



Manual de Instalação, Operação e Manutenção Reatores a núcleo de ar

Emissor Revisor Aprovador

Elaborado por	MRM
Revisado por	BGD
Aprovado por	AGF

CONTROLE DE REVISÃO

Revisão	Data
10	22/07/2025



ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	OBJETIVOS	3
1.2	REFERÊNCIAS	3
2	DETALHES CONSTRUTIVOS	5
2.1	TECNOLOGIAS	5
2.2	COMPONENTES	5
3	TRANSPORTE, RECEBIMENTO, DESEMBALAGEM E ARMAZENAMENTO	7
3.1	TRANSPORTE	7
3.2	RECEBIMENTO	8
3.3	DESEMBALAGEM	8
3.3.1	INSTRUÇÕES	8
3.3.2	INSPEÇÃO APÓS DESEMBALAGEM	9
3.4	ARMAZENAMENTO	9
4	IÇAMENTO	10
5	MONTAGEM	10
5.1	INSTRUÇÕES DE MONTAGEM	10
5.1.1	Nivelamento dos reatores	11
5.2	TORQUE DE APERTO DOS PARAFUSOS	11
6	ASPECTOS DE INSTALAÇÃO	12
6.1	CONEXÕES ELÉTRICAS	12
6.2	DISTÂNCIAS MAGNÉTICAS	12
6.3	DISTÂNCIAS ELÉTRICAS	15
6.4	ATERRAMENTO DOS PEDESTAIS E ESTRUTURAS METÁLICAS	16
6.5	NOTAS PARA ANÉIS ANTI-CORONA (SE INCLUSOS)	17
7	COMISSIONAMENTO	21
8	MANUTENÇÃO	22
8.1	INFORMAÇÕES GERAIS E PERIODICIDADE DE MANUTENÇÃO	22
8.2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA/PREDITIVA	23
8.2.1	PROCEDIMENTOS	23
8.3	PINTURA	24
8.3.1	RETOQUES DE PINTURA	25
8.3.2	REPINTURA	26
9	REATORES INSTALADOS ABRIGADOS E/OU CUBÍCULOS METÁLICOS	27
10	EFEITOS AMBIENTAIS	28
11	ANEXO 1 - FORMULÁRIO DE COMISSIONAMENTO	29



1 INTRODUÇÃO

Este manual deve ser cuidadosamente consultado antes da abertura da embalagem do equipamento.

Ele apresenta informações essenciais, incluindo orientações de segurança para manuseio, bem como instruções para instalação e manutenção.

O equipamento fornecido foi produzido de acordo com as especificações contratuais, diretrizes gerais e normas técnicas aplicáveis.

1.1 OBJETIVOS

Apresentar informações referentes à Instalação, Operação e Manutenção de Reatores a núcleo de ar fabricados pela GE Vernova, Itajubá, Brasil (AIB).

1.2 REFERÊNCIAS

- [1] **ABNT NBR 5356-6:** Reatores para sistemas de potência;
- [2] **IEC 60076-6:** Power transformers. Part 6: Reactors;
- [3] **ANSI IEEE Std C57.16:** Standard requirements, terminology, and test code for dry type air core series-connect reactors;
- [4] **ANSI IEEE Std C57.21:** Standard requirements, terminology, and test code for shunt reactors rated over 500 kVar;
- [5] **ANSI IEEE Std C57.32:** Standard requirements, terminology, and test procedure for neutral grounding devices.



O REATOR E SEUS ACESSÓRIOS, INCLUINDO SUA ESTRUTURA SUPORTE, DEVEM SER CONSIDERADOS COMO PARTES VIVAS APÓS A ENERGIZAÇÃO.

TODOS OS ENVOLVIDOS COM TRANSPORTE, INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE REATORES COM NÚCLEO DE AR DEVEM LER ESTE MANUAL DE INSTRUÇÕES ANTES DE MANUSEAR O EQUIPAMENTO.

2 DETALHES CONSTRUTIVOS

2.1 TECNOLOGIAS

Este manual se aplica exclusivamente aos reatores com núcleo de ar.

FED – Fiberglass Encapsulated Design

MCD – Multi-Wire Cable Design

FTC – Flat Transposed Cable

Nestas tecnologias, o enrolamento do reator é composto por vários condutores (fios ou cabos) conectados em paralelo formando cilindros. Cada condutor é isolado através de enfaixamento helicoidal por filme isolante e os condutores de um mesmo cilindro são imobilizados mecanicamente e encapsulados por filamentos de fibra de vidro impregnados em resina. Dependendo das características nominais do reator, um ou mais cilindros são conectados em paralelo entre suas cruzetas, onde são igualmente fixados os terminais de entrada e saída do(s) enrolamento(s). Os cilindros são separados por espaçadores de fibra de vidro, formando dutos de resfriamento.

OSD – Open Style Design

Na tecnologia OSD, o enrolamento do reator é composto por perfis condutores de alumínio com seção retangular. Estes perfis são dimensionados para suportar as correntes de acordo com cada aplicação e são separados em intervalos iguais por meio de calços de alta resistência mecânica. Nas extremidades dos enrolamentos as duas cruzetas de alumínio são firmemente interligadas por meio de tirantes isolados de fibra de vidro de alta resistência mecânica. Todos os materiais utilizados são compatíveis à classe de isolamento do equipamento.

2.2 COMPONENTES

Cruzetas: formadas por barras chatas de alumínio, soldadas a um perfil cilíndrico em alumínio.

Enrolamentos: formados por condutores montados helicoidalmente, formando por sua vez, cilindros que são conectados em paralelo.

Terminais: pontos de conexão elétrica do equipamento, geralmente uma extensão da cruzeta, cuja orientação e padrão de furação obedece às necessidades do cliente.

Espaçadores: perfis de fibra de vidro e resina. Tem por função distanciar os diferentes cilindros do equipamento, permitindo que sejam criados dutos que auxiliam em sua refrigeração.

Amarrações entre braços: amarrações em fibra de vidro impregnadas em resina que conferem rigidez mecânica sobretudo às solicitações assimétricas dos eventos de curto-circuito.

Amarrações de cilindro (verticais): amarrações em fibra de vidro impregnadas em resina que garantem a fixação dos cilindros dos enrolamentos às cruzetas superior e inferior.

