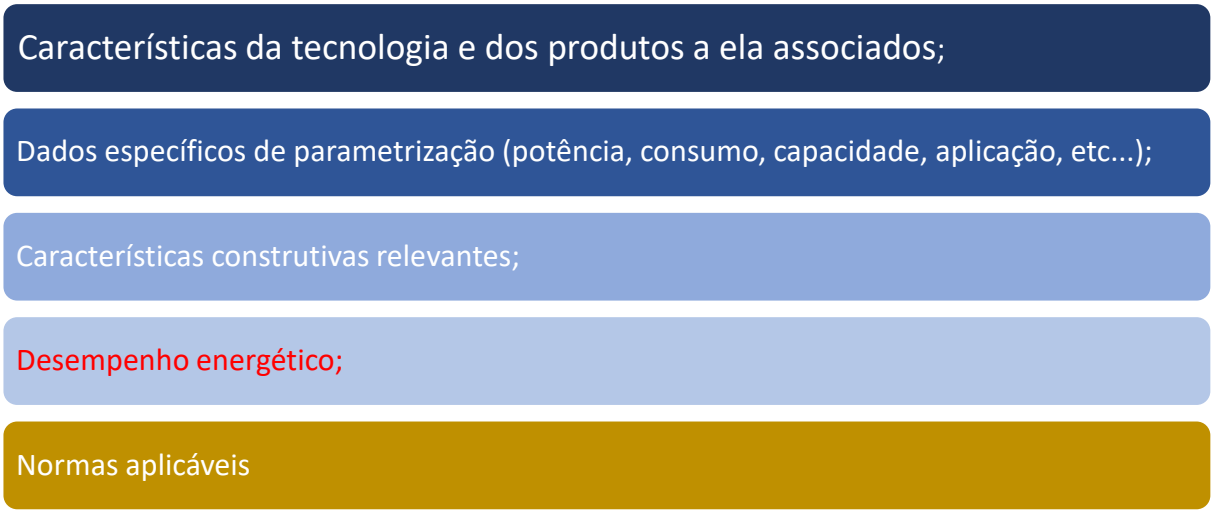



Figura 23 - Aspectos relevantes para cada produto

No site do PotencializEE a inclusão de uma tecnologia inicia com a criação de um perfil de fornecedor no site, onde o respectivo fabricante ou representante poderá cadastrar seus produtos diretamente na plataforma. Em seguida estes produtos, juntamente com as informações técnicas completas, ficam no backlog da equipe técnica do programa, onde será analisada antes de ser publicada e estar disponível para visualização final no site. Esta análise tem por objetivo, evitar possíveis distorções ou informações imprecisas sobre os produtos cadastrados, e devido seguirá os procedimentos de avaliação descritos neste procedimento, de acordo com cada um dos três grupos de intervenções previstas no programa, ou seja: Intervenções Elétricas, Intervenções Térmicas e Intervenções de Gerenciamento.

# 1. Intervenções Elétricas

As intervenções elétricas são medidas de eficiência energética que reduzem o consumo de energia elétrica através da troca de produtos ou componentes de equipamentos ineficientes em termos de desempenho energético.

As principais tecnologias associadas a esse tipo de intervenção, bem como as características que as diferenciam de outras similares, porém de menor eficiência, se encontram relacionadas a seguir:

## 1.1 Iluminação

### Finalidade

A iluminação tem como funcionalidade trazer luz para um determinado ambiente ou até mesmo ser um foco sobre um objeto ou lugar desejado. Além de sua função primordial, há também a função de determinar o clima do lugar, ou seja, transformar a atmosfera do ambiente de acordo com intenções e o designer de interiores.

### Definições

A iluminação pode ser dividida em duas categorias: pública ou de ambientes. Para cada intencionalidade da iluminação existem os tipos de lâmpadas e luminárias confeccionadas para suprir necessidades específicas. Atualmente os principais tipos de lâmpadas são[8]:

- Fluorescente;
- Halogênio;
- De Filamento;
- Led.

### Indicador de Desempenho Energético

⇨ Lumens/watt (lm/W)

[8] Blog Iluminim. Disponível em: https://blog.iluminim.com.br/tipos-de-lampadas/

### Requisitos de Elegibilidade

Para serem elegíveis, os produtos devem possuir o selo PROCEL em sua embalagem. Com este critério demonstra sua confiabilidade e bom desempenho diante das especificações técnicas exigidas.

### Requisitos de Desempenho

Foi considerado como um exemplo ilustrativo o requisito de desempenho para obtenção do selo PROCEL:

Tabela 2. Valores mínimos de eficiência

| Comprimento nominal da lâmpada tubular LED (mm) | Tipo de Base | Eficiência mínima inicial em lm/W (medida e declarada) |
|---|---|---|
| 550-1150 | G5 | 105 |
| 600-1200 | G13 | 90 |

Fonte: Critérios para a concessão do selo PROCEL a lâmpadas LED

### Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes

As luminárias e lâmpadas para serem comercializadas e receberem o selo PROCEL precisam passar por uma série de testes e ensaios técnicos conforme mencionados na ABNT NBR IEC 60598. Alguns dos testes as quais as luminárias são submetidas são:

- Ensaio de torque em parafusos;
- Ensaio de torque em prensa-cabos;
- Energia de impacto e compressão da mola;
- Ensaio em semiluminárias;
- Entre outros.

### Processo de conformidade para o cadastro

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do Catálogo. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 3. Checklist de Desempenho Energético - Iluminação

| Checklist de Desempenho Energético |
|---|
| ☐ **Eficiência mínima em lm/W para obtenção do selo PROCEL** |
| ☐ **Etiqueta ENCE** |
| ☐ **Atendimento aos ensaios técnicos da Norma ABNT NBR IEC 60598.** |
| ☐ **Planilha de Especificações Técnicas – PET.** |

| Análise de Desempenho Energético | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Modelo | Tensão(v) | Tecnologia LED | Indicador de EE (lm/W) |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Adicionalmente, caso as lâmpadas e luminárias não possuam o selo PROCEL é necessário demonstrar todos os resultados dos ensaios as quais foram submetidas e junto aos relatórios enviar em anexo a planilha de especificações técnicas fornecida pela Eletrobrás PROCEL conforme ilustrada a seguir:[9]

[9] Critérios para concessão do selo PROCEL lâmpadas LED. Disponível em: http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={B70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA}

Figura 3. Planilha de especificações técnicas

| DEFINIÇÃO DA FAMÍLIA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| FAMÍLIA (*) | FORNECEDOR | MARCA | TENSÃO DECLARADA (V) | TECNOLOGIA DO LED | VIDA DECLARADA |
| | | | | | |

(*) Denominação Comercial

| DEFINIÇÃO DOS MODELOS | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MODELO | CÓDIGO DE BARRAS | POT. (W) | FLUXO LUMINOSO (lm) | EE (lm/W) (**) | IRC | TCC (***) | EQ. LÂMPADA INCAND. (W) | Nº RELATÓRIO ENSAIO DESEMPENHO | Nº RELATÓRIO ENSAIO SEGURANÇA | Nº CERTIFICADO LM-80 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

(**) Eficiência energética. (***) Temperatura de cor correlata

| DATA | ASSINATURA DO FORNECEDOR | CARIMBO E ASSINATURA DO LABORATÓRIO |
|---|---|---|
| | | |

Fonte: Critérios para a concessão do selo PROCEL à lâmpadas LED

## 1.2 Motores

### Finalidade

Motores possuem a finalidade de acionar plantas e máquinas em toda a indústria e comércio. Uma ampla gama de produtos de 'uso geral' está disponível em projetos padrão acordados internacionalmente com diferentes saídas de potência nominais, tamanhos de carcaça, velocidades de operação fixas e classificações de eficiência energética.

### Definições

Motores elétricos de alta eficiência, que possuam dimensionamento correto em relação a carga mecânica, associados a sistemas de partida suave ou inversores de frequência, reduzem as perdas elétricas e as correntes de partida do sistema, eliminando picos de carga.

Com relação aos motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo[10], definição que contempla a grande maioria dos produtos no mercado, aplicam-se aqueles que atendem as seguintes características:

- Operação em rede de distribuição de corrente alternada trifásica de 60 Hz, e tensão nominal até 1000 V, individualmente ou em quaisquer combinações de tensões;
- Frequência nominal de 60 Hz ou 50 Hz para operação em 60 Hz;
- Uma única rotação nominal ou múltiplas rotações nominais para operação em uma única rotação nominal;
- Potências nominais de 0,12 kW (0,16 cv) a 370 kW (500 cv) nas polaridades de dois polos, quatro polos, seis polos e oito polos;

**Indicador de Desempenho Energético**

⇨ Rendimento Nominal (%) ou η (%)

**Requisitos de Elegibilidade**

Para serem elegíveis os produtos deverão atender aos seguintes critérios:

- Possuir rendimento nominal compatível com Índice de Rendimento Premium (IR3) ou superior;
- Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE / Etiqueta ENCE

**Requisitos de Desempenho**

Para encaixar-se na classificação de Rendimento Premium (IR3), os motores deverão atender aos rendimentos nominais mínimos apresentados na Tabela 3, considerando a potência nominal e a polaridade de cada equipamento [11].

[10] Portaria Inmetro 290, de 7 de julho de 2021, apresenta o Regulamento Técnico Consolidado para os motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, disponível em: http://sistema-sil.inmetro.gov.br/rtac/RTAC002795.pdf

[11] Portaria Interministerial nº 1 de 29 de junho de 2017, aprova o Programa de Metas de Eficiência Energética para Motores Elétricos Trifásicos de Indução Rotor Gaiola de Esquilo, estabelecendo valores mínimos de rendimento nominal. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cgiee/arquivos/portarias/2017-portaria-interministerial-mme-mctic-mdic-n_1-2017-motores-eletricos-trifasicos.pdf

Tabela 4. Critérios mínimos de Rendimento Nominal para enquadramento na categoria de Rendimento Premium - IR3.

| Potência Nominal | | Velocidade Síncrona (rpm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| kW | cv | 3600<br>2 Polos | 1800<br>4 Polos | 1200<br>6 Polos | 900<br>8 Polos |
| | | Rendimento Nominal | | | |
| 0,12 | 0,16 | 62,0 | 66,0 | 64,0 | 59,5 |
| 0,18 | 0,25 | 65,6 | 69,5 | 67,5 | 64,0 |
| 0,25 | 0,33 | 69,5 | 73,4 | 69,0 | 68,0 |
| 0,37 | 0,50 | 73,4 | 78,2 | 75,3 | 72,0 |
| 0,55 | 0,75 | 76,8 | 79,0 | 79,5 | 74,0 |
| 0,75 | 1 | 80,5 | 83,5[a] | 82,5 | 75,5 |
| 1,1 | 1,5 | 84,0 | 86,5[b] | 87,5[c] | 78,5 |
| 1,5 | 2 | 85,5 | 86,5 | 88,5[d] | 84,0 |
| 2,2 | 3 | 86,5 | 89,5[e] | 89,5[f] | 85,5 |
| 3 | 4 | 88,5 | 89,5 | 89,5 | 86,5 |
| 3,7 | 5 | 88,5 | 89,5 | 89,5 | 86,5 |
| 4,4 | 6 | 88,5 | 89,5 | 89,5 | 86,5 |
| 5,5 | 7,5 | 89,5 | 91,7[g] | 91,0 | 86,5 |
| 7,5 | 10 | 90,2 | 91,7 | 91,0 | 89,5 |
| 9,2 | 12,5 | 91,0 | 92,4 | 91,7 | 89,5 |
| 11 | 15 | 91,0 | 92,4 | 91,7 | 89,5 |
| 15 | 20 | 91,0 | 93,0 | 91,7 | 90,2 |
| 18,5 | 25 | 91,7 | 93,6 | 93,0 | 90,2 |
| 22 | 30 | 91,7 | 93,6 | 93,0 | 91,7 |
| 30 | 40 | 92,4 | 94,1 | 94,1 | 91,7 |
| 37 | 50 | 93,0 | 94,5 | 94,1 | 92,4 |
| 45 | 60 | 93,6 | 95,0 | 94,5 | 92,4 |
| 55 | 75 | 93,6 | 95,4 | 94,5 | 93,6 |
| 75 | 100 | 94,1 | 95,4 | 95,0 | 93,6 |
| 90 | 125 | 95,0 | 95,4 | 95,0 | 94,1 |
| 110 | 150 | 95,0 | 95,8 | 95,8 | 94,1 |
| 132 | 175 | 95,4 | 96,2 | 95,8 | 94,5 |
| 150 | 200 | 95,4 | 96,2 | 95,8 | 94,5 |
| 185 | 250 | 95,8 | 96,2 | 95,8 | 95,0 |
| 220 | 300 | 95,8 | 96,2 | 95,8 | 95,0 |
| 260 | 350 | 95,8 | 96,2 | 95,8 | 95,0 |
| 300 | 400 | 95,8 | 96,2 | 95,8 | 95,0 |
| 330 | 450 | 95,8 | 96,2 | 95,8 | 95,0 |
| 370 | 500 | 95,8 | 96,2 | 95,8 | 95,0 |

Fonte: Portaria Interministerial nº 1, de 29 de junho de 2017: Programa de Metas para Motores Elétricos Trifásicos de Indução Rotor Gaiola de Esquilo.

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

Conforme descrito no Regulamento Técnico Consolidado para motores elétricos de indução trifásicos rotor gaiola de esquilo (Portaria Inmetro 290, de 7 de julho de 2021), os ensaios a serem realizados são:

- Inspeção visual das marcações obrigatórias, com base na norma: ABNT NBR 17094-1: 2018 - Máquinas Elétricas Girantes - Motores de Indução – Parte 1: Motores de indução trifásicos – Requisitos;
- Ensaio de rendimento para motores fracionários (potências menores que 0,75 kW ou 1 cv) ; ensaio de rendimento para motores com potência maior ou igual a 0,75 kW (1 cv) e ensaio de fator de potência, ambos com base na norma ABNT NBR 17094-3:2018 Máquinas Elétricas Girantes. Parte 3: Motores de indução trifásicos – Métodos de ensaio.

Também de acordo com o referido regulamento, dentro da avaliação e dos ensaios iniciais é necessário analisar os seguintes critérios:

- A diferença entre o rendimento nominal declarado na Planilha de Especificações Técnicas (PET) e o rendimento medido em ensaio, calculada pelo Índice de Afastamento de Resultado (IAR), o qual deve atender às tolerâncias descritas na Tabela *5*:

Tabela 5: IAR e tolerâncias permitidas na etiquetagem inicial

| Classificação | Equação para cálculo do IAR | Tolerância |
|---|---|---|
| Para rendimentos maiores ou iguais a que 0,851 | $\frac{(\text{valor declarado} - \text{valor medido}) \times 100}{0{,}2 \times (1 - \text{valor declarado})}$ | ± 100% |
| Para rendimentos menores que 0,851 | $\frac{(\text{valor declarado} - \text{valor medido}) \times 100}{0{,}15 \times (1 - \text{valor declarado})}$ | ± 100% |

Fonte : Portaria Inmetro 290, de 7 de julho de 2021

- A diferença entre o fator de potência declarado e o fator de potência medido deve atender às tolerâncias descritas na Tabela 6:

Tabela 6: Tolerâncias permitidas para o fator de potência

| Equação para cálculo da tolerância | Limites |
|---|---|
| - (1/6) x (1- fator de potência nominal) | Mínimo: 0,02<br>Máximo: 0,07 |

Fonte: Portaria Inmetro 290, de 7 de julho de 2021

Adicionalmente, recomenda-se observar o disposto nas normas abaixo:

ABNT NBR 5383-1 - Máquinas Elétricas Girantes - Parte 1: Motores de Indução Trifásicos – Ensaios ABNT NBR 5110 – Máquinas Elétricas Girantes – Classificação dos Métodos de Resfriamento.