Item	Descrição
A	Cruzeta / Terminais
B	Enrolamento
C	Revestimento do enrolamento em fibra de vidro
D	Condutor (es)
E	Cruzeta / Terminais
F	Isolador suporte
G	Pedestais de base
H	Anel de fibra de vidro
I	Espaçador de fibra de vidro

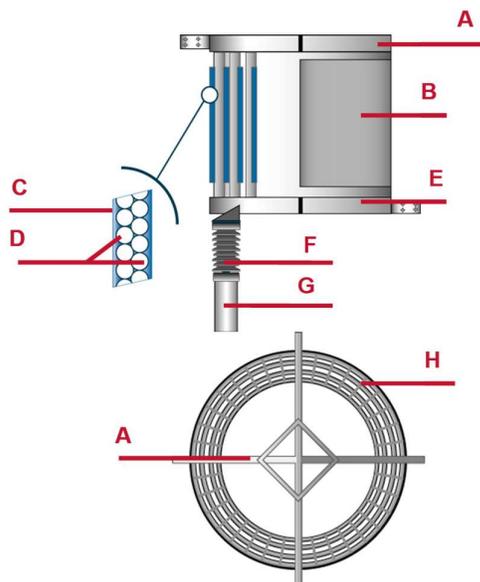


Figura 1 - Reatores FED

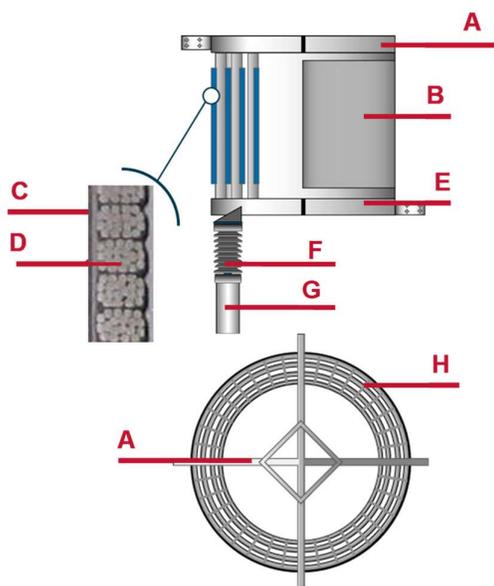


Figura 2 - Reatores MCD/FTC

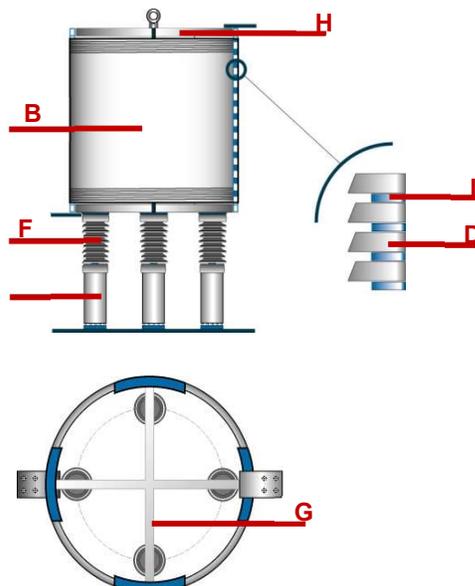


Figura 3 - Reatores OSD

Sapatos de montagem: perfis (de alumínio ou aço inoxidável), soldados ou aparafusados na cruzeta do reator, de modo a prover o encaixe mecânico do reator à sua base e entre os reatores (montagem empilhada).

Pedestais distanciadores: pedestais colocados entre as sapatas de base dos reatores e os isoladores, visando distanciar a campânula destes do enrolamento (reatores com altos níveis de campo magnético) e/ou como adaptação para encaixe mecânico do equipamento.

Pedestais de base: pedestais colocados abaixo dos isoladores, por sua vez, montados diretamente sobre a fundação do equipamento.

3 TRANSPORTE, RECEBIMENTO, DESEMBALAGEM E ARMAZENAMENTO

3.1 TRANSPORTE

Os reatores GE são transportados em embalagens próprias para transporte terrestre, marítimo ou aéreo, atendendo às principais regulamentações internacionais.

Todo o trajeto, desde a expedição na fábrica até o local de armazenamento e, posteriormente, até o ponto de instalação, deve ser realizado com o equipamento ainda acondicionado em sua embalagem original, utilizando-se meios de transporte e içamento apropriados. Seguir as recomendações indicadas na embalagem e manuais de instrução.

Durante o transporte, é fundamental que as unidades estejam corretamente posicionadas nos veículos, respeitando os métodos de fixação recomendados.

Devem ser seguidos rigorosamente os limites de velocidade indicados nas etiquetas da carga e documentação do equipamento, de forma a garantir a integridade dos equipamentos.

A maioria dos reatores e acessórios é acondicionada sobre pallets, o que permite sua movimentação por empilhadeiras. Já os modelos de maior porte exigem o uso de guindastes para içamento, utilizando-se os pontos de elevação indicados no manual específico e sinalizados na embalagem do equipamento.

Geralmente cada embalagem contém apenas uma unidade monofásica, podendo ou não conter os pedestais e isoladores. Dependendo das dimensões e peso, duas ou três unidades podem ser embaladas dentro da mesma embalagem, de forma empilhada ou lado a lado.

Notas:

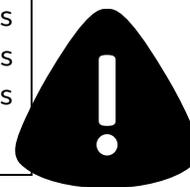
- **Em caso de acidentes ou danos no reator e/ou embalagem durante o transporte, os procedimentos listados na sessão “Recebimento” deverão ser integralmente obedecidos.**
- **Não é recomendado o empilhamento de caixas para transporte ou armazenamento, a menos que haja autorização prévia pela GE.**

3.2 RECEBIMENTO

O responsável pelo recebimento dos reatores deve seguir os seguintes procedimentos:

- 1) Verificar as condições das embalagens no ato do recebimento, se possível, ainda em cima do caminhão;
- 2) Verificar a quantidade e o conteúdo das embalagens, confrontando os itens recebidos — incluindo equipamentos, materiais e acessórios — com os documentos de fornecimento (nota fiscal, lista de embalagem e/ou pedido de compra), assegurando que tudo esteja conforme o especificado;
- 3) Caso sejam encontradas avarias ou danos em uma ou mais embalagens, deve-se:
 - a) Informar o motorista do caminhão sobre os danos e questionar se teria ocorrido algum incidente durante o transporte;
 - b) Registrar no Conhecimento de Transporte, no mínimo, as seguintes informações: número da embalagem e/ou número de série do equipamento, descrição dos danos encontrados e relato do motorista;
 - c) Tirar fotos de todos os danos encontrados, identificando claramente o(s) número(s) da embalagem e/ou número(s) de série do(s) reator(es);
 - **Caso o transporte seja de responsabilidade do cliente:**
 - Acionar a Companhia de Seguros e seguir suas orientações;
 - Comunicar o ocorrido à GE e aguardar instruções técnicas de como proceder com a carga danificada. Abrir as embalagens somente após autorização da GE.
 - **Caso o transporte seja de responsabilidade GE:**
 - Comunicar a GE imediatamente e manter as embalagens como foram recebidas de modo que possam ser inspecionadas e vistoriadas, caso seja necessário;
 - Aguardar instruções técnicas de como proceder com a carga danificada. Abrir as embalagens somente após autorização da GE.

Recomenda-se que os equipamentos sejam transportados em suas embalagens originais por, no máximo, até 2 meses após o recebimento. Antes de qualquer transporte ou movimentação, deve-se verificar se as embalagens estão em boas condições.



3.3 DESEMBALAGEM

3.3.1 INSTRUÇÕES

Instruções conforme manual MIRPC-001-A1.



3.3.2 INSPEÇÃO APÓS DESEMBALAGEM

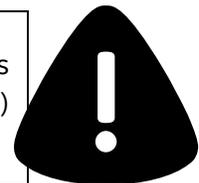
Após desembalagem, o reator deverá ser cuidadosamente inspecionado conforme segue:

- 1) Conferir se o conteúdo da embalagem está de acordo com o descrito na Nota Fiscal;

NOTA:

- **O cliente deverá imediatamente informar à GE caso o conteúdo recebido esteja diferente do descrito na nota fiscal e/ou se há componentes de escopo GE que não foram fornecidos.**
- 2) Verificar todas as terminações de fios/cabos nas cruzetas superior e inferior, entre a conexão soldada e o cilindro à procura de fios/cabos rompidos.
 - 3) Verificar todas as amarrações (entre braços de cruzeta e verticais), caso existam.
 - 4) Verificar se há danos na pintura / superfície do encapsulamento do reator (interna e externa).
 - 5) Inspecionar cuidadosamente a região entre os cilindros dos reatores para garantir que não haja objetos metálicos soltos ou alojados, como parafusos, porcas, arruelas ou outros elementos que possam comprometer a integridade do equipamento ou sua operação.
 - 6) Caso sejam encontradas avarias ou danos:
 - a) Tirar fotos de todos os danos encontrados, identificando o reator por seu número de série (placa de dados);
 - b) Comunicar a GE imediatamente e aguardar instruções de como proceder com o reator danificado.

Caso existam dispositivos de segurança para içamento (como metalons ou barras de aço entre as cruzetas inferior e superior), estes somente poderão (e deverão) ser removidos após a montagem dos reatores em sua posição final.



3.4 ARMAZENAMENTO

O armazenamento do reator deverá seguir as orientações abaixo:

- **Ambiente interno:**

Embalagem na vertical: Armazenar na embalagem original, realizando inspeção a cada 4 meses. Após 2 anos, retirar a embalagem plástica.

Embalagem na horizontal: Armazenar por até 2 meses na embalagem original. Após esse período, remover da embalagem e posicionar na vertical com calçamento.

- **Ambiente externo:**

Embalagem na vertical: Para embalagem em madeira, armazenar por até 2 meses na embalagem original; para embalagem metálica, até 8 meses. Após esse período, remover a embalagem plástica e inspecionar a embalagem original a cada 4 meses. Em caso de deterioração, proceder com a remoção da embalagem e realizar o calçamento, de modo a manter o equipamento protegido contra contato direto com água, lama ou solo. Avaliar o calçamento a cada 4 meses.

Embalagem na horizontal: Armazenar por até 2 meses na embalagem original. Após esse período, remover da embalagem e posicionar na vertical com calçamento. Avaliar o calçamento a cada 4 meses.

- **Orientações gerais:**

- Garanta que os pallets ou caixas com reatores estejam posicionados sobre suportes adequados, de modo a mantê-los elevados e protegidos contra contato direto com água, lama ou solo.
- Recomenda-se transportar os equipamentos nas embalagens originais por até 2 meses após o recebimento. Após esse período, verificar as condições das embalagens antes do transporte.
- Nunca armazenar o reator com suas sapatas de montagem em contato direto com o solo. Calços de aço ou madeira devem garantir um afastamento mínimo de 10 cm entre o solo e o equipamento.
- Não é recomendado empilhar caixas para transporte ou armazenamento, exceto quando autorizado pela GE.
- Os acessórios (isoladores, top hats, skirts etc.) devem ser armazenados em ambiente interno, sempre em suas embalagens originais.
- Para armazenagem externa, no caso de acúmulo de neve ou chuva em baixas temperaturas, recomenda-se cobrir a embalagem ou os dutos dos reatores para prevenir a formação de gelo entre os cilindros do equipamento.

4 IÇAMENTO

Instruções conforme manual MIRPC-001-A1.

5 MONTAGEM

5.1 INSTRUÇÕES DE MONTAGEM

Instruções conforme manual MIRPC-001-A2.

5.1.1 Nivelamento dos reatores

Para o nivelamento do equipamento, o reator deve ser içado e posicionado próximo à estrutura de suporte (isoladores ou pedestais), mantendo uma distância aproximada de 5 mm.



Figura 4: Distância de 5 mm entre a base do reator e estrutura suporte.

Verifique se existem desalinhamentos em qualquer um dos pontos entre a sapata do reator e a estrutura suporte. Calços podem ser usados para compensar os espaços que possam aparecer.

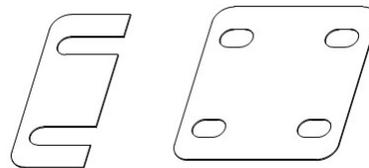


Figura 5: Calços de compensação (fornecidos para grandes reatores)

5.2 TORQUE DE APERTO DOS PARAFUSOS

A tabela abaixo apresenta o torque recomendado para aperto dos parafusos das conexões elétricas e outras conexões.

Parafuso Métrico	Parafuso UNC	Conexão Elétrica (Terminal)		Isoladores e Pedestais		Outras conexões (*)	
		(daN.m)**	(lbf.ft)	(daN.m)**	(lbf.ft)	(daN.m)**	(lbf.ft)
M5 or M6	1/4"	-	-	-	-	1 – 1.5	7 – 11
M8	5/16"	-	-	-	-	1.5 – 2	11 – 15
M10	3/8"	3 – 4	22 – 30	-	-	2 – 3	15 – 20
M12	1/2"	4.5 – 5	30 – 40	4.5 – 5.5	30 – 40	3 – 4	20 – 30
M16	5/8"	7 – 8	50 – 60	12 – 14	80 – 100	-	-
M20	3/4"	10 – 12	73 – 88	16 – 18	118 – 132	-	-



Notas:

* Outras conexões: Peças de fibra de vidro ou plásticas, suportes de anel corona.

** 1 daN.m = 10 N.m \approx 1 kgf.m

6 ASPECTOS DE INSTALAÇÃO

6.1 CONEXÕES ELÉTRICAS

As conexões elétricas do reator devem seguir as seguintes instruções:

- 1) Através de um conector apropriado, fixar os condutores de entrada e saída (cabos, barras ou tubos) nos terminais de linha do reator (normalmente uma barra chata localizada nas cruzetas do equipamento), respeitando os torques de aperto recomendados na sessão anterior. Recomendamos o uso de parafusos de aço inoxidável para ambos conector e terminal para evitar pontos de aquecimento.
- 2) Geralmente, os terminais de entrada/saída dos reatores são intercambiáveis (exceto quando definidos em desenho dimensional). Entretanto, recomenda-se que todos os reatores de um mesmo sistema (projeto) sejam conectados da mesma forma.
- 3) Verificar se o material do terminal é compatível com o material dos condutores de linha, para evitar corrosão galvânica do alumínio (por exemplo: não deve ser realizado o contato direto de cabos de cobre com terminais de alumínio).
- 4) Se necessário, chapas de cobre estanhado ou conectores de bronze podem ser utilizados para estabelecer o contato elétrico aos terminais do reator.
- 5) Para instalação após longos períodos de armazenagem, as superfícies de contato devem ser polidas com uma escova fina de aço ou lixa fina juntamente com vaselina lubrificante não ácida, que também contribuirá para evitar corrosão do alumínio. A corrosão pode aumentar a resistência de contato e, conseqüentemente, causar aquecimento excessivo nos pontos de contato.

6.2 DISTÂNCIAS MAGNÉTICAS

O campo magnético do reator pode causar a circulação de correntes induzidas em partes metálicas localizadas nas proximidades do equipamento (por exemplo: malha de terra, ferragem das fundações, estruturas metálicas de elevação, cercas metálicas, etc.). Para evitar aquecimento excessivo devido às induções de corrente, a instalação dos reatores deve respeitar as distâncias magnéticas recomendadas no desenho dimensional do reator, a menos que exceções sejam previamente aprovadas pela GE.