ABNT NBR IEC 60034-5 – Máquinas Elétricas Girantes – Parte 5: Graus de Proteção proporcionados pelo projeto completo de máquinas elétricas girantes (Código IP) – Classificação.

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do Catálogo. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 7: Checklist de Desempenho Energético - Motores

| Checklist de Desempenho Energético |
|---|
| ☐ **Indicador de Eficiência Energética Rendimento η(%) mínimo dentro dos padrões** |
| ☐ **Etiqueta ENCE** |
| ☐ **ISO 9906:2012 ABNT NBR 17094-1 e ABNT NBR 17094-2 (Tolconj)** |
| ☐ **IR3** |

| Análise de Desempenho Energético | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Modelo | Potência (CV) | Pólos | Indicador de EE η(%) |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

## 1.3 Bombas Centrífugas

### Finalidade

O equipamento de bombas tem como finalidade realizar o deslocamento de um líquido por escoamento. Elas recebem como forma de energia o trabalho mecânico e o transforma em energia de pressão e cinética que age diretamente sobre o líquido no qual a bomba foi colocada para agir.

### Definições

Bombas mancalizadas e bombas monoblocos (acopladas diretamente ao motor elétrico) que possuam rotor centrífugo, projetadas para bombeamento de água, que apresentem as seguintes características:

- sucção simples ou sucção dupla;
- rotor do tipo fechado, semiaberto ou aberto;
- um ou mais rotores (ou seja, monoestágio ou multiestágio, respectivamente);
- eixo horizontal ou vertical;
- vazão, no ponto de maior eficiência, entre 2 e 1000 m3/h; e
- rotação específica entre 6 e 80 min-1.

### Indicador de Desempenho Energético

⇨ Nível de rendimento da bomba ($\eta_r$)

### Requisitos de Elegibilidade

Para serem elegíveis, os equipamentos devem atender aos seguintes critérios:

- Possuir o Selo PROCEL;
- Programa Brasileiro de Etiquetagem -PBE/Etiqueta ENCE - Faixa de Classificação: A;
- Nível de Rendimento Mínimo:

## Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes

O Regulamento Consolidado para bombas centrífugas disposto na Portaria Inmetro nº 319, de 23 de julho de 2021 [12], apresenta a metodologia para o cálculo dos níveis de rendimento das bombas para cada classe de eficiência energética (Figura 4).

Segundo o Regulamento, o cálculo foi concebido com base no método proposto pela Associação Europeia de Fabricantes de Bombas (Europump), especificamente no documento *Minimum required efficiency of rotodynamic water pumps and methods of qualification and verification - Proposal for an EN standard agreed by the Joint Working Group of EUROPUMP on Energy Using Products - December 17, 2008*.

**A.1.1** O nível de rendimento da bomba ($\eta_r$) para cada classe de eficiência energética varia em função da rotação específica da bomba ($N_s$) e a sua vazão ($Q_{BEP}$) no melhor ponto de eficiência (BEP), sendo calculado por meio da seguinte equação:

$$\eta_r = -11{,}48\,x^2 - 0{,}85\,y^2 - 0{,}38\,xy + 88{,}59\,x + 13{,}46\,y - c$$

Onde:

$\eta_r$ é o rendimento de referência em %; $x = \ln(N_s)$, $N_s$ em min-1; $y = \ln(Q_{BEP})$, $Q_{BEP}$ em $m^3/h$;

c: constante.

Figura 44: Cálculo dos níveis de rendimento para bombas

Os níveis de rendimento da bomba (ηr) para cada classe de eficiência energética A (ηr A), B (ηr B), C (ηr C) e D (ηr D) devem ser calculados utilizando, respectivamente as constantes cA, cB, cC e cD, conforme a Tabela 6, abaixo. As bombas que não possuírem rendimentos compatíveis às classes de eficiência A, B, C e D, serão classificadas na classe de eficiência E.

[12] Regulamento Consolidado para bombas centrífugas, Portaria Inmetro nº 319/2021. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-319-de-23-de-julho-de-2021-334087813.

Tabela 8. Constantes "c" para as diferentes classes de energia e tipos de bomba.

| Tipo / Classe | MONO_EH 1750 | MONO_EH 3500 | MONO_EV 1750 | MONO_EV 3500 | MULTI_EH 1750 | MULTI-EH 3500 | MULTI-EV 1750 | MULTI-EV 3500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 127,82 | 133,38 | 133,11 | 135,69 | 125,79 | 130,35 | 131,78 | 123,44 |
| B | 131,82 | 137,38 | 137,11 | 139,69 | 129,79 | 134,35 | 135,78 | 127,44 |
| C | 135,82 | 141,38 | 141,11 | 143,69 | 133,79 | 138,35 | 139,78 | 131,44 |
| D | 139,82 | 145,38 | 145,11 | 147,69 | 137,79 | 142,35 | 143,78 | 135,44 |

Fonte: Portaria nº319, de 23 de julho de 2021.

A constante “c”, além de assumir diferentes valores para cada nível de eficiência energética, também muda conforme o tipo de bomba, que pode ser monoestágio de eixo horizontal (MONO_EH), monoestágio de eixo vertical (MONO_EV), multiestágio de eixo horizontal (MULTI_EH), multiestágio de eixo vertical (MULTI_EV), e conforme a rotação corrigida (1750 rpm ou 3500 rpm).

Para definir a classificação energética da bomba, o rendimento da bomba declarado pelo fabricante (ηBEP) deve ser comparado com os níveis mínimos de rendimento para cada classe de eficiência energética, da seguinte forma:

Classe A: ηBEP ≥ ηr A;

Classe B: ηr B ≤ ηBEP < ηr A;

Classe C: ηr C ≤ ηBEP < ηr B;

Classe D: ηr D ≤ ηBEP < ηr C;

Classe E: ηBEP < ηr D.

Ainda de acordo com a Portaria Inmetro nº 319/2021:

Os rendimentos do conjunto declarados na PET devem respeitar as tolerâncias especificadas na norma técnica internacional ISO 9906:2012 combinadas com as tolerâncias especificadas nas normas técnicas ABNT NBR 17094-1 e ABNT NBR 17094-2 (Tolconj), quando comparados aos resultados obtidos nos ensaios.

A tolerância para o rendimento do conjunto (Tolconj) varia conforme o rendimento nominal do motor, devendo ser calculada conforme a Figura a seguir:

Figura 55. Cálculo da tolerância do rendimento do conjunto

$Tol_{conj} = 1 - (1 - Tol_{motor}) \times (1 - Tol_{bomba})$, tal que:
$Tol_{motor} = Tol'_{motor} / Rend_{motor}$ ; onde
$Tol'_{motor}$ é a tolerência definida em norma técnica para o rendimento nominal do motor, e
$Rend_{motor}$ é o rendimento nominal declarado pelo fornecedor de motor.

Fonte: Portaria Inmetro nº 319, de 23 de julho de 2021.

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 9: Checklist de Desempenho Energético – Bombas Centrífugas

| **Checklist de Desempenho Energético** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ☐**Etiqueta ENCE A** | | | | | |
| ☐**Selo Procel** | | | | | |
| ☐**Atendimento a Portaria Inmetro nº 319/2021** | | | | | |
| ☐**Indicador: Nível de rendimento mínimo de acordo com o tipo** | | | | | |
| **Análise de Desempenho Energético** | | | | | |
| Fornecedor | Modelo | Potência (CV) | Pólos | Vazão(m³/h) | Nível de Rendimento η(%) |
| | | | | | |
| | | | | | |

Recomenda-se a observação dos seguintes documentos complementares:

- Portaria Inmetro nº 140, de 2021: Aprova os Requisitos Gerais para Declaração da Conformidade do Fornecedor de Produtos - RGDF Produtos.
- ISO 9906:2012 Rotodynamic pumps - Hydraulic performance acceptance tests - Grades 1, 2 and 3.
- ABNT NBR 17094-1:2018 Máquinas elétricas girantes. Parte 1: Motores de indução trifásicos – Requisitos;
- ABNT NBR 17094-2:2018 Máquinas elétricas girantes. Parte 2: Motores de indução monofásicos – Requisitos.

## 1.4 Ventiladores

### Finalidade

Os ventiladores comuns e industriais possuem o papel de realizar a ventilação do ambiente, ou seja, realizar a renovação do ar do local. Geralmente utilizados para circulação do ar em ambientes com pouca (ou nenhuma) ventilação natural e para dissipar gases e fumaças.

### Definições

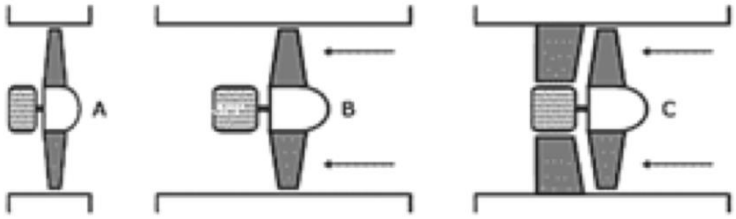
Na tecnologia de ventiladores existem aqueles destinados para ventilação comum de ambientes, utilizados também em residências, sendo eles de mesa, de coluna e de parede/teto. Como também existem os ventiladores ou exaustores industriais utilizados para a troca de ar de ambientes sem nenhuma ventilação natural.
Os ventiladores industriais podem ser classificados em:

- Ventiladores - quando puxa o ar para dentro do ambiente.
- Exaustores - quando empurra o ar para fora do ambiente.

Além destas duas definições existem também as classificações conforme sua aparência[13]:

- Ventiladores axiais - seu formato é em pás que são distribuídas radialmente o que faz com que o fluxo de ar se dê do centro para fora do conjunto. Transfere cerca de 80% da energia mecânica que chega no seu eixo em ar.

Figura 66. Ilustração ventilador axial

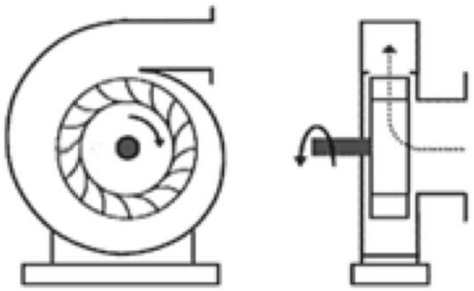



Fonte: Guia básico ventiladores e exaustores - Procel Indústria

[13] Dados fornecidos pelo manual básico do PROCEL Indústria dos ventiladores e exaustores. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/uploads/arquivos/Ventiladores.pdf

- Ventilador radial - o motor deste ventilador sempre é instalado na parte externa do equipamento e é formado por pequenas pás que giram em sentido horário.

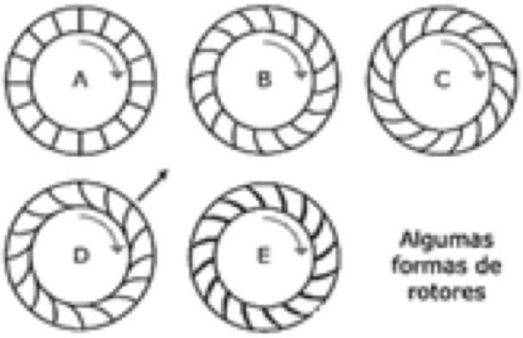
Figura 77. Ilustração ventilador radial



Fonte: Guia básico ventiladores e exaustores - Procel Indústria

- Formatos de pás em rotores diversos - é formado por um conjunto de rotores onde cada um tem a sua rotação e possuem intuitos diferentes, mas que se completam no intuito final.

Figura 88. Ilustração formato de pás em rotores diversos




Fonte: Guia básico ventiladores e exaustores - Procel Indústria

**Indicador de Desempenho Energético**

⇨ Eficiência energética (m³/s)/W

**Requisitos de Elegibilidade**

Para serem elegíveis, os produtos devem atender aos seguintes critérios:

- Possuir o selo PROCEL;

- Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE / Etiqueta ENCE A;
- Eficiência energética (m³/s)/W superior a 0,0040.

**Requisitos de Desempenho**

A classe de eficiência energética de cada modelo é representada através das letras A, B, C ou D, conforme Tabela de Classificação de Eficiência Energética a seguir, bem como os valores de referência.

Tabela 10: Classificação de Eficiência Energética para ventiladores

| Classificação | Velocidade Alta | Velocidade Média | Velocidade Baixa |
|---|---|---|---|
| | $(m^3/sW)*m$ | $(m^3/sW)*m$ | $(m^3/sW)*m$ |
| A | $\eta > 0,0040$ | $\eta > 0,0040$ | $\eta > 0,0040$ |
| B | $0,0040 \geq \eta > 0,0035$ | $0,0040 \geq \eta > 0,0035$ | $0,0040 \geq \eta > 0,0035$ |
| C | $0,0035 \geq \eta > 0,0030$ | $0,0035 \geq \eta > 0,0030$ | $0,0035 \geq \eta > 0,0030$ |
| D | $\eta \leq 0,0030$ | $\eta \leq 0,0030$ | $\eta \leq 0,0030$ |

Fonte: Portaria Inmetro 299, de 9 de julho de 2021.

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

A determinação da eficiência energética, bem como as condições para realização dos ensaios devem atender o disposto no Anexo A do Regulamento Consolidado para Ventiladores de Mesa, Parede, Pedestal e Circuladores de Ar, contido na Portaria Inmetro nº 299, de 9 de julho de 2021 [14].

No referido regulamento, a eficiência do aparelho na velocidade alta, $E_a$, é definida como a relação entre a vazão de ar e a potência consumida pelo aparelho sendo determinada pela equação a seguir (para a velocidade alta): 3. $E_a = Vz_a / P_a$

Onde:

[14] Regulamento Consolidado para Ventiladores de Mesa, Parede, Pedestal e Circuladores de Ar. Portaria Inmetro nº 299/2021. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-299-de-9-de-julho-de-2021-331562798

$Vz_a$ - vazão de ar na velocidade alta [$m^3/s$]

$P_a$ - potência consumida pelo aparelho na velocidade alta [W]

Cálculo da Eficiência Normalizada (En):

A normalização da eficiência é necessária para permitir a comparação entre aparelhos com diferentes diâmetros de hélices. Esta condição é obtida com produto da eficiência (Ea) pelo diâmetro medido da hélice (d).

A eficiência normalizada para a velocidade alta (Ena) é obtida com a seguinte equação:

$4.E_{na} = E_a*$

Onde:

$E_a$ - eficiência do aparelho na velocidade

d - diâmetro da hélice [m]

Já para o cálculo da eficiência normalizada (En), efetuada quando há comparação entre aparelhos com diferentes diâmetros de hélice, se utiliza a seguinte fórmula:

Ea - eficiência do aparelho na velocidade

d - diâmetro da hélice (m)

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 11 : Checklist de Desempenho Energético - Ventiladores

| **Checklist de Desempenho Energético** |
|---|
| ☐**Indicador de Eficiência Energética η%[(m³/s)/W] superior a 0,0040** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |
| ☐**Selo PROCEL** |

| **Análise de Desempenho Energético** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Modelo | Potência (W) | Vazão(m³/s) | Indicador de Eficiencia Energética η(%)[(m³/s)/W] |
| | | | | |

Adicionalmente, recomenda-se observar os seguintes documentos complementares:

Portaria Inmetro nº 200, de 2021: Aprova os Requisitos Gerais de Certificação de Produtos - RGCP.
ABNT NBR NM 60335-1:2010: Segurança de aparelhos eletrodomésticos e similares. Parte 1: Requisitos gerais (IEC 60335-1:2006 - edição 4.2, MOD).