Notadamente, duas regiões devem ser respeitadas:

- Região de fronteira **MC1** para a instalação:
 - Dentro da região MC1, não é recomendada a instalação de qualquer estrutura metálica, mesmo sem formação de laços fechados, exceto partes metálicas para conexão aos terminais dos reatores (conectores, cabos ou tubos de conexão) e isoladores.
 - Entre a região MC1 e MC2, é permitida a instalação de partes metálicas pequenas ou sem formação de laços fechados.
 - “Partes metálicas pequenas”: estruturas suportes de materiais não magnéticos (alumínio ou aço inoxidável).
- Região de fronteira **MC2** para a instalação:
 - A partir da região MC2, é permitida a instalação de grandes partes metálicas, inclusive com formação de laços fechados.
 - “Grandes partes metálicas”: cercas metálicas, painéis, equipamentos auxiliares (para raios, disjuntores, etc), postes e vigas de aço, chapas de aço posicionadas na horizontal, concreto armado com aço estrutural formando laços fechados, materiais ferromagnéticos, estruturas de aço.

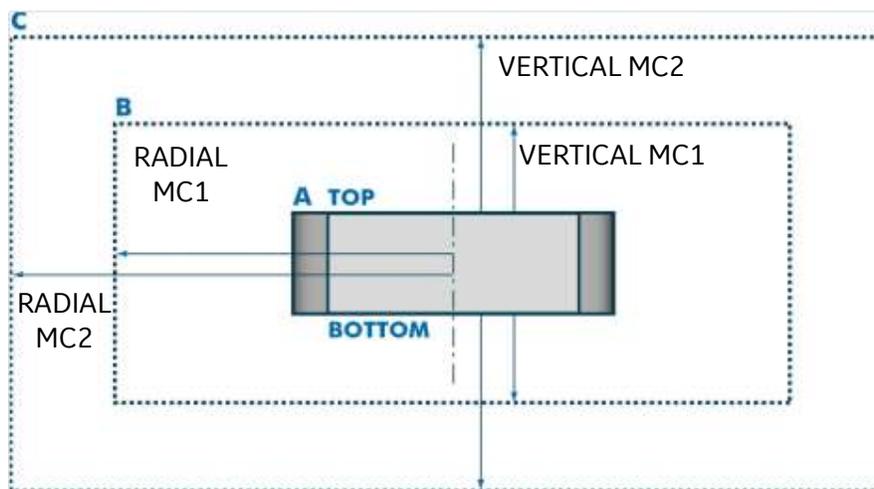
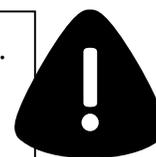


Figura 6:Distâncias magnéticas MC1 e MC2

- Mantenha partes metálicas não formando laços fechados fora da zona B (MC1).
- Mantenha partes metálicas formando laços fechados fora da zona C (MC2).
- As distâncias magnéticas mínimas a serem respeitadas para instalação dos reatores estão indicadas nos desenhos dimensionais dos reatores.



Nota: Referências – IEEE Standard C57.16 Annex “E” e ICNIRP Guidelines – 2020.

Caso o cliente opte por realizar o reforço da fundação por meio de vergalhões não metálicos (ex. fibra de vidro), conforme imagem abaixo e caso não haja nenhum elemento metálico próximo ao reator (ex. malha de aterramento e afins), é possível deixá-lo a uma distância inferior a MC1 de sua fundação. Contudo, ainda deverá ser respeitada a distância elétrica vertical mínima de acordo com o nível de tensão da instalação.



Figura 7: Reforço da fundação utilizando material não metálico (fibra de vidro)

Caso o cliente opte por realizar o reforço utilizando vergalhão convencional de aço, é possível que o reator fique a uma distância inferior a MC2 de sua fundação. Contudo, é necessário garantir pelo menos o distanciamento MC1, bem como a não formação de laços fechados por meio de isolamentos utilizando pequenos dutos poliméricos, conforme apresentado abaixo.



Figura 8: Isolamento magnético das ferragens da fundação



6.3 DISTÂNCIAS ELÉTRICAS

A disposição dos cabos de conexão dos reatores deve obedecer a um distanciamento mínimo para que sejam evitados problemas dielétricos. A distância a ser garantida é em função do nível básico de isolamento do equipamento conforme esquema a seguir. Por favor, contacte a GE em caso de restrições de espaço para a instalação do equipamento.

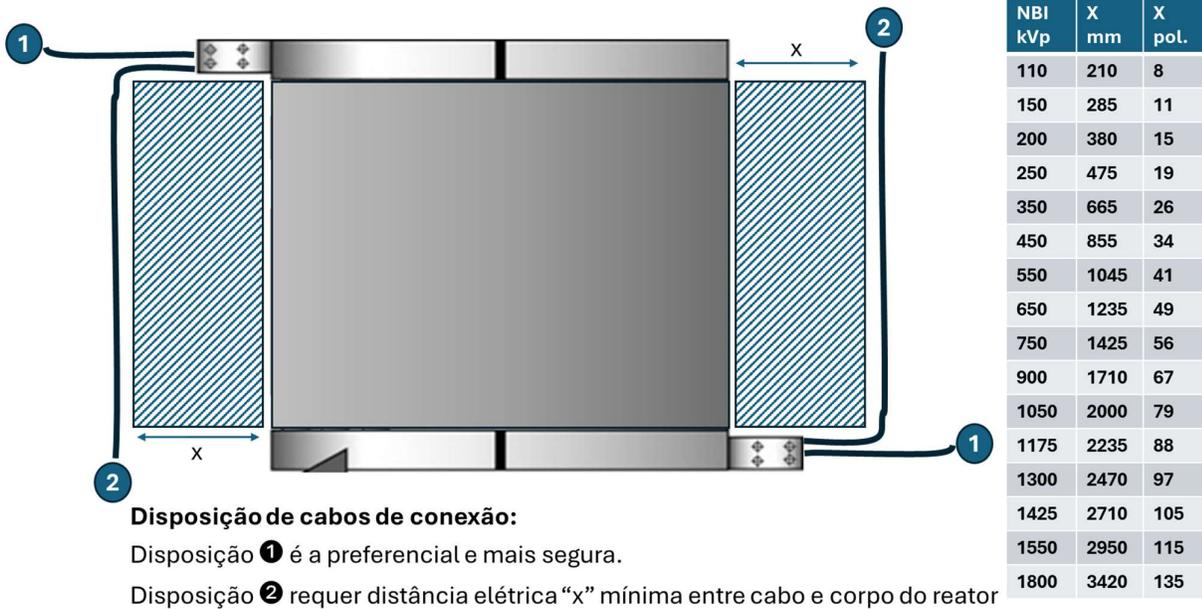


Figura 9: Distâncias elétricas para conexão dos cabos do reator

Exemplos de ligações da maneira errada de conexão e de duas maneiras corretas são apresentados a seguir.

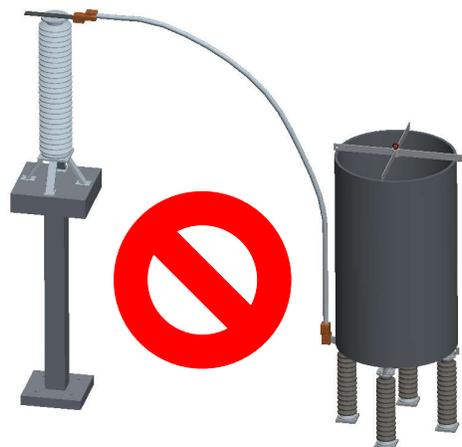


Figura 10: Exemplo de ligação incorreta. Cabo muito próximo à superfície externa do equipamento.



Figura 11: Exemplo de ligações corretas. Cabo com distanciamento apropriado da superfície do equipamento.

6.4 ATERRAMENTO DOS PEDESTAIS E ESTRUTURAS METÁLICAS

As partes metálicas que compõem a estrutura suporte do reator e que podem estar com potencial nulo (flutuantes), devem ser aterradas, conforme as seguintes instruções:

- 1) Aterrar um dos pedestais, conectando-o à malha de terra da subestação ou através de uma ou mais hastes de cobre, caso não seja possível o acesso à malha de terra.
- 2) Conectar os demais pedestais do reator ao pedestal aterrado, deixando pelo menos dois pedestais desconectados entre si (para evitar a formação de laço fechado).
- 3) Alternativamente, pode-se aterrar cada pedestal do reator de forma individual, conectando-os à malha de terra da subestação ou através de uma ou mais hastes de cobre, caso não seja possível o acesso à malha de terra.
- 4) Os conectores de aterramento devem ser especificados levando em consideração os materiais dos pedestais e condutores de aterramento, para evitar corrosão galvânica do alumínio quando colocado em contato com o cobre.
- 5) Quando solicitado, a GE poderá fornecer os conectores de aterramento adequados.

Notas:

- **A quantidade de hastes de cobre dependerá do projeto de aterramento da instalação dos reatores. O dimensionamento e fornecimento destas hastes estão fora do escopo de fornecimento GE.**
- **Para reatores fornecidos com estrutura de elevação em fibra de vidro, o aterramento da estrutura poderá ser feito em apenas um dos pés da estrutura, visto que todos os outros pés estão conectados entre si por intermédio da cruzeta inferior da estrutura.**

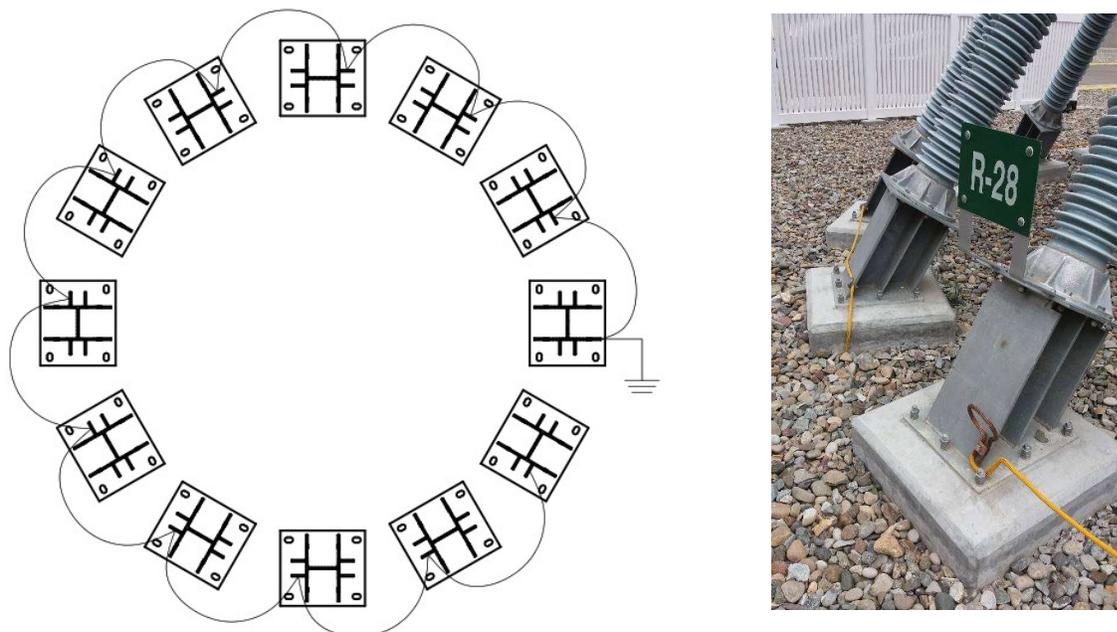


Figura 12: Aterramento dos pedestais da base (Exemplo com 12 pontos)

6.5 NOTAS PARA ANÉIS ANTI-CORONA (SE INCLUSOS)

Os anéis anti-corona devem ser fixados em suportes isolantes, sendo que **apenas um dos suportes deve possuir um contato de alumínio para garantir que o anel esteja no mesmo potencial da cruzeta**. É fundamental **não utilizar mais de um contato de alumínio para o mesmo anel**, pois isso pode gerar um circuito (laço) fechado, causando pontos quentes e riscos de danos.

Em reatores de grande porte, os anéis podem ser divididos em seções, sendo que cada seção deve possuir apenas um contato de alumínio para a potencialização junto à cruzeta. Novamente, não se deve utilizar mais de um contato de alumínio por seção.

Para situações específicas, será fornecido um manual especial contendo orientações detalhadas para a instalação correta dos anéis anti-corona.

Atenção, para instalação dos suportes isolantes, respeitar o torque máximo de 2 daN.m (15 lbf.ft) aos parafusos.

Para inspecionar ou remover o suporte do anel anti-corona:

1. Utilizando uma chave de fenda, faça movimentos lentos e cuidadosos para remover a tampa de travamento.
2. Remova os parafusos, arruelas e porcas. Guarde todas as peças para a remontagem após a inspeção.
3. Após a inspeção, monte o anel anti-corona nos suportes até ouvir um leve “clique”. Em seguida, instale a tampa de travamento inserindo-a pela parte interna e realizando um movimento circular de dentro para fora. Utilize movimentos suaves e lentos. Após ouvir um segundo “clique”, o anel estará travado no lugar.
4. Aperte os parafusos suavemente. Um torque de aproximadamente 2 daN·m (15 lbf·ft) deve ser suficiente.
5. Verifique a tampa de travamento para garantir que não foi danificada durante o processo.
6. Após concluir essas etapas, o procedimento de inspeção ou montagem do anel corona estará finalizado.
7. Consulte as imagens nas páginas seguintes para melhor compreensão.

Para suportes com fita de contato:

1. Utilizando uma chave de fenda, faça movimentos lentos e cuidadosos para remover a tampa de travamento.
2. Remova o parafuso de contato.
3. Remova os parafusos, arruelas e porcas, e em seguida, retire a fita de contato. Guarde todas as peças para a remontagem após a inspeção.
4. Inspeccione a área de contato para garantir que esteja sem pintura e livre de qualquer resíduo que possa impedir o contato adequado entre a cruzeta do equipamento e a fita de contato. Se necessário, escove a área até que o alumínio fique exposto. Limpe bem essa área com um pano limpo e seco.
5. Após a limpeza e inspeção da área de contato na cruzeta, remonte o suporte, certificando-se de que a fita de contato esteja em pleno contato com a superfície de alumínio recém-exposta.
6. Em seguida, conforme mostrado na figura 17, certifique-se de que a fita de contato passe pela fenda no suporte, de modo que o anel faça contato adequado com a fita durante a montagem.
7. Antes de montar o anel corona nos suportes, afrouxe o parafuso de contato até que ele deixe de pressionar o anel.
8. Monte o anel corona nos suportes até ouvir um leve “clique”. Em seguida, instale a tampa de travamento inserindo-a pela parte interna e realizando um movimento circular de dentro para fora. Utilize movimentos suaves e lentos. Após ouvir um segundo “clique”, o anel estará travado no lugar.
9. Aperte os parafusos suavemente. Um torque de aproximadamente 2 daN·m (15 lbf·ft) deve ser suficiente.
10. Aperte o parafuso de contato apenas o suficiente para pressionar o anel e garantir o contato elétrico.