## 1.5 Condicionadores de Ar

### Finalidade

Equipamento utilizado para controlar a temperatura (e opcionalmente a umidade) em salas e recintos contendo equipamento gerador de calor, tais como servidores, computadores ou dispositivos de telecomunicações, e em alguns tipos de processo de fabricação (por exemplo, salas limpas). O equipamento funciona normalmente de forma contínua e tem uma área de arrefecimento muito mais elevada do que o ar-condicionado convencional.

### Definições

O equipamento de ar-condicionado proporciona o arrefecimento necessário para manter a temperatura do ar, e opcionalmente a umidade relativa, em salas que contenham equipamento ou processos com cargas de calor elevadas e sensíveis.

### Indicador de Desempenho Energético

⇨ COP/IDRS - Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (Wh/Wh)

### Requisitos de Elegibilidade

Para serem elegíveis, os equipamentos devem atender aos seguintes critérios:

- Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) - Faixa de Classificação: A;
- Índice de Eficiência / Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS) igual ou superior a 5,5 Wh/Wh.

**Requisitos de Desempenho**

A Portaria Inmetro nº 234, de 29 de junho de 2020[15], aprovou o aperfeiçoamento dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Condicionadores de Ar, estabelecendo o Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS) como indicador da eficiência, bem como a reclassificação das categorias de eficiência energética determinando outras providências para a disponibilização destes produtos no mercado nacional.

Tabela 12. Classes de eficiência energética para condicionadores de ar tipo split, prazo de adequação em 31/12/2022.

| CONDICIONADORES DE AR SPLIT (com prazo de adequação para fabricação e importação até 31/12/2022) | |
|---|---|
| **CLASSES** | **Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS (Wh/Wh)** |
| **A** | ≥ 5,50 |
| **B** | ≥ 5,00 |
| **C** | ≥ 4,50 |
| **D** | ≥ 4,00 |
| **E** | ≥ 3,50 |
| **F** | ≥ 3,14 |

Fonte: Portaria Inmetro nº 234, de 29 de junho de 2020.

A mesma norma já prevê uma atualização dos padrões de eficiência energética para obtenção da etiqueta ENCE, com prazo de adequação previsto para 2025, conforme tabela abaixo.

[15] Portaria Inmetro nº 234, de 29 de junho de 2020, disponível em : https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/portaria-234-29-de-junho-de-2020.pdf

Tabela 13: Classes de eficiência energética para condicionadores de ar tipo split, prazo de adequação em 31/12/2025.

| CONDICIONADORES DE AR SPLIT (com prazo de adequação para fabricação e importação até 31/12/2025) | |
|---|---|
| **CLASSES** | **Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS (Wh/Wh)** |
| **A** | ≥ 7,00 |
| **B** | ≥ 6,00 |
| **C** | ≥ 5,30 |
| **D** | ≥ 4,60 |
| **E** | ≥ 3,90 |
| **F** | ≥ 3,50 |

Fonte: Portaria Inmetro nº 234, de 29 de junho de 2020.

### Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes

A eficiência energética de um condicionador de ar é definida pelo Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS)[16], que é a razão entre a quantidade anual total de calor que o equipamento pode remover do ar interno quando operado para resfriamento no modo ativo e a quantidade anual total de energia consumida pelo equipamento durante o mesmo período.

O IDRS deve ser calculado utilizando os valores de capacidade de refrigeração medida nos ensaios (unidade expressa em Watt) e de potência elétrica medida nos ensaios (unidade expressa em Watt).

Com relação aos ensaios, para condicionadores de ar com compressor de rotação variável, são previstos ensaios em três pontos, sendo dois obrigatórios, conforme Tabela *14*, abaixo.

[16] Atualização de critérios PBE para os aparelhos de ar condicionado: https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/ar-condicionado-inmetro-atualiza-criterios-para-o-programa-brasileiro-de-etiquetagem; http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID={131D2FA9-7EE3-41E4-9FB0-4CBF2C2C2077}&ServiceInstUID={46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1}

Tabela 14: Condições de ensaio para condicionadores de ar com compressor de rotação variável

| **Condições de ensaio** | **Ensaio 1** (carga total, a 35º C) | **Ensaio 2** (carga parcial, a 35º C) | **Ensaio 3** (carga parcial, a 29º C) |
|---|---|---|---|
| Aplicação | Obrigatório | Obrigatório | Opcional |
| Capacidade de refrigeração | 100% do valor nominal | 50% do valor nominal | 50% do valor nominal |
| Temperatura *outdoor* | TBS: 35,0°C<br>TBU: 24,0°C | TBS: 35,0°C<br>TBU: 24,0°C | TBS: 29,0°C<br>TBU: 19,0°C |
| Temperatura *indoor* | TBS: 27,0°C<br>TBU: 19,0°C | TBS: 27,0°C<br>TBU: 19,0°C | TBS: 27,0°C<br>TBU: 19,0°C |
| Tolerâncias | A capacidade de refrigeração medida deve ser de pelo menos 92% do valor nominal. | A capacidade de refrigeração medida em carga parcial pode variar de 45 a 55% da capacidade em carga nominal, conforme a tolerância definida na norma técnica ISO 16358-1. | A capacidade de refrigeração medida em carga parcial pode variar de 45 a 55% da capacidade em carga nominal, conforme a tolerância definida na norma técnica ISO 16358-1. |

Fonte: Portaria Inmetro nº 234, de 29 de junho de 2020.

Para condicionadores de ar com compressores de rotação fixa, são previstos ensaios em dois pontos, um deles obrigatório, conforme Tabela 15.

Tabela 15: Condições de ensaio para condicionadores de ar com compressor de rotação fixa.

| **Condições de ensaio** | **Ensaio 1** (carga total, a 35º C) | **Ensaio 2** (carga total, a 29º C) |
|---|---|---|
| Aplicação | Obrigatório | Opcional |
| Capacidade de refrigeração | 100% do valor nominal | 100% do valor nominal |
| Temperatura *outdoor* | TBS: 35,0°C<br>TBU: 23,9°C | TBS: 29,0°C<br>TBU: 19,0°C |
| Temperatura *indoor* | TBS: 26,7°C<br>TBU: 19,4°C | TBS: 27,0°C<br>TBU: 19,0°C |
| Tolerâncias | A capacidade de refrigeração medida deve ser de pelo menos 92% do valor nominal. | A capacidade de refrigeração medida deve ser de pelo menos 92% do valor nominal. |

Fonte: Portaria Inmetro nº 234, de 29 de junho de 2020.

## Processo de conformidade para o cadastro

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 16: Checklist de Desempenho Energético – Condicionadores de ar

| Checklist de Desempenho Energético |
|---|
| ☐**Indicador de Eficiência Energética COP >= 2,82 (W/W)** |
| ☐**Indicador de Eficiência Energética IDRS >= 5,5 kW** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |
| ☐**Selo PROCEL** |

| Análise de Desempenho Energético | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Modelo | Tipo(janela/split) | Capacidade de Refrigeração(Btu/h) | Indicador de EE (COP/IDRS) |
| | | | | |
| | | | | |

Adicionalmente, recomenda-se observar o seguinte documento complementar:

Norma técnica ISO 16358-1:2013.

## 1.6 Compressores

### Finalidade

Os compressores de ar possuem como finalidade transformar a energia mecânica em energia pneumática, podendo ser facilmente utilizado em ambientes industriais e em alguns outros ambientes.

### Definições

Os compressores de ar são divididos de acordo com o seu nível de pressão, portanto a empresa/indústria que vá adquirir um produto deste precisará se basear nas classificações:

- baixa pressão
- média pressão
- alta pressão

**Indicador de Desempenho Energético**

⇨ Consumo específico de energia (kWh/m$^3$)

**Requisitos de Elegibilidade**

Para que um compressor ideal seja escolhido para as funcionalidades desejadas é necessário avaliar alguns pontos[17]:

1. Vazão do gás - para uma seleção prévia adequada é preciso avaliar os conceitos da velocidade de rotação e diâmetro específico. Esses parâmetros são definidos a partir do volume de gás comprimido obtido ao passar pelo compressor, ou seja, a vazão do gás.
2. Pressão de entrada e saída - é preciso se atentar a pressão fornecida pelo compressor, como também a pressão do reservatório e na rede distribuidora.
3. Propriedades do gás - é de suma importância entendermos as propriedades do gás envolvido no processo, já que seus comportamentos se diferenciam muito diante da lei que rege os gases.
4. Refrigeração - quando a refrigeração é realizada de maneira adequada, ou seja, o controle da temperatura de entrada e saída dos gases, prolonga consideravelmente a vida útil do compressor.

**Requisitos de Desempenho**

Consideramos como referência de aplicação no Brasil o índice de consumo específico de energia (*Specific Energy Consumption* - *SEC*) utilizado na ETL (Energy Technology List) no Reino Unido, que estabelece valor mínimo igual ou inferior a 1,07 kWh/m$^3$/min, conforme tabela abaixo. É importante ressaltar que este mesmo índice é considerado um indicador de

[17] Informações obtidas no site do Propeq (Projeto e Pesquisa em Engenharia Química). Disponível em: https://propeq.com/compressores-quais-sao-os-tipos-mais-utilizados-e-como-escolher-o-melhor-para-o-seu-processo/.

referência para a eficiência de um compressor de acordo com o Manual Prático – Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido preparado pelo PROCEL Indústria e Eletrobrás[18].

Tabela 17: Requisito de desempenho para compressores - ETL Reino Unido:

| Porcentagem de carga total (ou seja, fluxo de ar nominal) | Consumo específico de energia permitido (kW/m³/min) |
|---|---|
| 100% | <= 1,07 |

Fonte: Tradução Enhanced Capital Allowance, 2021. Pg 53

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

Consumo específico de energia (kWh/m³) é um índice de referência da eficiência de um compressor. Na prática, para o seu cálculo é necessária a potência (kW) para a compressão e a vazão (m³/h) volumétrica de ar, conforme equação abaixo.

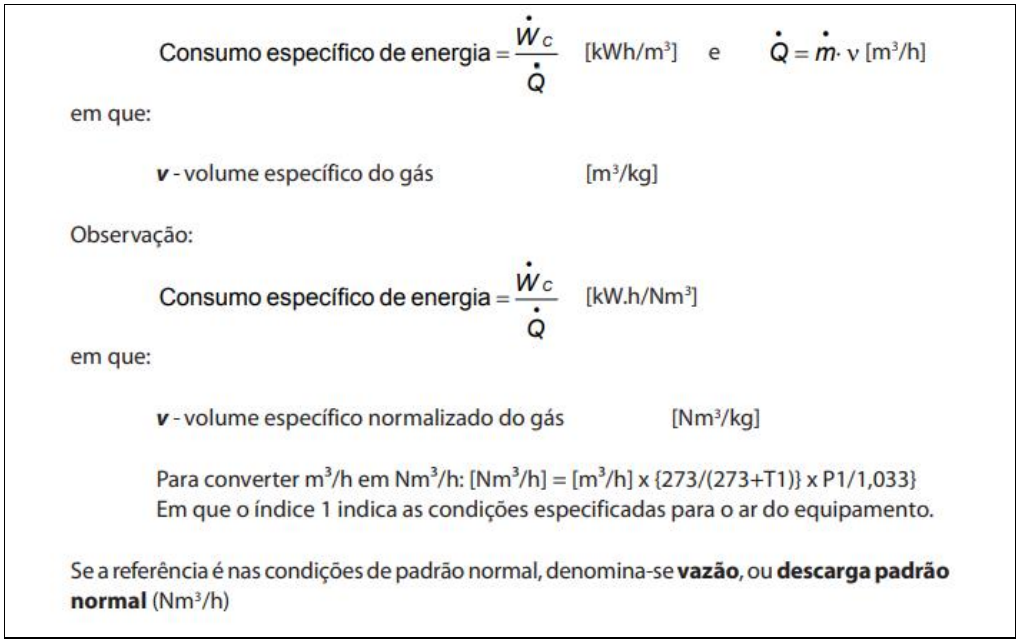



Figura 9: Cálculo de consumo específico de energia para compressores.

[18] Manual Prático – Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido. Disponível em : http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/ManualArComprimido.pdf

Com relação aos ensaios de rotina, estes são previstos para serem realizados pelo fabricante em cada aparelho para detectar variações de produção que possam afetar a segurança. Eles são normalmente realizados no aparelho completo após a montagem, mas o fabricante pode realizar os ensaios em um estágio apropriado durante a produção, desde que os processos de fabricação posteriores não afetem os resultados. Considerando o disposto no Anexo A da Portaria Inmetro nº 148, de 28 de março de 2022, os ensaios abaixo são considerados como o mínimo necessário para cobrir os aspectos essenciais de segurança:

- Ensaio de continuidade de aterramento;
- Ensaio de tensão suportável;
- Ensaio funcional.

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 18: Checklist de Desempenho Energético - Compressores

| **Checklist de Desempenho Energético** |
|---|
| ☐**Indicador de Eficiência Energética Consumo específico de energia (kWh/m$^3$) <= 1,07** |
| ☐**ABNT NBR 10144:2012** |
| ☐**ABNT NBR 10143:2012** |

| **Análise de Desempenho Energético** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Modelo | Pressão(Bar) | Potência Nominal(kW) | Indicador de EE - Consumo específico de energia (kWh/m$^3$) |
| | | | | |
| | | | | |

Adicionalmente, recomenda-se observar o disposto nos seguintes documentos complementares:

- Portaria Inmetro nº 148/2022 - Regulamento Consolidado para Aparelhos Eletrodomésticos e Similares;
- ABNT NBR 10143:2012 – Compressores de ar — Classificação;
- ABNT NBR 10144:2012 Compressores de ar — Terminologia
- IEC 60335-2-34:2021 (Ed. 6.0) Aparelhos eletrodomésticos e análogos - Segurança - Parte 2-34: Regras particulares para motos compressores.
- IEC 60335-2-89:2019 (Ed. 3.0): Aparelhos eletrodomésticos e análogos - Segurança - Parte 2-89: Regras particulares para aparelhos de refrigeração comerciais com unidade de condensação de refrigerante incorporada ou remota ou compressor.

## 1.8 Inversores de Frequência - AVA

### Finalidade

Embora não sejam vistos pelo público, os inversores de frequência são utilizados na otimização de operação de motores, sistemas fotovoltaicos dentre outros. Eles fornecem energia a uma ampla variedade de aplicações fundamentais para nosso estilo atual de vida, desde bombas industriais, ventiladores e transportadores para sistemas de fabricação e propulsão para transporte até compressores para equipamentos elétricos e sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado nos edifícios e sistemas fotovoltaicos.
Neste item do Procedimento daremos foco no uso de Variadores de Velocidade para acionamento de motores elétricos.

### Definições

O inversor de frequência tem como principal função alterar a frequência da rede que alimenta, por exemplo, um motor, fazendo com que este siga frequências diferentes da fornecida pela rede, que é sempre constante. Desta forma pode-se facilmente alterar a velocidade de rotação do motor com mais eficiência.