11. Verifique a tampa de travamento para garantir que não foi danificada durante o processo.
12. Após concluir essas etapas, o procedimento de inspeção ou montagem do anel corona estará finalizado.
13. Consulte as imagens nas páginas seguintes para melhor compreensão.

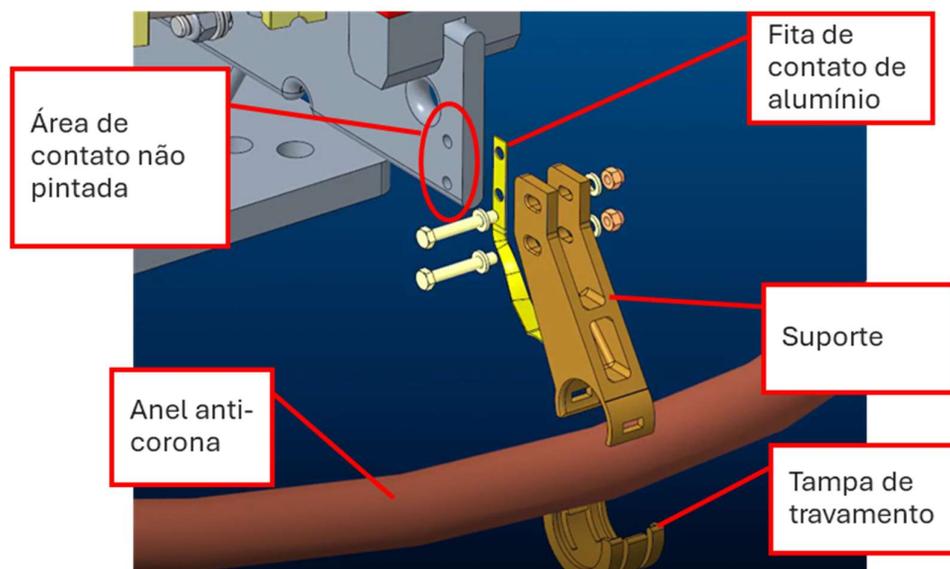


Figura 15: Removendo ou instalando o suporte.

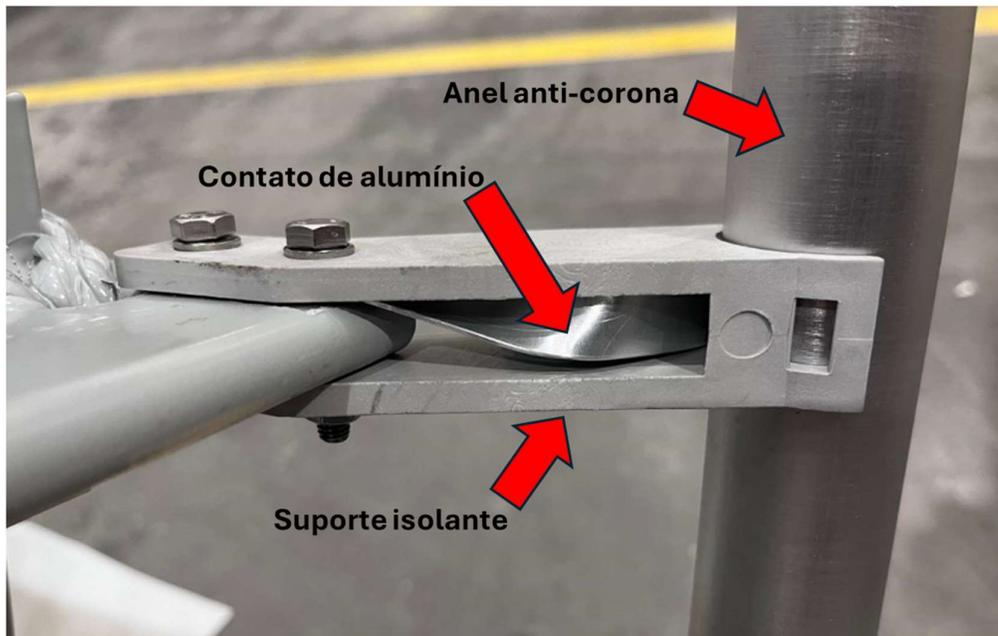


Figura 16: Ponto de contato (Suporte com fita de alumínio).

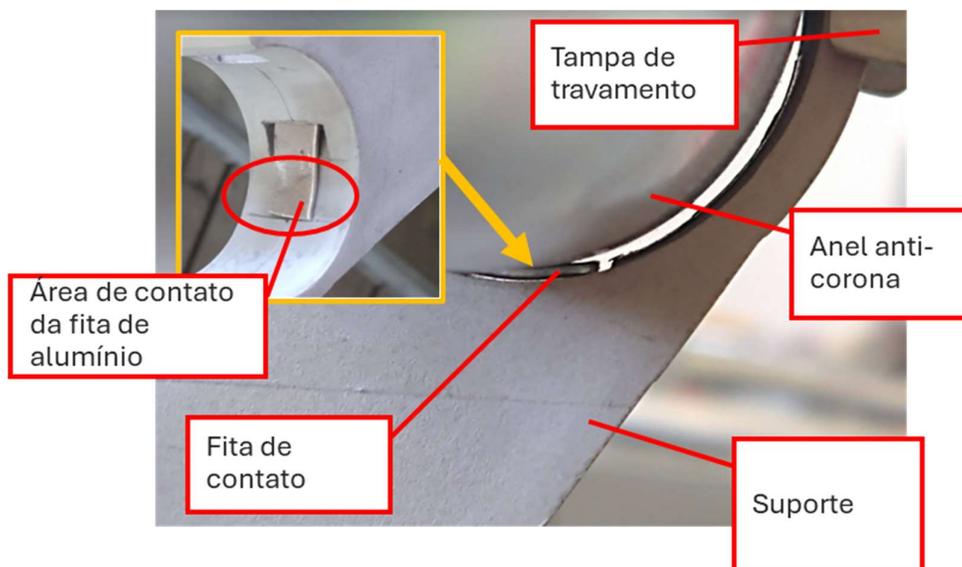


Figura 17: Detalhes para contato elétrico.



Figura 18: Detalhe da tampa de travamento.