### Indicador de Desempenho Energético

⇨ Potência Nominal 10 kW/Variação de frequência (%)

**Requisitos de Elegibilidade**

Para os requisitos de elegibilidade e de desempenho tomamos como exemplo as informações contidas na Energy Technology List do Reino Unido descritos abaixo:

- Incorporar um VSD eletrônico que gera uma variável controlada de frequência, tensão variável, saída de energia trifásica (com cada fase deslocado em aproximadamente 120 graus) que é adequado para operar um motor trifásico.
- Fornecer uma saída ajustável de tensão variável e frequência variável que pode corresponder à característica de torque-velocidade da carga (sendo acionada por o motor), incluindo ambas as cargas com torque-velocidade quadrático e características lineares de torque-velocidade. A relação entre a tensão e frequência de saída do produto deve ser:

a) Predefinido antes da venda para corresponder a um número de cargas específicas do motor, que pode ser selecionado durante o comissionamento; OU
b) Programado no produto durante a instalação usando um multiponto de aproximação ou modelo de motor paramétrico como parte de um procedimento de comissionamento; OU
c) Determinado durante o comissionamento por um modelo autoajustável ou automático;
d) algoritmo de identificação que minimiza automaticamente a energia
e) consumo da unidade; OU
f) Ajustado automaticamente durante a operação como parte de um algoritmo de controle em uma maneira que garanta que a saída do produto corresponda às características de motor e sua carga e minimize o consumo de energia do drive; OU
g) Qualquer combinação acima.

**Requisitos de Desempenho**

- Ser capaz de variar automaticamente, em resposta a um sinal de controle externo, a frequência de sua saída entre 5% (ou menos) e 100% (ou mais) da frequência do seu fornecimento de corrente alternada.
- Ser projetado para fazer transições controladas suaves entre velocidade alterações pelo uso de configurações predefinidas, programáveis ou automáticas ajustadas, rampas de aceleração e desaceleração.

- Ter a Marca CE ou demonstrar conformidade com os requisitos do CEM da UE Diretiva 2014/30/UE.
- Não incorporar nenhum tipo de aparelho mecânico que deriva do seu motivo força da saída de frequência variável do produto, incluindo qualquer forma de motor elétrico ou mecanismo de movimento de fluido, exceto ventiladores ou bombas incorporadas exclusivamente para fins de resfriamento do produto.

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

Os inversores para esta aplicação devem ser testados de acordo com as especificações e normas para cada fabricante a fim de assegurar a respectiva classe gravada na plaqueta de identificação. Tomamos como exemplo 2 fabricantes para ilustração:

WEG

- NEMA MG1 - Motors and generators/“Estados Unidos”
- IEC 60034-14 e NEMA MG1 – Parte 7
- NEMA - Application Guide for AC Adjustable Speed Drive Systems (2001)
- IEC 60034Rotating Electrical Machines/“Internacional”
- GAMBICA/REMA Technical Guides for Variable Speed Drives and Motors
- CSA C22.2 No.100-2004 Item 12 (Canadá) “Motors and Generators – Industrial Products”
- JEM-TR 148-1986 (Japão) “Application guide for inverter drive (general-purpose inverter)”
- IEC 60034-18-41 – Qualification and design tests for Type I electrical insulation systems used in rotating electrical machines fed from voltage converters
- IEC 60034-17 exemplifica o aumento das perdas do motor devido ao uso de inversor com o caso prático de um motor carcaça 315, com valores nominais de torque e velocidade.
- IEC 60034-25 ilustra o aumento das perdas do motor devido à alimentação PWW
- NEMA MG1 Part 31 - Testes de desempenho, quando solicitados, deverão ser realizados com tensão senoidal. No entanto, o motor alimentado por inversor de

frequência poderá ser ensaiado, desde que exista um acordo mútuo entre fabricante e usuário.

- NEMA Application Guide for AC ASD Systems – O rendimento global do sistema baseia-se nas perdas totais do motor, do controle e de qualquer equipamento auxiliar. O uso de inversores frequentemente aumenta o rendimento do sistema, se comparado com os métodos tradicionais de variação de velocidade (como engrenagens e correias) e de ajuste de carga (como válvulas e amortecedores).
- IEC 60034-17 – As características de desempenho das aplicações com motores de indução alimentados por inversores de frequência são influenciadas por todo o sistema, compreendendo a fonte de alimentação, o inversor, o motor, a carga mecânica e o equipamento de controle. Devido à complexidade das interações técnicas entre o sistema e as várias condições de operação, está fora do escopo da especificação técnica a quantificação de valores numéricos relacionados com tais aplicações. Não existe método simples para calcular as perdas adicionais e não pode ser feita qualquer afirmação genérica sobre o seu valor.
- IEC 60034-25 – Os métodos recomendados para a determinação do rendimento do motor estão dados na IEC 60034-2 (método de separação de perdas para motores >150 kW e medição de entrada-saída para motores ≤ 150 kW). As perdas em vazio (incluindo as perdas suplementares) devem ser medidas se possível com o mesmo método de modulação e frequência de chaveamento que o inversor produzirá com plena carga. A determinação do rendimento global do sistema (motor + inversor) por medição entrada-saída é também aplicável, sob acordo entre fabricante e usuário. Nesse caso, o rendimento do motor não poderá ser determinado separadamente.
- IEC 60034 – para motores até 500 V o sistema de isolamento deve suportar os níveis de Vpico. Acima de 500 V, o sistema isolante deve ser reforçado ou filtros devem ser instalados na saída do inversor, para aumentar o rise time/limitar as tensões de pico.
- IEC 60034-25 – a operação com inversor afeta diretamente o ruído emitido pelo motor por três fatores: variações na velocidade de rotação, que influenciam o desempenho dos rolamentos e sistema de ventilação do motor (além de outras características sensíveis a variações de temperatura); conteúdo harmônico do sinal, que afetam em grande escala ruído magnético excitado no núcleo do estator e, em menor escala, o

ruído produzido nos mancais; e oscilações de torque, devido à interação de ondas de diferentes frequências do campo magnético no entreferro do motor. O aumento do ruído emitido pelo motor devido à operação com inversor (em relação à alimentação senoidal) será relativamente pequeno para frequências de chaveamento acima de 3 kHz, mas poderá chegar a 15 dB(A) para chaveamentos mais lentos, conforme experiência.

- Ensaios realizados com motores e inversores diversos, seguindo os procedimentos recomendados pela IEC 60034-14 (medição em três direções perpendiculares, com o motor funcionando em vazio apoiado sobre uma base elástica devidamente dimensionada), confirmaram que a vibração dos motores de indução aumenta quando estes são acionados por inversores de frequência. De um modo geral, o acréscimo de velocidade de vibração foi menor para a maior frequência de chaveamento do inversor. Ou seja, maiores frequências de chaveamento tendem a reduzir a vibração mecânica do motor de indução acionado por inversor.
- IEC 60034-17 – As oscilações de torque causadas pelas harmônicas ocasionam vibrações torsionais no sistema mecânico, ao contrário dos torques assíncronos, que pouco afetam a operação do acionamento de velocidade variável. Em acionamentos com inversores PWM as frequências dominantes do torque oscilante são determinadas pela frequência dos pulsos, enquanto suas amplitudes dependem da largura do pulso. Torques oscilantes em duas vezes a frequência de chaveamento são gerados, porém, normalmente não chegam a prejudicar o sistema, pois sua frequência está muito acima das frequências mecânicas críticas. Chaveamentos elevados (da ordem de 21 vezes a frequência fundamental) tendem a melhorar o torque / reduzir a oscilação.

ABB

- Relatório de Ensaio - LCIE 86287-577197-02 de 23/02/2009;
- Relatório de Ensaio - SE/SP/ExTR06.0002/00 de 29/03/2006;
- Relatório de Ensaio – LCIE n° 109243-617791-04 de 17/11/2011;
- Relatório de Ensaio – LCIE n° 86200-577234 de 28/11/2008;
- Relatório de Ensaio – LCIE n° 105603-609277 de 15/05/2011;

- Relatório de Ensaio – LCIE n° FR/LCIE/ExTR15.0083/00 de 05/08/2015;
- Procedimento n° 3GZF500916-46 – Test Report: resin for bushings M3JP/KP 80-450 Rev.E 19/01/2011;
- Procedimento - 3GZF500918-40_A – Technical Description;
- Procedimento - 3GZF500916-44_H – Material Specifiation Cast Iron Motors M3JP/KP/GP/HP/BP 80-450 - Rev.H – 14/01/2009;
- Procedimento - 3GZF500916-96_D – Shaft Flame Path Calculation M3JP/KP 80-400 – Rev. D – 24/10/2008;
- Procedimento - 3GZF500916-99_E – Temperature Rise Test Procedure for M3JP/ M3JP/M3GP 80-450 – Rev. E – 13/02/2006;
- Procedimento - 3GZF500930-30_K – ATEX Components – Rev. K – 19/09/2008;
- Relatório de Análise (RA) n° 008/2009 de 13/07/2009;
- Relatório de Análise (RA) n° 001/2014 de 15/07/2014;
- Relatório de Análise (RA) n° 008/2017 de 25/04/2017;e se comporta quando conectado à rede de distribuição de energia elétrica de baixa tensão.

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO e também do Processo Produtivo Básico (PPB). Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 19: Checklist de Desempenho Energético – Inversores de Frequência (AVA)

| **Checklist de Desempenho Energético** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ☐**Indicador de Eficiência Energética Potência Nominal >10 kW** | | | | |
| ☐ **Indicador de Eficiência Energética Variação de Frequência (%)** | | | | |
| ☐**Etiqueta ENCE A** | | | | |
| **Análise de Desempenho Energético** | | | | |
| Fornecedor | Modelo | Potência Nominal(kW) | Tensão(V) | Indicador de EE (% ou kW) |
| | | | | |
| | | | | |

## 1.9 Refrigeração

### Finalidade

A refrigeração tem como objetivo principal transformar o clima do ambiente, retirando totalmente o calor e deixando a temperatura menor que a temperatura ambiente inicial. Para esse processo, geralmente, os equipamentos de refrigeração utilizam um fluido chamado refrigerante, o qual sendo de boa qualidade realiza o seu "papel" de maneira eficiente.

### Definições

Existem 4 principais tipos de refrigeração:

- Refrigeração por evaporação natural;
- Refrigeração por gelo;
- Refrigeração por expansão rápida do ar;
- Refrigeração por sistema de compressão.

### Indicador de Desempenho Energético

⇨ Índice de Eficiência energética (Ie)

### Requisitos de Elegibilidade

Para serem elegíveis os equipamentos devem atender aos seguintes critérios:

- Programa Brasileiro de Etiquetagem PBE – Etiqueta ENCE A;
- Possui o Selo PROCEL;

## Requisitos de Desempenho

De acordo com o Regulamento Consolidado para Refrigeradores e Assemelhados, publicado na Portaria Inmetro 332 de 2 agosto de 2021 [19] Os refrigeradores e assemelhados devem ser classificados conforme o seu Índice de Eficiência Energética (Ie).

Tabela 20: Índices de Eficiência máximos de consumo de energia para as classes de eficiência energética (% em relação ao Cp) (obrigatórios a partir de 30/06/2022 e válidos até de 30/12/2025)

| Classe | Refrigerador | Refrigerador frost-free | Refrigerador-congelador | Refrigerador-congelador frost-free | Congelador vertical | Congelador vertical frost-free | Congelador horizontal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Subclasse A+++ | 59,9% | 59,9% | 59,2% | 59,2% | 59,9% | 59,9% | 59,9% |
| Subclasse A++ | 68,4% | 68,4% | 67,7% | 67,7% | 68,4% | 68,4% | 68,4% |
| Subclasse A+ | 77,0% | 77,0% | 76,1% | 76,1% | 77,0% | 77,0% | 77,0% |
| A | 85,5% | 85,5% | 84,6% | 84,6% | 85,5% | 85,5% | 85,5% |
| B | 93,1% | 93,1% | 92,1% | 92,1% | 93,1% | 93,1% | 93,1% |
| C | 97,2% | 97,2% | 97,2% | 96,3% | 97,2% | 97,2% | 97,2% |

Fonte: Portaria Inmetro 332, de 2 de agosto de 2021

## Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes

Os refrigeradores e assemelhados devem ser classificados conforme o seu Índice de Eficiência Energética (Ie), que é definido como a razão entre o consumo de energia mensal (CEM) declarado e o consumo padrão (Cp), conforme representado pela Equação 1.

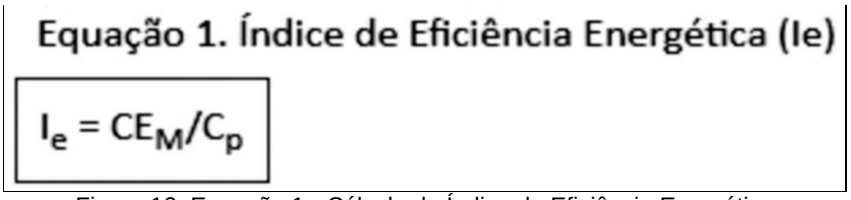



Figura 10: Equação 1 - Cálculo do Índice de Eficiência Energética

[19] Regulamento Consolidado para Refrigeradores e Assemelhados, Portaria Inmetro n 332 de 2 agosto de 2021, Disponível em : https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-332-de-2-de-agosto-de-2021-336061973

O Consumo Padrão (Cp) é definido como o consumo de energia equivalente ao Volume Ajustado e pode ser representado pela Equação 2.

Equação 2. Índice de Eficiência Energética (Ie)

$$C_p = a.VA + b$$

Onde:

$C_p$ = Consumo padrão; VA = Volume ajustado.

Figura 11: Cálculo do consumo padrão

A Portaria Inmetro 332/2021 recomenda também a realização dos seguintes ensaios de desempenho:

Tabela 21: Ensaios de desempenho recomendados para equipamentos de refrigeração

| Ensaios | Base Normativa até 30/12/2025 | Base Normativa após 31/12/2025 |
|---|---|---|
| Classificação | IEC 62552:2007 + Ed. 1.0 Temperatura de ensaio apenas a 43 °C. | Norma técnica IEC 62552-2:2020 Temperatura de ensaio apenas a 43 °C. |
| Consumo de Energia | IEC 62552:2007 + Ed. 1.0 Temperatura de referência: 32 °C | Norma técnica IEC 62552-3:2020 Temperaturas de referência: 16 °C e 32 °C |

Fonte: Portaria Inmetro 332, de 2 de agosto de 2021

Existem normas destinadas para determinar ensaios técnicos necessários para cada tipo de equipamento do sistema de refrigeração, as quais são[20]:

- ABNT NBR 15374-2:2006: Equipamento de refrigeração monobloco para câmaras frigoríficas Parte 2: Ensaios
- ABNT NBR 15372:2006: Resfriadores de ar para refrigeração - Métodos de ensaio
- ABNT NBR 15627-2:2008: Condensadores a ar remotos para refrigeração Parte 2: Método de ensaio

[20] FAIAR (Federación de Asociaciones Iberoamericanas de Aire Acondicionado Y Refrigeración) Disponível em: https://tecbrazrefrigeracaopmoc.com.br/normas/NORMAS-BRASILEIRAS-PARA-AR-CONDICIONADO.pdf.

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 22 : Checklist de Desempenho Energético - Refrigeração

| Checklist de Desempenho Energético |
|---|
| ☐**Eficiência Energética (Ie)** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |
| ☐**Selo PROCEL** |
| ☐**Portaria Inmetro 332/2021** |

| Análise de Desempenho Energético | | | |
|---|---|---|---|
| Fornecedor | Modelo | Potência de Refrigeração (kcal/h) | Indicador de EE (Ie) |
| | | | |
| | | | |

## 2. Intervenções Térmicas

As intervenções térmicas são medidas de eficiência energética que reduzem o consumo de energia em termos de gás natural, biodiesel, óleo combustível, óleo diesel, lenha, licor negro, bagaço de cana, carvão vegetal, gás liquefeito de petróleo (GLP) ou outros combustíveis.

As principais tecnologias associadas a esse tipo de intervenção, bem como as características que as diferenciam de outras similares, porém de menor eficiência, encontram-se relacionadas a seguir:

### 2.1 Bombas de Calor

**Finalidade**

São produtos especificamente projetados para transferência de calor do ar entre espaços diferentes por meio de um ciclo de refrigeração.

As bombas de calor do tipo “split” possuem unidades de coleta e rejeição de calor separadas para cada espaço, conhecido como unidades “externas” e “internas”. As unidades 'externas' e 'internas' são projetadas especificamente para serem conectadas durante a instalação por tubulação de refrigerante para formar um único sistema funcional.

As bombas de calor *Variable Refrigerant Flow* (VRF) são sistemas projetados especificamente para ajustar automaticamente o fluxo de refrigerante para cada unidade 'interior' para que o calor entregue seja compatível com sua demanda. Em particular, uma das unidades ‘interiores’ de um sistema VRF pode ser uma cortina de ar.

**Definições**

Bombas de calor convertem energia térmica ambiental armazenada no ar, no solo ou na água em energia térmica utilizável para aquecimento, elevando sua temperatura e reduzindo o consumo de eletricidade.

**Indicador de Desempenho Energético**

⇨ COP – Coeficiente de Performance

**Requisitos de Elegibilidade**

Para serem elegíveis os equipamentos devem atender os seguintes critérios:

- Coeficiente de Desempenho (COP) igual ou superior a 3.7.[21]

**Requisitos de Desempenho**

Os valores informados pelos fabricantes deverão ser comprovados através da apresentação de "certificação de ensaios de tipo".

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

Coeficiente de Desempenho (COP) - é um indicador utilizado para demonstrar a eficiência energética de uma bomba de calor, um refrigerador ou um sistema de ar condicionado. Nesse sentido, para determinar o COP, é necessário encontrar a razão entre a energia contida no calor transportado por um sistema (Q) e o trabalho realizado pelo sistema para que isso aconteça (W).

Coeficiente de desempenho sazonal (SCOP) - coeficiente global de desempenho de uma bomba de calor que utiliza eletricidade, é o quociente entre a demanda anual de aquecimento e o consumo anual de energia para aquecimento, conforme definido pelo Regulamento (UE) n.º 206/2012 da Comissão de Regulação da União Europeia.[22]

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 23 : Checklist de Desempenho Energético – Bombas de Calor

| **Checklist de Desempenho Energético** |
|---|
| ☐**Eficiência Energética COP >= 3,7** |

[21] Coeficiente de Desempenho mínimo encontrado no catálogo PotencialiZee. Disponível em: https://tecnologias-tst.programa-potencializee.com.br/categoria/bombas-de-calor?page=1

[22] Ecodesign Commission Regulation (EU) No 2281/2016 - Anexo III. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R2281&from=EN

| |
|---|
| ☐**Eficiência Energética SCOP >= 4,1** |
| ☐**Selo PROCEL** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |

| **Análise de Desempenho Energético** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Modelo | Fonte de energia | Potência de aquecimento (BTU) | Indicador de EE COP | Indicador de EE SCOP |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Recomenda-se observar o disposto nas seguintes normas internacionais:

- Eurovent 17/06 - 2020: Regulamento Ecodesign (UE) 2016/2281: Eficiência energética mínima sazonal de refrigeração de unidades de água/salmoura-água/salmoura e água/salmoura-ar.
- BS EN 14825:2018: Condicionadores de ar, pacotes de refrigeração líquida e bombas de calor, com compressores acionados eletricamente, para aquecimento e resfriamento de ambientes. Teste e classificação em condições de carga parcial e cálculo do desempenho sazonal

### 2.2 Coletores Solares

#### Finalidade

Os coletores solares térmicos são produtos de armazenamento de energia térmica que reduzem a quantidade de energia elétrica consumida pelos equipamentos convencionais de aquecimento de água ou ambiente. Eles são construídos em torno de um absorvedor solar que usa radiação para aumentar a temperatura do fluido de aquecimento que flui através do coletor. Este calor é então transferido para um recipiente de armazenamento por meio de um fluido circulante ou, em alguns casos, o coletor solar pode ser conectado diretamente ao circuito de aquecimento.

### Definições

Coletor solar pode ser definido como um dispositivo projetado para absorver a radiação solar e transferir a energia térmica produzida para um fluido que passa pelo equipamento.

### Indicador de Desempenho Energético

⇨ Produção de energia mensal - PME(kWh/mês.m$^2$)

### Requisitos de Elegibilidade

Para serem elegíveis os produtos devem atender aos seguintes critérios:

- Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) - Faixa de Classificação ENCE: A;
- Possuir o Selo PROCEL;
- Atender aos requisitos da Norma ISO 9806/2017: Coletores solares;

### Requisitos de Desempenho

A classificação da eficiência dos coletores solares deverá ser determinada conforme as especificações da tabela abaixo:

Tabela 24 - Produção de energia mensal para coletores solares

| Classe | Produção Específica Mensal (kWh/mês.m$^2$) | |
|---|---|---|
| | Coletor Solar – Aplicação Banho | Coletor Solar – Aplicação Piscina |
| A | $80,3 < PME_e$ | $98,0 < PME_e$ |
| B | $73,3 < PME_e \leq 80,3$ | $90,0 < PME_e \leq 98,0$ |
| C | $66,3 < PME_e \leq 73,3$ | $80,0 < PME_e \leq 90,0$ |
| D | $59,3 < PME_e \leq 66,3$ | $70,0 < PME_e \leq 80,0$ |
| E | $52,3 < PME_e \leq 59,3$ | $65,0 < PME_e \leq 70,0$ |

Fonte: Portaria INMETRO nº 420, de 4 de outubro de 2021.

### Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes

O cálculo da produção mensal específica de energia por área (PMEe) para coletores solares pode ser conferido na Figura 12. É a relação entre a Produção Mensal de Energia (Pmen) do coletor solar ou do sistema acoplado e a área bruta (AG) do coletor, em kWh/mês.m$^2$. Corresponde à capacidade do objeto para a geração de energia, considerando sua operação no dia padrão:

**1.1.1** 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 Bruta do Coletor (AG), em m².

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

$$PMEe = \frac{P_{men}}{AG}$$

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

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

$$P_{men} = \frac{30 \times 1000}{3600} \times \eta_{méd} \times K\theta_{méd} \times H \times A_{aber}$$

*Onde:*
$K_\theta$ é calculado de acordo com a Norma ABNT NBR 15747-2:2009, para o ângulo de 25º
$\eta_{méd}$ é calculada de acordo com o subitem 1.1.4; e H = 17,6 MJ/m²

**1.1.3** Para coletores solares abertos ou fechados com desempenho ópticos usuais, o Fator de Correção para o Ângulo de Incidência Médio ($K\theta_{méd}$) é calculado para o ângulo de 25°. 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 $K\theta_{méd}$ é calculado para o ângulo de 50°.

Figura 12. Cálculo da produção mensal específica de energia por área (PMEe) para coletores solares

Já o cálculo da eficiência térmica de coletores solares pode ser conferido na Figura 13, abaixo:

**2.1.1** A Eficiência Térmica Média ($\eta_{méd}$) do coletor solar deve ser calculada de acordo com a Equação 3. A $\eta_{méd}$ é obtida pela integração da função de Eficiência Térmica [$\eta_{aber}(x)$] do coletor solar, de 0 ao limite superior x', conforme especificado na Tabela 1.

**Equação 3** – Cálculo da Eficiência Térmica Média ($\eta_{méd}$) de coletor solar (%)

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

**Tabela 1** – 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 1: A função de eficiência térmica do coletor solar [$\eta(x)$] é obtida no ensaio de desempenho térmico (ver Tabela 1 do Anexo Específico A). Para fins e cálculo da eficiência térmica média ($\eta_{méd}$), considerar $\eta_{aber}(x)$ para a velocidade do vento de 3 ± 1 m/s, para os coletores de aplicação banho, e fixar $\eta_{aber}(x)$ a velocidade do vento de 1,5 ± 0,5 m/s, para coletores para aplicação piscina.

Nota 2: Para o cálculo da Equação 3, deve ser adotado um valor constante para G = 800 W/m².

Nota 3: A função $\eta_{aber}(x)$ corresponde à função de eficiência para área de abertura.

Figura 13. Cálculo da eficiência térmica de coletores solares

**Processo de validação de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 25 : Checklist de Desempenho Energético – Coletores Solares

| **Checklist de Desempenho Energético** |
|---|
| ☐**Indicador de Eficiência Energética Produção energia mensal (kWh/mês.m²)** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |
| ☐**Selo PROCEL** |
| ☐**Norma ISO 9806/2017: Coletores solares** |

| **Análise de Desempenho Energético** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Modelo | Área externa do coletor (m²) | Produção média mensal de energia (kWh/mês) | Indicador de EE |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Além do disposto na Portaria INMETRO nº 420/2021, recomenda-se a observação das regulamentações abaixo:

- ABNT NBR 15747-1:2009: Sistemas solares térmicos e seus componentes - Coletores solares - Parte 1: Requisitos gerais;
- ABNT NBR 15747-2:2009: Sistemas solares térmicos e seus componentes - Coletores solares - Parte 2: Métodos de ensaio;
- ASTM G155:13: Prática Padrão para Operação de Aparelhos de Luz de Arco de Xenônio para Exposição de Materiais Não Metálicos;ISO 9806:2017: Energia solar Coletores solares térmicos Métodos de ensaio;
- ISO 9459-2:1995: Aquecimento solar Sistemas de aquecimento de água doméstica Parte 2: Métodos de teste ao ar livre para caracterização do desempenho do sistema e previsão anual do desempenho de sistemas somente solares.

## 2.3 Reservatórios Termossolares

### Finalidade

Reservatórios termossolares são recipientes para acúmulo de energia térmica na forma de água quente com opção de dispositivos elétricos incorporados para controlar a temperatura da água, que possui pontos específicos de entrada e saída para integração com o coletor solar.

### Definições

De acordo com o Regulamento Consolidado para Equipamentos de Aquecimento Solar de Água do Inmetro, os reservatórios térmicos podem ser classificados conforme abaixo:

- Reservatório termossolar aberto: Recipiente de armazenamento de água, aberto para atmosfera por meio de um respiro instalado no reservatório ou na saída do consumo, sem válvulas, que possui entrada e saída para interligação com o coletor solar.
- Reservatório termossolar fechado: Recipiente de armazenamento de água, fechado para atmosfera, concebido para funcionar sob a pressão do sistema, limitada por uma válvula de alívio de pressão e temperatura, que possui entrada e saída para a interligação com o coletor solar.
- Reservatório de nível: Reservatório termossolar cujo enchimento é controlado por boia interna e/ou mecanismo para distribuir água mesmo com reservatório parcialmente cheio.

São considerados partes do reservatório termossolar: fluido de trabalho, tanque, isolamento térmico e, desde que internos ao próprio reservatório termossolar, dispositivos como trocadores de calor, sistema de controle de escoamento (válvulas chicanas) e sistema de aquecimento auxiliar.

Nota: É importante ressaltar a existência no mercado de conjuntos que incluem o coletor solar e o reservatório termossolar, neste caso denominado Sistema Acoplado, podendo ser de dois tipos, justaposto ou monobloco.

### Indicador de Desempenho Energético

⇨ Perda Específica de Energia Mensal (Eficiência): kWh/l.mês

**Requisitos de Elegibilidade**

Para serem elegíveis os produtos devem atender aos seguintes critérios:

- O reservatório deve possuir variação máxima entre o volume útil e o volume nominal de -5% e 10%.
- O reservatório não pode apresentar vazamento ou deformação permanente visível mesmo sob condições extremas de pressão hidrostática possíveis durante suas operações ao longo de sua vida útil.
- O reservatório deve apresentar valores máximos de Perda Específica de Energia Mensal, por capacidade, conforme requisitos de desempenho especificados no item a seguir.
- O reservatório deve possuir e assegurar a isolação e continuidade elétrica entre o condutor (fio terra ou cabo elétrico) e os invólucros metálicos interno e externo, mesmo sob condições extremas de tensão possíveis durante suas operações ao longo de sua vida útil.
- A corrente de fuga do reservatório não pode exceder o limite máximo 5 mA.
- O reservatório deve possuir variação máxima entre a potência elétrica absorvida de -10% e 5% do valor declarado pelo fornecedor.
- As partes de material isolante, de isolante suplementar ou reforçado e as partes externas não metálicas do reservatório não podem sofrer deterioração que prejudiquem sua segurança elétrica e contra incêndio.
- As partes ferrosas do reservatório devem apresentar resistência ao enferrujamento, mesmo sob condições ambientais extremas possíveis durante suas operações ao longo de sua vida útil.
- Os materiais poliméricos do reservatório, expostos à radiação solar durante suas operações ao longo de sua vida útil, devem ser resistentes à degradação.
- O reservatório deve apresentar grau de proteção IP24.
- O reservatório, quando fabricado de material polimérico reciclado, não pode conter substâncias químicas tóxicas que possam migrar para a água e representar risco à saúde humana.

- A capacidade do reservatório deve ser padronizada em 100l, 150l, 200l, 250l, 300l, 400l, 500l, 600l, 800l ou 1000l.

**Requisitos de Desempenho**

O reservatório é considerado em conformidade em relação ao desempenho se o resultado do cálculo do valor de Perda Específica de Energia Mensal Máxima, por capacidade, obedecer aos limites máximos indicados na tabela abaixo:

Tabela 26. Dados de perda específica de energia mensal máxima

| Volume do nominal reservatório termossolar (l) | Perda Específica de Energia Mensal Máxima (kWh/l.mês) |
|---|---|
| 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 |

Fonte: Portaria INMETRO nº 420, de 4 de outubro de 2021.

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

Perda específica de energia mensal: Medida calculada para os reservatórios termossolares que representa a relação entre a energia dissipada para o ambiente em um mês e a capacidade volumétrica do reservatório, em kWh/l.mês.

Os reservatórios devem atender aos requisitos do RTQ - Regulamento Técnico de Qualidade apresentado no Anexo I da Portaria Inmetro 420/2021, cuja conformidade deve ser demonstrada por meio dos ensaios e inspeções indicados na tabela abaixo:

Tabela 27. Ensaios de reservatórios termossolares

| Item RTQ | Procedimentos | | | Certificação | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Modelo 4 | | | Modelo 5 | | |
| | Ensaios | Base Normativa | Item | Aval. Inicial | Aval. Manut. | Aval. Recert. | Aval. Inicial | Aval. Manut. | Aval. Recert. |
| | | | | Ano 0 | 24 meses | 48 meses | Ano 0 | 36 meses | 72 meses |
| 4.2.12 5.4 | Marcações e instruções | ABNT NBR 16641:2018 | 6.1 | x | x | x | x | x | x |
| 4.2.1 | Volume armazenado | | 6.2 | x | x | x | x | x | x |
| 4.2.2 | Pressão hidrostática | | 6.3 | x | x | x | x | x | x |
| 4.2.3 | Perda específica de energia mensal | ABNT NBR 10185:2018 | Anexo D | x | x | x | x | x | x |
| 4.2.4 | Tensão suportável | ABNT NBR 16641:2018 | 6.4 | x | x | x | x | x | x |
| 4.2.5 | Corrente de fuga | | 6.5 | x | x | x | x | x | x |
| 4.2.6 | Potência absorvida | | 6.6 | x | x | x | x | x | x |
| 4.2.7 | Resistência ao calor e fogo | | 6.7 | x | x | x | x | x | x |
| 4.2.8 | Resistência ao enfernujamento | | 6.8 | x | x | x | x | x | x |
| 4.2.9 | Envelhecimento acelerado | ASTM G155:13 | 9 | x | x | x | x | x | x |

Fonte: Portaria INMETRO nº 420, 4 de outubro de 2021.