7 COMISSIONAMENTO

O time responsável pelo comissionamento dos reatores deve verificar os seguintes itens antes da energização do reator:

- 1) Detalhes importantes do desenho dimensional: distâncias elétricas e magnéticas, distância entre reatores e disposição dos componentes (isoladores, pedestais, estruturas, etc);
- 2) Torque de aperto dos parafusos das conexões elétricas (terminais e pontos de aterramento) conforme tabela do item 5.2;
- 3) Torque de aperto dos parafusos dos componentes (isoladores, estruturas, etc) conforme tabela do item 5.2.;
- 4) Verifique se as conexões de aterramento ou estruturas estão sem formar laços (conforme itens 6.2 e 6.4);
- 5) Dutos de resfriamento devem estar livres de obstruções ou detritos. Inspecionar cuidadosamente a região entre os cilindros dos reatores para garantir que não haja objetos metálicos soltos ou alojados, como parafusos, porcas, arruelas ou outros elementos que possam comprometer a integridade do equipamento ou sua operação. Para limpeza, usar uma haste NÃO metálica (fibra de vidro, madeira ou plástico);
- 6) Verifique se existem danos às amarrações de fibra de vidro do reator (entre cruzetas e entre braços);
- 7) Verifique se existem danos às conexões (solda) dos fios condutores aos braços das cruzetas do reator;



8) Verifique se existem danos à superfície externa do reator e o estado geral da pintura. Se necessário, realizar um retoque de pintura conforme procedimento indicado neste manual.

Notas:

- **Ensaio elétrico de comissionamento:** recomendamos realizar a medição de resistência CC do enrolamento, medição do valor de indutância (impedância) e medição de resistência CA. Os resultados das medições poderão ser comparados com os valores de medições realizadas em fábrica, apresentados nos relatórios de ensaios de rotina. Os valores medidos poderão variar em relação aos obtidos em ensaios de laboratório.
- **Atenção!!!** Ensaio de medição de isolamento (Megger) e medição de fator de dissipação ($\tan \delta$) **não são aplicáveis** para reatores com núcleo de ar. O equipamento pode sofrer danos mediante estes ensaios.
- Por favor, use o formulário de comissionamento apresentado no anexo 1 deste documento.

8 MANUTENÇÃO

8.1 INFORMAÇÕES GERAIS E PERIODICIDADE DE MANUTENÇÃO

Os procedimentos de manutenção recomendados neste manual devem ser realizados com o reator desenergizado e devidamente aterrado por meio de dispositivos de aterramento temporário.

Caso seja necessário inspecionar a parte superior dos reatores, deve-se utilizar escadas apropriadas ou plataformas elevatórias adequadas, respeitando os requisitos de segurança do trabalho.



Normalmente, reatores com núcleo de ar requerem poucas intervenções de manutenção.

A periodicidade das intervenções depende das condições de armazenamento (antes da entrada em operação), das condições de instalação (uso externo ou abrigado) e das condições ambientais (poluição, poeira etc.).

Recomenda-se, como procedimento padrão, ao menos **uma inspeção anual**. Entretanto, dependendo da combinação de uma ou mais das condições mencionadas acima, o intervalo pode ser reduzido para **duas inspeções anuais** (uma a cada seis meses).

Essas inspeções são especialmente importantes após a exposição a esforços operacionais severos (como correntes de curto-circuito, descargas etc.) ou a eventos climáticos e ambientais extremos (como tornados, abalos sísmicos, entre outros).



Unidades instaladas em ambientes com altos níveis de poluição (regiões costeiras, próximas à indústrias, mineração, siderurgias, etc.) devem ser avaliadas com foco na identificação de marcas escuras de *tracking* e outros sinais de degradação superficial. Nesses casos, recomenda-se **umentar a frequência** das inspeções, a fim de acompanhar a evolução das degradações identificadas.

8.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA/PREDITIVA

8.2.1 PROCEDIMENTOS

Os procedimentos de manutenção são relativamente simples e estão indicados a seguir:

- 1) Inspeção visual do reator e respectiva estrutura suporte:
 - Checar se os dutos de resfriamento estão desobstruídos, sem presença de corpo estranho. Se necessário, realizar a desobstrução com uma haste **NÃO** metálica (p. ex., fibra de vidro, madeira ou plástico);
 - Checar as amarrações de fibra de vidro do reator (entre cruzetas e entre braços);
 - Checar as conexões (solda) dos condutores nos braços das cruzetas do reator;
 - Checar a superfície interna e externa do reator para possíveis marcas de deterioramento da pintura;
 - Checar a parte superior e inferior do enrolamento para possíveis anormalidades como carbonização, marcas de arco elétrico (descargas elétricas superficiais - *tracking*) etc. Se tais marcas forem encontradas, favor notificar a GE antes da re-energização;
 - Checar se os materiais selantes de saída dos cabos e fios nos cilindros estão íntegros, garantindo boa vedação;
- 2) Em ambientes poluídos ou agressivos, com acúmulo de sujeira e contaminantes, os reatores e isoladores deverão ser lavados com água, para limpeza das superfícies internas e externas, o enrolamento e estruturas suporte.
- 3) Após lavagem, os reatores devem estar devidamente secas antes de energizá-las novamente. O tempo mínimo de secagem, depende da temperatura ambiente, normalmente o período de secagem de 12 horas é suficiente.
- 4) Verificar as conexões elétricas e mecânicas dos componentes do reator e, se necessário, reapertar os parafusos (respeitando os torques recomendados neste manual, item 5.2), dos seguintes elementos:
 - Terminais de linha
 - Terminais de aterramento
 - Isoladores
 - Pedestais e sapatas



- 5) Em caso de necessidade de retoques de pintura, seguir os procedimentos recomendados na seção “Pintura” deste manual.
- 6) Se equipamentos de medição estiverem disponíveis em campo, é recomendado realizar a medição de resistência CC do enrolamento para comparar com as medições feitas em fábrica e/ou durante o comissionamento. Comparar com as medições realizadas em fábrica (Ok para variação $\pm 3\%$ ou $\pm 2\%$ para medições realizadas em campo usando o mesmo equipamento).

8.3 PINTURA

É indispensável que em caso de reparo em campo, todas as tintas utilizadas no acabamento dos reatores sejam aprovadas pela GE.

Tintas usadas para equipamentos elétricos como tintas poliuretânicas ou epóxicas poderão ser utilizadas.

No caso de reparo da pintura de silicone RTV, usar revestimento RTV isolante próprio para equipamentos elétricos.



Como padrão, a pintura de acabamento é realizada com tinta poliuretânica alifática (PU) de alta espessura, bicomponente.

Em todas as fases da pintura, a ficha técnica da tinta deve ser verificada para atender os seguintes requisitos do fabricante:

- 1) Tempo de secagem para manuseio.
- 2) Tempo de secagem para cura final
- 3) Intervalo entre demãos
- 4) Vida útil da mistura
- 5) Tipo de aplicação: pistola ou trincha
- 6) Proporção de diluição e mistura

A durabilidade da pintura PU ou do revestimento RTV está diretamente relacionada às condições ambientais do local de instalação. Fatores como temperaturas máximas e mínimas, duração da exposição à temperatura máxima durante a operação, intensidade e exposição aos raios UV, condições climáticas extremas, e o tipo e nível de poluição desempenham um papel fundamental.



8.3.1 RETOQUES DE PINTURA

Durante as inspeções de pintura avaliar possíveis sinais de degradação, como descoloração acentuada, trincas, exposição da resina ao sol e danos causados durante o manuseio ou transporte. Durante a inspeção, é essencial verificar também a integridade da camada de proteção contra fatores ambientais e químicos que possam comprometer o desempenho do revestimento.