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 28 : Checklist de Desempenho Energético – Reservatórios Termossolares

| **Checklist de Desempenho Energético** |
|---|
| ☐**Indicador Eficiência Energética Perda específica de energia mensal (kWh/l.mês)** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |
| ☐**Selo PROCEL** |
| ☐ **Portaria Inmetro 420/2021** |

| **Análise de Desempenho Energético** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Modelo | Fonte de energia | Tipo de tecnologia | Potencia (kW) | Indicador de EE kWh/l.mês |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Além das Portarias Inmetro 420/2021, 352/2012, 301/2012, 159/2015, 437/2012 e 229/2018, recomenda-se consultar as normas:

- ABNT NBR 10185:2018: Reservatórios termossolares para líquidos destinados a sistemas de energia solar - Método de ensaio para desempenho térmico
- ABNT NBR 16641:2018: Requisitos específicos em reservatórios para utilização em sistemas de acumulação de energia térmica solar - Segurança mecânica e elétrica
- ASTM G155:13: Prática Padrão para Operação de Aparelhos de Luz de Arco de Xenônio para Exposição de Materiais Não Metálicos.

## 2.4 Caldeiras

### Finalidade

São equipamentos utilizados para geração de vapor ou aquecer água, fluidos térmicos ou outra fonte de energia para aquecimento de um processo ou espaço.

### Definições

Equipamento destinado a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia como combustível, excetuando-se os refervedores e equipamentos similares utilizados em unidades de processo. Neste catálogo serão consideradas a princípio duas categorias:

- **Caldeiras a vapor:** sistema de caldeira eficientes com controle de compensação de oxigênio, recuperação de calor de purga para controlar a concentração de água e de lodo, contenção de vazamentos de vapor.

- **Caldeiras de biomassa:** queimam combustíveis como pellets, aparas de madeira ou toras de fontes sustentáveis, ou seja, biomassa certificada por sistemas de certificação florestal internacionalmente reconhecidas, como FSC (Conselho de Manejo Florestal) e PEFC (Programa para o Reconhecimento da Certificação Florestal). Qualquer projeto de biomassa deve demonstrar uma contribuição do ciclo de vida para a redução de emissões de carbono.

**Indicador de Desempenho Energético**

⇨ Eficiência Térmica (%)

**Requisitos de Elegibilidade**

Para serem elegíveis, os equipamentos devem atender aos seguintes critérios:

Deve ser adotado o Código de Construção em conformidade com a ABNT NBR ISO 16528-1, observando-se o prescrito na norma ABNT NBR ISO 16528-2.

**Caldeiras a vapor:**

- Utilizam como combustível óleo, gás, outros similares. Devem apresentar eficiência térmica mínima de 92,0%.

**Caldeiras de Biomassa:**

- Devem atender a padrões mínimos para manutenção da qualidade do ar[23]:
- Material Particulado (MP) não deve exceder 30 gramas por gigajoule (g/GJ) de entrada de calor líquido.
- Óxido de Nitrogênio (NOx) não deve exceder 150 gramas por gigajoule (g/GJ) de entrada de calor líquido.
- Caldeiras de biomassa com potência igual ou inferior a 100kW devem apresentar eficiência térmica mínima de 90,0%.
- Caldeiras de biomassa com potência entre 100kW e 300kW devem apresentar eficiência térmica mínima de 92,0%.

**Requisitos de Desempenho**

É imprescindível no ato da escolha do tipo de caldeira se atentar ao índice de eficiência térmica do equipamento. No caso das caldeiras não é possível ter uma eficiência energética

[23] Critérios traduzidos da ETL - Reino Unido. Disponível em: https://etl.beis.gov.uk/products/boiler-equipment/biomass-boilers.

Sugere-se um estudo aprofundado para a definição de critérios específicos de emissões com base na legislação brasileira. Subsídios podem ser encontrados na Resolução CONAMA nº 491/2018 - Padrões de Qualidade do Ar. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-120-de-12-de-marco-de-2021-310003555

de 100%, mas a porcentagem deste índice está diretamente interligada com a geração de energia por meio da queima de combustível da caldeira, sendo assim necessário garantir o melhor uso do combustível.

Essa correlação é de suma importância ser analisada já que a baixa eficiência da caldeira faz com que se queime mais combustível no intuito de produzir mais vapor e com isso gasta-se mais dinheiro, já que quanto mais se consome combustível mais se gasta com a compra do mesmo.

De acordo com essas informações citadas é importante fazer a medição dos gases de combustão para saber a real eficiência térmica da caldeira, a qual passa por testes específicos para que seus índices de eficiência sejam apresentados. Os gases os quais passam por medição das temperaturas são:

- $CO_2$ (dióxido de carbono)
- $O_2$ (oxigênio)
- CO (monóxido de carbono) o qual indica a baixa eficiência da caldeira[24]

Segundo a Portaria INMETRO 120/2021 os requisitos de desempenho para caldeiras devem ser observados nas seguintes normas:

- ABNT NBR ISO 16528-1:2008 - versão corrigida 2015 - Caldeiras e vasos de pressão - Parte 1: Requisitos de desempenho;
- ABNT NBR ISO 16528-2:2008 - Caldeiras e vasos de pressão - Parte 2: Procedimentos para atendimento integral da ABNT NBR ISO 16528-1;
- ABNT NBR NM ISO 9712:2014 - Ensaio não destrutivo - Qualificação e certificação de pessoal;
- ABNT NBR 6123:1988 - versão corrigida 2:2013 - Forças devidas ao vento em edificações;

[24] Dados obtidos pelo site da empresa SECAMAQ sobre a importância da eficiência térmica nas caldeiras. Disponível em: https://www.secamaq.com.br/eficiencia-termica-em-caldeiras/

- NR-13 Caldeiras e Vasos de Pressão - Norma Regulamentadora de Caldeiras e Vasos de Pressão da Secretaria Especial de Previdência e Trabalho do Ministério da Economia;

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

- Caldeiras de Biomassa:

  Testes internacionais: EN 303-5:2012 “Caldeiras de aquecimento para combustíveis sólidos, de queima manual e automática, potência nominal de calor de até 500 kW. Terminologia, requisitos, testes e marcação” ou EN 303-5:1999.

- Caldeiras a vapor:

  Segundo a ETL Reino Unido, há testes específicos que consideram a utilização ou não de “controle de combustão” que interferem na eficiência térmica. É necessário avaliar a condição de cada produto.

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 29 : Checklist de Desempenho Energético - Caldeiras

| **Checklist de Desempenho Energético** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ☐ **Indicador de Eficiência térmica >= 92,0%** | | | | |
| ☐**Padrões de emissões / qualidade do ar** | | | | |
| ☐ **Selo PROCEL** | | | | |
| ☐**Etiqueta ENCE A** | | | | |
| **Análise de Desempenho Energético** | | | | |
| Fornecedor | Modelo | Combustível | Tipo de tecnologia | Indicador de EE (%) |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Adicionalmente, recomenda-se a observação das regulamentações abaixo:

- Normas Nacionais: ABNT NBR ISO 16528-1 2008:
- ABNT NBR ISO 16035-2 2012 NR-13 / NR-12 / NR-10 /
- Portaria INMETRO n° 120, de 12 de março de 2021 [25].
- Normas Internacionais: BS 845-1:1987 “Métodos para avaliar o desempenho térmico de caldeiras para vapor, água quente e fluidos de transferência de calor de alta temperatura: procedimento conciso”

## 2.5 Isolamento Térmico

### Finalidade

Isolamento térmico onde ocorrem diferenças de temperatura, incluindo isolamento de tubulação, isolamento de caldeiras e fornos ou isolamento de edifícios e sistemas aquecidos ou resfriados.

### Definições

Produto para isolamento térmico pode ser definido como produto acabado (componente ou elemento) que apresenta a capacidade de reduzir a transmissão de calor através dos elementos da edificação. Existe uma ampla gama de produtos com tal finalidade à disposição no mercado.

Os produtos que são passiveis de credenciamento (dependendo da aplicação) e regulamentados pelo INMETRO com a função primária de tratamento térmico (e/ou acústico) estão descritos abaixo:

- Tubos pré-moldados compostos por materiais minerais, tais como fibra mineral, lã de vidro, lã de rocha, lã cerâmica e silicato de cálcio; e

[25] Portaria INMETRO 120/2021 - Regulamento Técnico da Qualidade e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Caldeiras e Vasos de Pressão de Produção Seriada. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-120-de-12-de-marco-de-2021-310003555

- Tubos pré-moldados compostos por materiais poliméricos, tais como espuma elastomérica, poliéster, poliestireno (EPS e XPS), polietileno, poli-isocianurato (PIR), poliuretano (PUR).

**Indicador de Desempenho Energético**

⇨ Perda de calor máxima permitida (W/m)

**Requisitos de Elegibilidade**

A ser verificado de acordo com o tipo de equipamento.

**Requisitos de Desempenho**

Foi considerado como um exemplo ilustrativo o requisito de desempenho para isolamento térmico de tubulações utilizado do Reino Unido, o qual qualifica o produto de acordo com a perda de calor máxima permitida (W/m) de acordo com o diâmetro da tubulação, conforme Tabela abaixo:

Tabela 30. Requisitos de Desempenho para isolamento térmico de tubulação

| **Domestic Space Heating & Hot Water** | |
|---|---|
| **Temperature 60°C** | |
| Outside pipe diameter (mm) | Permitted Heat loss (W/m) |
| 8 | <= 5.82 |
| 10 | <= 6.20 |
| 12 | <= 6.52 |
| 15 | <= 7.03 |
| 22 | <= 8.02 |
| 28 | <= 8.87 |
| 35 | <= 9.63 |
| 42 | <= 10.58 |
| 54 | <= 11.83 |

*Table reproduced with kind permission from the 'ECA Enhanced' tables of NES Y-50 (2011).*

Fonte: *Enhanced Capital Allowance Scheme for energy efficient technologies*, pg 155.

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

Com base na Portaria INMETRO nº 322/2021 que aprova a Regulamentação Técnica para Produtos para Tratamento Acústico ou Isolamento Térmico para uso na Construção Civil, os produtos para isolamento térmico devem ser enquadrados em classes de reação ao fogo. Foi considerado como exemplo ilustrativo os ensaios recomendados pelo Inmetro para tratamento térmico aplicado em tubulações lineares, conforme tabela abaixo:

Tabela 31 - Classificação da reação ao fogo de produtos para tratamento acústico ou isolamento térmico aplicados em tubulações lineares

| Classe | | Métodos de ensaio | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ISO 1182 | EN 13823 (*SBI*) | ISO 11925-2 |
| IL | | Incombustível ΔT ≤ 30°C<br>Δm ≤ 50%<br>tf ≤ 10 s | - | - |
| IIL | A | Combustível | FIGRA 0,2 MJ ≤ 270 W/s<br>LFS < canto do corpo de prova THR600s ≤ 7,5 MJ<br>SMOGRA ≤ 580 $m^2/s^2$ e TSP600s ≤ 1600 $m^2$ | FS ≤ 150 mm em 60 s (exposição = 30 s) |
| | B | | FIGRA0,2 MJ ≤ 270 W/s<br>LFS < canto do corpo de prova THR600s ≤ 7,5 MJ<br>SMOGRA > 580 $m^2/s^2$ e TSP600s > 1600 $m^2$ | FS ≤ 150 mm em 60 s (exposição = 30 s) |
| IIIL | A | Combustível | FIGRA 0,4 MJ ≤ 460 W/s<br>LFS < canto do corpo de prova THR600s ≤ 15 MJ<br>SMOGRA ≤ 580 $m^2/s^2$ e TSP600s ≤ 1600 $m^2$ | FS ≤ 150 mm em 60 s (exposição = 30 s) |
| | B | | FIGRA 0,4 MJ ≤ 460 W/s<br>LFS < canto do corpo de prova THR600s ≤ 15 MJ<br>SMOGRA > 580 $m^2/s^2$ e TSP600s > 1600 $m^2$ | FS ≤ 150 mm em 60 s (exposição = 30 s) |
| IVL | A | Combustível | FIGRA 0,4 MJ ≤ 2100 W/s SMOGRA ≤ 580 $m^2/s^2$ e TSP600s ≤ 1600 $m^2$ | FS ≤ 150 mm em 60 s (exposição = 30 s) |
| | B | | FIGRA 0,4 MJ ≤ 2100 W/s<br>SMOGRA > 580 $m^2/s^2$ e TSP600s > 1600 $m^2$ | FS ≤ 150 mm em 60 s (exposição = 30 s) |

Fonte: Portaria Inmetro, nº 322/2021.

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 32 : Checklist de Desempenho Energético – Isolamento Térmico

| **Checklist de Desempenho Energético** |
|---|
| ☐ **Indicador de Eficiência Energética Perda de calor máxima permitida (W/m)** |
| ☐**Selo PROCEL** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |

| **Análise de Desempenho Energético** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Descrição | Material (mantas, placas, calhas, etc) | Resistência do Isolante térmico [(m2.k)/W] | Espessura (mm) | Indicador de EE |
| | | | | | |
| | | | | | |

Além do disposto na Portaria Inmetro nº 322/2021, recomenda-se observar as seguintes regulamentações:

- BS 5422:2009 Método para especificação de materiais isolantes térmicos para tubulações, tanques, vasos, dutos e equipamentos operando na faixa de temperatura de -40°C a +700°C;
- ISO 12241: 2008 Isolamento térmico para equipamentos de construção e instalações industriais. Regras de cálculo;
- BS 5970:2012 Isolamento térmico de tubulações, dutos, equipamentos associados e outras instalações industriais na faixa de temperatura de -100°C a +870°C. Código de prática
- ABNT NBR 8660:2013 : Ensaio de reação ao fogo em pisos - Determinação do comportamento com relação à queima utilizando uma fonte radiante de calor.

- ABNT NBR 9442:2019 : Materiais de construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante.
- ABNT NBR 16626:2017 : Classificação da reação ao fogo de produtos de construção
- ASTM E662:2021 : Método de teste padrão para densidade óptica específica de fumaça gerada por materiais sólidos.
- EN 13823:2014 : Reação a testes de fogo para produtos de construção. Produtos de construção excluindo pisos expostos ao ataque térmico por um único item de combustão (SBI).
- ISO 1182:2020 : Testes de reação ao fogo para produtos - Teste de incombustibilidade.
- ISO 11925-2:2010/Cor 1:2011 : Testes de reação ao fogo - Ignitabilidade de produtos sujeitos ao impacto direto de chama - Parte 2: Teste de fonte de chama única.

## 2.6 Recuperadores de Calor

### Finalidade

Os recuperadores ou trocadores de calor recuperam (ou trocam) o calor residual de um fluxo de ar de exaustão para utilizá-lo para aquecer o fluxo de ar de entrada para o mesmo sistema de ventilação.

### Definições

Dispositivos que recuperam o ar de exaustão quente ou frio em um sistema de ventilação de edifício ou processo. Podem ser divididos em uma gama de categorias de acordo com a tecnologia utilizada. Para este catálogo serão consideradas duas categorias principais:

- Trocador de calor tubular (Cascos e Tubos).
- Trocador de calor rotativo (Placas).

### Indicador de Desempenho Energético

⇨ Pressure drop (perda de carga) [Pa]

**Requisitos de Elegibilidade**

Para serem elegíveis, os equipamentos em questão devem conter:

- Ventiladores para ar fornecido e extraído;
- Filtros para o ar fornecido e extraído;
- Sensores com um sistema de controle embutido ou uma interface para uma unidade de controle externa;
- Eficiência de recuperação de calor seco igual ou superior a 78%[26].

**Requisitos de Desempenho**

De acordo com a ETL Reino Unido, os equipamentos referentes a compressores de calor possuem uma margem específica para a perda de carga de acordo com a categoria do produto, as quais são:

- Trocadores de calor de placas – perda de carga ≤ 250 Pa em cada lado
- Trocadores de calor rotativos – perda de carga ≤ 200 Pa em cada lado.

Para que os índices demonstrados sejam considerados como legíveis nos produtos referentes a cogeração no Brasil é necessário que esses valores sejam comprovados e informados pelos fabricantes por meio da apresentação de “certificados de ensaios de tipo”.

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

Sugestão de Padrões Internacionais contendo procedimentos relevantes e condições de realização dos testes de aprovação para esta categoria de equipamentos, com base nos parâmetros utilizados pela ETL Reino Unido.

- ANSI / AHRI 1060 / 1061:2018 “Classificação de desempenho de trocadores de calor ar-ar para ventilação com recuperação de energia”, Instituto de Ar-Condicionado, Aquecimento e Refrigeração.
- ANSI / AHRI 1060 /1061:2014 e 2005.

[26] Ecodesign Commission Regulation (EU) 1253/2014 - União Europeia. Disponível em: https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a65efd48-747b-11e4-b593-01aa75ed71a1

- O Anexo IX da Regulação da União Europeia para o ecodesign de unidades de ventilação apresenta os parâmetros necessários para o cálculo da Eficiência de recuperação de calor seco: Commission Regulation (EU) No 1253/2014[27].

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 33 : Checklist de Desempenho Energético – Recuperadores de calor

| **Checklist de Desempenho Energético** |
|---|
| ☐ **Indicador de Eficiência Energética Perda de carga (Pressure Drop - Pa)** |
| ☐**Selo PROCEL** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |

| **Análise de Desempenho Energético** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Descrição | Tipo de tecnologia | Capacidade térmica (kacl/h) | Vida útil | Eficiência térmica em condições assumidas (Pa) |
| | | | | | |
| | | | | | |

## 2.7 Queimadores

**Finalidade**

Os queimadores abrangem produtos especificamente concebidos para criar e queimar ar e misturas de combustível de forma segura, eficiente e controlada, e para direcionar o calor libertado por combustão para um recipiente pressurizado (ou outra câmara de combustão).

[27] ETL UK, Heat Recovery Ventilation Units - Performance Requirements. Disponível em: https://etl.beis.gov.uk/products/heat-recovery-ventilation-units/heat-recovery-ventilation-units

**Definições**

Queimadores são usados para fornecer calor para caldeiras, aquecedores e processos de água quente, vapor e óleo térmico. São amplamente utilizados na indústria e no comércio para aquecimento de ar, tanques de aquecimento, estufas de secagem, cabines de pintura, máquinas de roto-moldagem, aquecimento de fluidos térmicos entre outras aplicações. Podem ser classificados em:

- Queimadores a Gás;
- Queimadores a Óleo ;
- Queimadores a Biocombustíveis.

Também podem ser subdivididos em categorias de acordo com sua potência que pode variar de 400kW a 1200kW tantos nos queimadores a gás quanto a óleo.

**Indicador de Desempenho Energético**

⇨ Comburentes (Ar)– entre 30 e 50% de excesso de ar

**Requisitos de Elegibilidade**

Para serem elegíveis, os equipamentos devem atender aos seguintes critérios:

- Responder automaticamente às demandas de calor.
- Os produtos não devem exceder os níveis máximos permitidos de oxigênio ($O_2$) - entre 3,0% e 4,8% – e monóxido de carbono (CO) – 20 ppmv – em seus gases de escape em cada um dos pontos de teste[28].

**Requisitos de Desempenho**

O requisito de desempenho do Reino Unido, atualmente os dados mais relevantes e usados para esse tipo de equipamento, refere-se aos níveis máximos de oxigênio ($O_2$) e de monóxido de carbono (CO) ao analisar e realizar testes nos queimadores. De acordo com a ETL Reino Unido, os níveis máximos de oxigênio são medidos nos parâmetros dos pontos de testes entre

[28] ETL UK, Burner with Controls - Performance Requirements. Disponível em: https://etl.beis.gov.uk/products/boiler-retrofit-equipment/burner-controls

3% (alto), 4% (médio) e 4,8% (baixo), sendo que para todos as categorias os níveis encontrados nos pontos altos e médios permanecem os mesmos, sendo que no ponto baixo varia entre 4,8% a 5,0% dependendo da categoria dos queimadores analisados.

Esses valores devem ser comprovados e informados pelos fabricantes por meio da apresentação de “certificados de ensaios de tipo”.

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

Testes internacionais:

- BS EN 676:2003 “Queimadores automáticos de tiragem forçada para combustíveis gasosos”.
- BS EN 267:2009 “Queimadores automáticos de tiragem forçada para combustíveis líquidos”.
- ISO 13579-1:2013 “Fornos industriais e equipamentos de processamento associados. Método de medição do balanço energético e cálculo da eficiência. Metodologia geral”

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 34 : Checklist de Desempenho Energético - Queimadores

| **Checklist de Desempenho Energético** |
|---|
| ☐ **Indicador de Eficiência Energética Comburente (Ar-30 e 50% de excesso de ar)** |
| ☐**Selo PROCEL** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |

| **Análise de Desempenho Energético** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Tipo de tecnologia | Comburente | Potência térmica mínima - máxima (kcal/h) | Combustível | Indicador de EE |
| | | | | | |

Normas Nacionais: NBR 12313:2000 fixa os requisitos mínimos para o sistema de combustão, no que diz respeito à segurança para as condições de partida, operação e parada de equipamentos que utilizem gás[29].

Normais internacionais: EN 676, 2006/42/CE, 2014/30/EU, 2014/35/EU, 2016/426/EU.

## 2.8 Aquecedores

### Finalidade

Evitar o calor desperdiçado em primeiro lugar (controles), geração de calor otimizada por meio de aparelhos de alta eficiência, redução de perdas de transmissão (por exemplo, isolamento de tubos) e promover a recuperação de energia.

### Definições

Os aquecedores de água a gás podem ser definidos como dispositivos que utilizam gás como combustível para produzir calor. Podem ser do tipo instantâneo ou de acumulação.

- Aquecedor de água a gás tipo instantâneo: Aparelho constituído de unidade de aquecimento e acessórios, destinado a elevar de imediato a temperatura da água, sem requerer reservatório próprio de acumulação. Podem ser classificados segundo a tabela abaixo:

[29] ABNT NBR 12313:2000. Disponível em: https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6315/abnt-nbr12313-sistema-de-combustao-controle-e-seguranca-para-utilizacao-de-gases-combustiveis-em-processos-de-baixa-e-alta-temperatura

Tabela 35. Classificação dos aquecedores de água a gás tipo instantâneo pela potência nominal:

| Classe de potência kW (kcal/h) | Potência nominal |
|---|---|
| Pequeno | Menor que 10,5 (9.030) |
| Médio | De 10,5 a 14,0 (9.030 a 12.040) |
| Grande | Maior que 14,0 (12.040) |

Fonte: Portaria Inmetro nº 89, 22 de março de 2022.

- Aquecedor de água a gás tipo de acumulação: Aparelho constituído de reservatório de água, unidade de aquecimento e acessórios. Podem ser classificados conforme a faixa de pressão ou potência especificados nas tabelas abaixo:

Tabela 36. Classificação dos aquecedores de água a gás tipo acumulação quanto à pressão

| Classe de pressão | Pressão máxima de operação |
|---|---|
| Baixa pressão | ≤ 0,4 MPa (4 kgf/cm2) |
| Alta pressão | > 0,4 MPa (4 kgf/cm2) |

Tabela 37. Classificação dos aquecedores de água à gás tipo acumulação quanto à potência nominal

| Classe de potência (referenciada ao PCS) | Potência nominal (P) kW (kcal/h) |
|---|---|
| Pequeno | P < 10,5 (9.030) |
| Médio | 10,5 (9.030) ≤ P < 21,0 (18.060) |
| Grande | 21,0 (18.060) ≤ P ≤ 35,0 (30.100) |

Fonte: Portaria INMETRO nº 89, 22 de março de 2022.

**Indicador de Desempenho Energético**

⇨ Rendimento η (%)

**Requisitos de Elegibilidade**

Para serem elegíveis os produtos devem atender aos seguintes critérios:

- Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) - Faixa de Classificação ENCE: A;
- Rendimento igual ou superior a 84,0% (em vigor a partir de 01 de abril de 2022).

**Requisitos de Desempenho**

Os níveis mínimos de eficiência energética de aquecedores de água para obtenção da etiqueta ENCE são:

- Aquecedores de Água a Gás Tipo Instantâneo: 76%.
- Aquecedores de Água a Gás Tipo Acumulação: 72%.

As faixas de classificação energética dos Aquecedores de Água a Gás Tipo Instantâneo são definidas na Tabela a seguir.

Tabela 38. Classificação PBE para aquecedores tipo instantâneo

| Rendimento η (%) | Classificação PBE |
|---|---|
| $\eta \geq 84$ | A |
| $84 > \eta \geq 82$ | B |
| $82 > \eta \geq 80$ | C |
| $80 > \eta \geq 78$ | D |
| $78 > \eta \geq 76$ | E |

Fonte: Portaria INMETRO nº 89, 22 de março de 2022.

As faixas de classificação energética dos Aquecedores de Água a Gás Tipo Acumulação são definidas na Tabela a seguir.

Tabela 39. Classificação PBE para aquecedores tipo acumulação

| Rendimento η (%) | Classificação PBE |
|---|---|
| $\eta \geq 81$ | A |
| $81 \geq \eta \geq 79$ | B |
| $79 > \eta \geq 77$ | C |
| $77 > \eta \geq 74$ | D |
| $74 > \eta \geq 72$ | E |

Fonte: Portaria INMETRO nº 89, 22 de março de 2022.

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

Ensaios, base normativa e tamanho da amostra para os ensaios iniciais para Aquecedores de Água a Gás Tipo Instantâneo, por família.

Tabela 40. Ensaios para aquecedores tipo instantâneo.

| Ensaio | Referência | Amostragem | | | Critérios de Aceitação |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Prova = 3 (três) unidades | Contraprova = 3 (três) unidades | Testemunha = 3 (três) unidades | |
| Ensaio de estanqueidade | Item 5.3.1 da ABNT NBR 8130 e item D.2.1 do Anexo D | Ensaiar 1 (uma) unidade | Ensaiar 1 (uma) unidade | Ensaiar 1 (uma) unidade | Item 4.8.1 da ABNT NBR 8130 |
| Determinação da potência nominal nas condições-padrão | Item 5.3.3 da ABNT NBR 8130 e no item D.2.2 do Anexo D | | | | Tabela 2 deste RAC e item D.2.2 do Anexo D |
| Ensaio das características higiênicas | Item 5.3.4 da ABNT NBR 8130 e item D.2.3 do Anexo D | | | | Item D.2.3 do Anexo D |
| Ensaio de temperatura da capa e dos controles | Item 5.3.6 da ABNT NBR 8130 item D.2.4 do Anexo D | | | | Item 4.8.5 da ABNT NBR 8130 e item D.2.4 do Anexo D |
| Ensaio de estabilidade de queima | Item 5.3.7 da ABNT NBR 8130 e item D.2.5 do Anexo D | | | | Item 4.8.6 da ABNT NBR 8130 |
| Ensaio de temperatura máxima de saída de água | Item 5.3.8 da ABNT NBR 8130 e no item D.2.6 do Anexo D | | | | Item 4.8.7 da ABNT NBR 8130 |
| Ensaio de tempo de acionamento do dispositivo de segurança de ignição | Item 5.3.9 da ABNT NBR 8130 | | | | Item 4.8.9 da ABNT NBR 8130 |
| Marcação e embalagem | Anexo F | | | | Anexo F |
| Ensaio de estanqueidade da câmara de combustão e de estabilidade de queima com corrente de retorno (aplicável somente para aparelhos com fluxo balanceado - Tipo C em função da exaustão) | Item D.4 do Anexo D | | | | Item D.4 do Anexo D |
| Acendimento de aparelhos com chama piloto (aplicável somente para aparelhos dotados deste dispositivo) | Item D.2.7 do Anexo D | | | | Item D.2.7 do Anexo D |
| Dispositivo supervisor de saída dos produtos da combustão (aplicável somente para aparelhos | Item D.5 do Anexo D | | | | Item D.5 do Anexo D |

Ensaios, base normativa e tamanho da amostra para os ensaios iniciais para Aquecedores de Água a Gás Tipo Acumulação, por família:

Tabela 41. .Ensaio para aquecedores tipo acumulação.

| Ensaio | Referência | Amostragem | | | Critérios de Aceitação |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Prova = 3 (três) unidades | Contraprova = 3 (três) unidades | Testemunha = 3 (três) unidades | |
| Ensaio de estanqueidade | item 3.3 da ABNT NBR 10542 e item D.3.1 do Anexo D | Ensaiar 1 (uma) unidade | Ensaiar 1 (uma) unidade | Ensaiar 1 (uma) unidade | item D.3.1 do Anexo D |
| Ensaio das características higiênicas | itens 3.4.1 e 3.10 da ABNT NBR 10542, e item D.3.2.1 do Anexo D | | | | item D.3.2 do Anexo D |
| Ensaio da Potência Nominal | item 3.5 da ABNT NBR 10542 e item D.3.3 do Anexo D | | | | Tabela 2 deste RAC e no item D.3.3 do Anexo D |
| Ensaio de temperatura da capa e dos controles | item D.3.5 do Anexo D | | | | item D.3.5 do Anexo D |
| Ensaio de estabilidade de queima | item 3.8 da ABNT NBR 10542 e item D.3.6 do Anexo D | | | | item 3.8 da ABNT NBR 10542 e item D.3.6 do Anexo D |
| Ensaio de | item 3.9 da ABNT NBR | | | | item 3.9 da ABNT |

Fonte: Portaria Inmetro nº 89, 22 de março de 2022.

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 42 : Checklist de Desempenho Energético - Aquecedores

| **Checklist de Desempenho Energético** |
|---|
| ☐ **Indicador de Eficiência Energética Rendimento η (%)** |
| ☐**Selo PROCEL** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |

| **Análise de Desempenho Energético** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Modelo | Aplicação | Pressão máxima | Tipo de tecnologia | Indicador de EE |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Adicionalmente ao disposto na Portaria INMETRO nº 89/2022, recomenda-se a observação das regulamentações abaixo:

- Portaria Inmetro nº 200, de 2021: Aprova os Requisitos Gerais de Certificação de Produtos RGCP.
- ABNT NBR 8130:2004: Aquecedor de água a gás tipo instantâneo - Requisitos e métodos de ensaio
- ABNT NBR 10542:2015: Aquecedores de água a gás tipo acumulação – Ensaios
- ABNT NBR 13103:2020: Instalação de aparelhos a gás – Requisitos
- ABNT NBR 14177:2008 Versão Corrigida 2018: Tubo flexível metálico para instalações de gás combustível de baixa pressão
- ABNT NBR NM ISO 7-1:2000: Rosca para tubos onde a junta de vedação sob pressão é feita pela rosca - Parte 1: Dimensões, tolerâncias e designação

## 2.9 Fornos

### Finalidade

São equipamentos que atingem altas temperaturas e que são utilizados em uma variedade de processos, tais como: torrefação de lúpulo de cerveja, fabricação de cerâmica, entre outros. Também conhecidos como estufas, são equipamentos que são revestidos com materiais especializados devido a altíssimas temperaturas que podem atingir.
Fornos são equipamentos destinados ao aquecimento de materiais, com vários objetivos: cozimento, fusão, calcinação, tratamento térmico, secagem, etc.

### Definições

O gás natural é uma fonte comum de combustível para diversos fornos. Alguns fornos podem utilizar o gás propano, ou até mesmo madeira. Durante o processo de queima, o exterior do forno pode atingir altas temperaturas, para isto, o local deve ser isolado, de modo que ao redor do forno seja permitido somente pessoas autorizadas. A temperatura é monitorada com o uso de ferramentas como cones pirométricos e termômetros. Como pequenas diferenças de temperatura podem ter um impacto negativo sobre as mercadorias, podendo danificá-las, é

extremamente importante manter um controle de temperatura de um forno para que a produção possa ser corrigida em caso de desvios.
Sua classificação baseia-se no relacionamento entre o combustível, os produtos da combustão e o material em processamento.

**Indicador de Desempenho Energético**

⇨ Comburente (Ar – % de excesso de ar)

**Requisitos de Elegibilidade**

Optou-se por considerar os requisitos de elegibilidade, desempenho e testes atribuídos à categoria queimadores (Item 2.7), uma vez que ambos fazem parte do conjunto de um forno. Os fabricantes terão de apresentar certificado de conformidade recebido de um Organismo de Certificação de Produto (OCP) autorizado pelo instituto. O valor de referência estabelecido para elegibilidade é de 21% de excesso de ar presente nos gases de combustão.

**Requisitos de Desempenho**

- Ser formado por uma estrutura metálica composta de vigas, cantoneiras e chapas de aço a fim de suportarem o seu peso e as dilatações provocadas pelas variações de temperaturas.
- Alguns fornos, devido às condições de trabalho, exigem que certas partes do mesmo sejam mantidas arrefecidas.
- Os fornos na siderurgia e metalurgia, quando possuem duas a três zonas de aquecimento, exigem um resfriamento contínuo com água, nas vigas que sustentam a abóbada na zona superior de aquecimento[30].

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

Tomamos como exemplo um estudo realizado em um forno que utiliza o gás natural (GN) e gás de alto-forno (GAF), onde foi implantado um projeto de injeção de oxigênio, com o intuito

[30] Fonte:http://cntq2.hospedagemdesites.ws/wp-content/uploads/2013/05/FORNOS.pdf

de aumentar o rendimento do equipamento e diminuir o consumo de GN, pois esse combustível é comprado e representa 40% do consumo global do planeta.

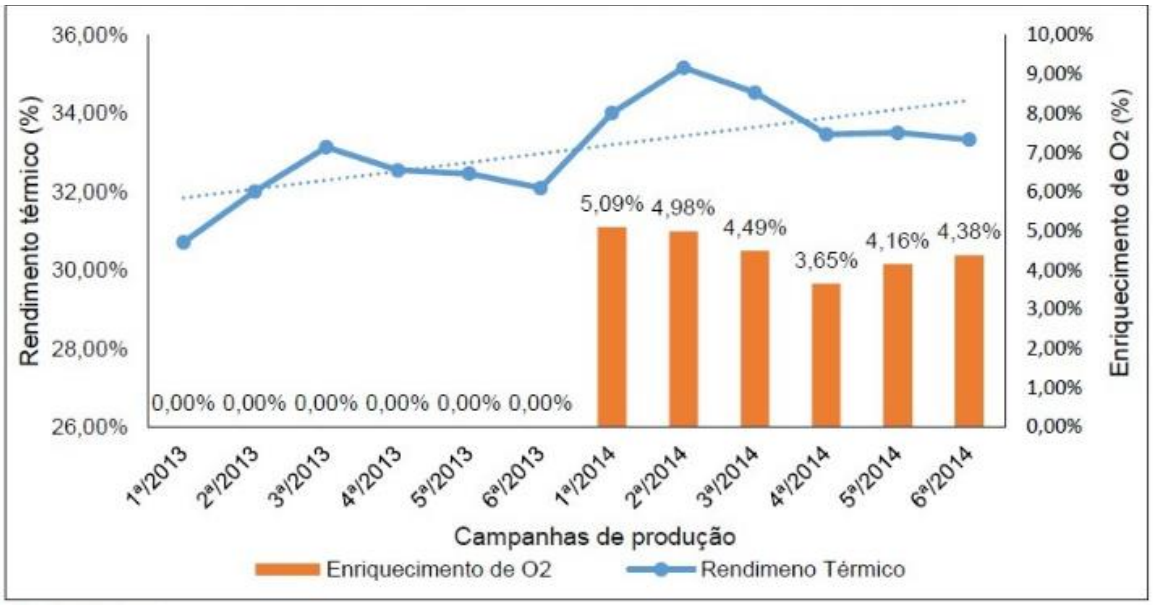



Figura 14. Influência do enriquecimento de Oxigênio

Fonte: https://www.linkedin.com/pulse/efici%C3%AAncia-energ%C3%A9tica-em-fornos-industriais-abilio-teixeira/

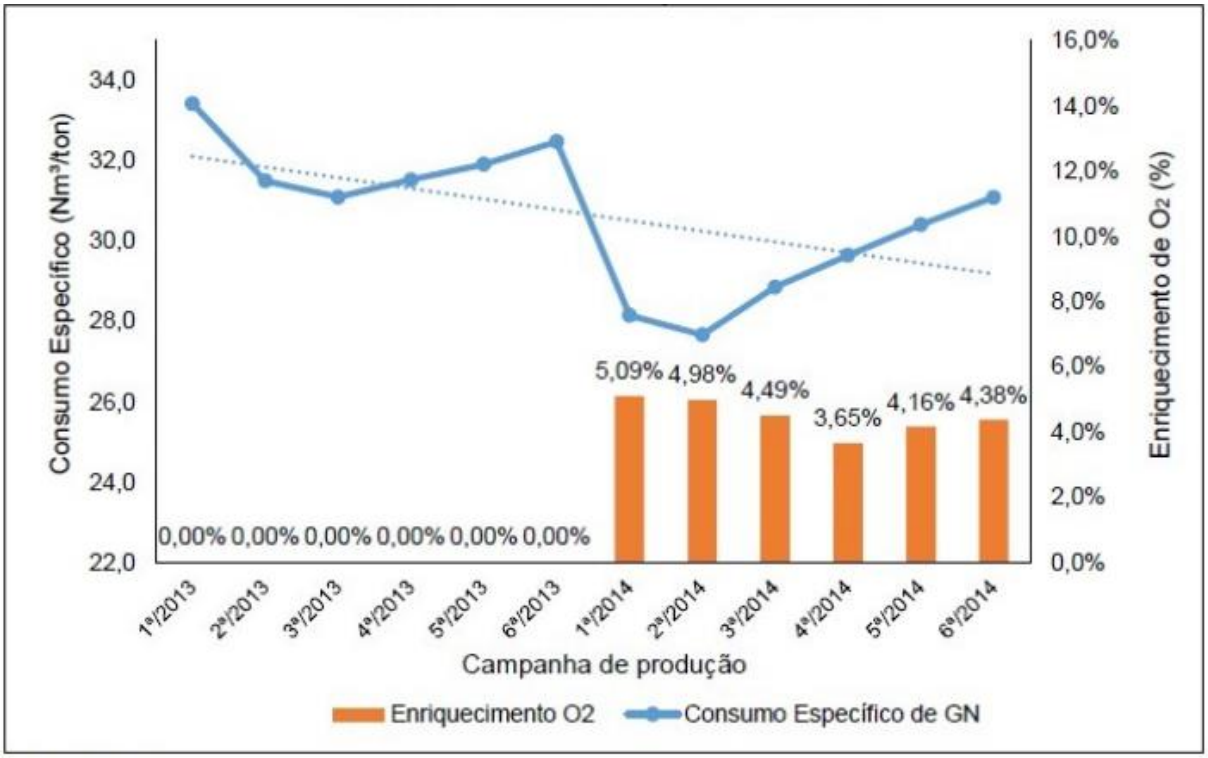



Figura 15. Consumo específico de gás natural

Fonte: https://www.linkedin.com/pulse/efici%C3%AAncia-energ%C3%A9tica-em-fornos-industriais-abilio-teixeira/

Conclui-se que ao enriquecer de oxigênio no processo houve vários benefícios, como a redução do consumo específico de GN e consequentemente o aumento do rendimento térmico do forno. Em equipamentos dessa magnitude as possibilidades de melhorias são inúmeras, como exemplo, pode-se citar o aumento da temperatura das placas no enfornamento, melhorias no isolamento do forno, e controle de todas as saídas de energia, entre outros.

**Processo de conformidade para o cadastro**

O INMETRO, órgão responsável por determinar os requisitos obrigatórios, credita os OCPS (Organismos de Certificação dos Produtos) para que os mesmos possam obter a partir de auditorias do serviço de atendimento ao cliente e da fábrica, as certificações necessárias para os equipamentos fornos. Além disso se faz necessário aplicação de plano de ensaios de

segurança mecânica, elétrica e de avaliação da eficiência e do consumo de energia nos eletrodomésticos, e isso deve ser feito com base em normas nacionais, regionais, internacionais e/ou regulamentos técnicos definidos na portaria vigente.

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 43 : Checklist de Desempenho Energético - Fornos

| **Checklist de Desempenho Energético** |
|---|
| ☐ **Indicador de Eficiência Energética Comburente (Ar-21% de excesso de ar)** |
| ☐**Selo PROCEL** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |

| **Análise de Desempenho Energético** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Aplicações | Tipo de Tecnologia | Vida Útil (anos) | Indicador de EE |
| | | | | |
| | | | | |

## 2.10 Cogeração

### Finalidade

A cogeração ou *Combined Heat and Power* - CHP, consiste em equipamentos que produzem simultaneamente calor e energia (geralmente elétrica) em um único processo ou a partir de um único combustível. Estes equipamentos são feitos sob medida e suas configurações são, pela sua natureza, estabelecidas conforme a aplicação e de acordo com o fabricante, de modo que atenda às exigências energéticas e ambientais.

**Definições**

Plantas de cogeração (convencional, célula de combustível ou biomassa, excluindo carvão) de alta eficiência são configuradas para que a carga de base de calor e a demanda de eletricidade necessária sejam atendidas, bem como os requisitos mínimos de eficiência.

**Indicador de Desempenho Energético**

⇨ Combustível (% energia útil)l

A tecnologia da cogeração utiliza 85% da energia do combustível tornando assim a eficiência energética do equipamento bem mais elevada.

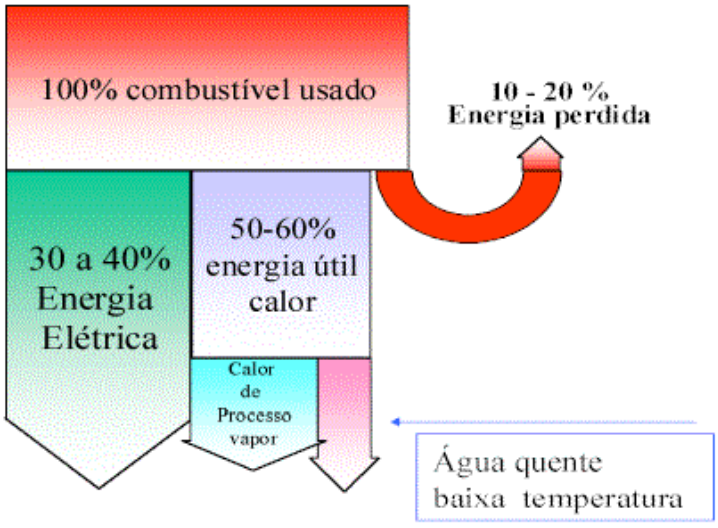



Figura 16. Esquema gráfico do aproveitamento de energia pela combustão

Fonte: Instituto Nacional de Eficiência Energética

**Requisitos de Elegibilidade**

Tomamos como exemplo didático o modelo de elegibilidade da ETL Reino Unido. É necessária uma certificação caso a caso, para assegurar o apoio à CHP de "boa qualidade". A certificação é obtida utilizando o programa CHP *Quality Assurance* (CHPQA)[31].

**Requisitos de Desempenho**

De acordo com a ETL Reino Unido fica especificado que:

- Todos os novos esquemas ou atualizações, exceto para os casos especiais mencionados abaixo – limite de eficiência de energia ≥ 20% sob operação anual de longo prazo.
- Todos os novos esquemas ou atualizações que usam apenas biomassa ou combustíveis de resíduos sólidos ou líquidos – limite de eficiência de energia ≥ 10% sob operação anual de longo prazo.
- Todos os novos esquemas ou atualizações que usam parte biomassa ou combustíveis de resíduos sólidos ou líquidos – limite de eficiência de energia ≥ (20 – 10 x Fw) sob operação anual de longo prazo.

Para que os índices demonstrados sejam considerados como legíveis nos produtos referentes a cogeração no Brasil é necessário que esses valores sejam comprovados e informados pelos fabricantes por meio da apresentação de “certificados de ensaios de tipo”.

**Testes, ensaios técnicos, medições e cálculos relevantes**

Não foi encontrado procedimento padronizado, uma vez que a fabricação do referido eequipamento é feita sob demandas específicas.

[31] Mais informações sobre os critérios de elegibilidade para CHP e o programa CHPQA podem ser encontradas em http://chpqa.decc.gov.uk

**Processo de conformidade para o cadastro**

Para o credenciamento, os equipamentos devem atender aos critérios do regulamento geral do CATÁLOGO. Adicionalmente, sugere-se a observação dos critérios de desempenho abaixo:

Tabela 44 : Checklist de Desempenho Energético - Cogeração

| **Checklist de Desempenho Energético** |
|---|
| ☐ **Indicador de Eficiência Energética Combustível por kWh** |
| ☐**Selo PROCEL** |
| ☐**Etiqueta ENCE A** |

| **Análise de Desempenho Energético** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fornecedor | Descrição | Tipo | Potência de aquecimento (kW) | Potência elétrica gerada (kW) | Consumo de Combustível (por kWh) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

**Deutsche Gesellschaft für**
**Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**
Agência Alemã de Cooperação Internacional
GIZ Agência Brasília
SCN Quadra 01 Bloco C Sala 1501
Ed. Brasília Trade Center
70.711-902 Brasília/DF
+55-61-2101-2170
www.giz.de/brasil

Por meio da:
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
PotencializEE Programa Investimentos Transformadores em Eficiência Energética na Indústria
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
SENAI
DESENVOLVE SP O BANCO DO EMPREENDEDOR
SÃO PAULO GOVERNO DO ESTADO
ABESCO Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
BNDES
epe Empresa de Pesquisa Energética

APOIO

FIESP CIESP

APOIO FINANCEIRO

NAMA Facility
On behalf of
Supported by:
Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action
on the basis of a decision by the German Bundestag
Department for Business, Energy & Industrial Strategy
Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities
CHILDREN'S INVESTMENT FUND FOUNDATION