Com base nos resultados da avaliação, pode ser necessário realizar retoques ou até mesmo uma repintura completa, conforme a análise e o critério do cliente. Além disso, é importante registrar as condições observadas durante a inspeção e planejar ações corretivas preventivas, garantindo a longevidade do equipamento e sua proteção.

Caso seja necessário realizar retoques na pintura, os seguintes procedimentos devem ser adotados:

- 1) Com uma fita adesiva, delimitar a área da superfície do reator que será retocada;
- 2) Usando uma lixa fina, remover a pintura da área delimitada;
- 3) Limpar a área com solvente ou álcool;
- 4) Secar a área a ser retocada, não realizar a pintura sob superfície úmida;
- 5) Seguir as instruções do datasheet do fabricante da tinta para preparação;
- 6) Aplicar uma demão de tinta de acabamento, devidamente especificada pela GE, usando um pincel ou pistola de ar;
- 7) Caso o equipamento esteja em ambiente externo, cobrir o equipamento com plástico para protegê-la do sol ou chuva por um período de 24 horas, para garantir uma boa secagem da tinta.
- 8) Reparo da pintura de silicone (RTV):
 - a. Para remover o RTV, use uma escova de plástico;
 - b. Usando um pincel ou rolo de pintor, aplicar uma demão de tinta RTV, devidamente aprovada pela GE.
 - c. Caso o equipamento esteja em ambiente externo, cobrir o equipamento com plástico para protegê-lo do sol ou chuva por um período mínimo de 72 horas, para garantir uma boa secagem da tinta.

Nota:

- **Os tempos de secagem indicados acima consideram uma temperatura ambiente de 20°C e materiais utilizados pela GE. Para tintas de outras marcas, consultar a ficha técnica do fornecedor.**



8.3.2 REPINTURA

Recomendamos que uma inspeção detalhada seja realizada a cada 5 anos e, se necessário, realizar uma repintura parcial ou completa do equipamento.

Essa recomendação não é obrigatória, mas sim uma prática preventiva que visa garantir o desempenho ideal do revestimento ao longo de sua vida útil, especialmente em ambientes com condições mais severas, como alta exposição a raios UV, contaminação, poluição, salinidade ou extremos de temperatura.

A decisão sobre a repintura será baseada na avaliação do estado do revestimento durante as inspeções periódicas. Caso sejam identificados danos, como trincas, descoloração acentuada ou perda de espessura, o retoque ou repintura completa pode ser considerado para preservar a proteção dos equipamentos contra fatores ambientais.

Ao adotar essa prática, é possível maximizar a longevidade e o desempenho do revestimento, reduzindo o risco de falhas ou degradação precoce.

9 REATORES INSTALADOS ABRIGADOS E/OU CUBÍCULOS METÁLICOS

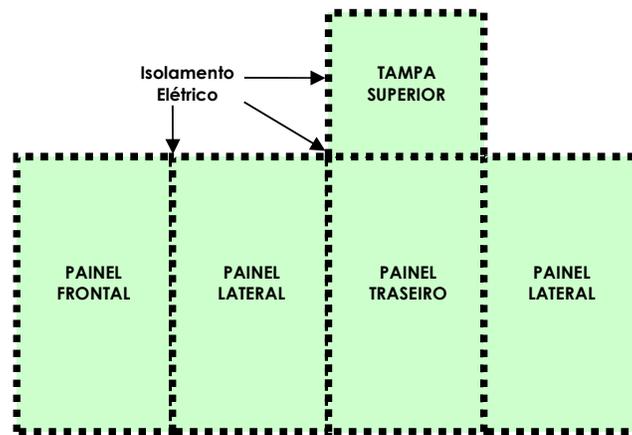


Figura 19: Isolamento magnético das chapas do cubículo

Para reatores instalados em subestação abrigada ou cubículos metálicos, deve-se seguir os seguintes procedimentos:

- 1) Entradas de ar devem ser consideradas nos terços superiores e inferiores das paredes laterais e frontais do cubículo.
- 2) As dimensões internas mínimas do cubículo devem respeitar as medidas indicadas no desenho dimensional do reator e/ou documentação técnica específica.
- 3) Para evitar a formação de laços fechados nas paredes do cubículo, recomenda-se isolá-las eletricamente entre as chapas com material isolante e buchas isolantes nos parafusos das emendas.

NOTA: As perdas declaradas do reator não incluem perdas adicionais induzidas no cubículo.



10 EFEITOS AMBIENTAIS

Os reatores a núcleo de ar são compostos por materiais considerados não nocivos ao meio ambiente. Quando da necessidade do descarte do produto, para que o impacto ao meio ambiente seja minimizado, as seguintes destinações deverão ser respeitadas:

Item	Material	Destinação Recomendada
Cruzetas	Alumínio ou cobre	Reciclagem
Encapsulamento do enrolamento	Fibra de Vidro impregnada com resina epóxi	Coprocessamento ou aterro industrial licenciado
Condutores	Alumínio ou cobre	Reciclagem
Isoladores	Porcelana ou polímero	Coprocessamento ou aterro industrial licenciado
Pedestais	Alumínio, aço inox ou aço galvanizado	Reciclagem
Espaçadores	Fibra de Vidro e resina epóxi	Coprocessamento ou aterro industrial licenciado

**11 ANEXO 1 – FORMULÁRIO DE COMISSONAMENTO**

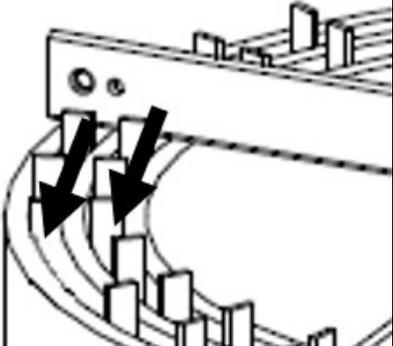
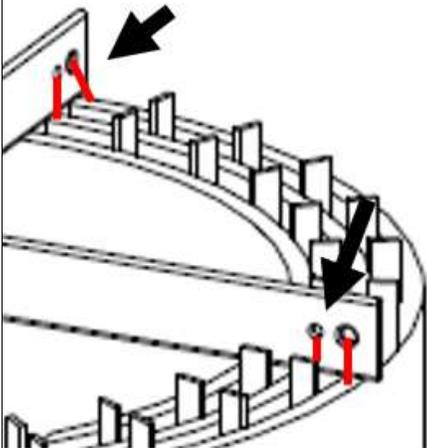
O responsável pela montagem deverá verificar os seguintes pontos antes da energização do equipamento:

Número de série do reator		Data		
Operador				
Supervisor				
Inspetor				
Observações gerais				
Pontos a verificar	Documento de referência	Valores medidos / Observações	Operador Verificado	Supervisor Verificado
Arranjo geral dos componentes (isoladores, pedestais, estruturas, etc.).	Desenho dimensional.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Distância mínima entre centro de reatores adjacentes	Desenho dimensional (De).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Torque de aperto das conexões elétricas (terminais e pontos de aterramento)	Verifique valores na tabela do item 5.2 deste documento.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Torque de aperto das conexões mecânicas (isoladores, estruturas e acessórios)	Verifique valores na tabela do item 5.2 deste documento.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verifique aterramento e estruturas para que não formem laços fechados.	Verifique itens 6.2 e 6.4 deste documento e desenho dimensional para distancias mínimas MC1 e MC2.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

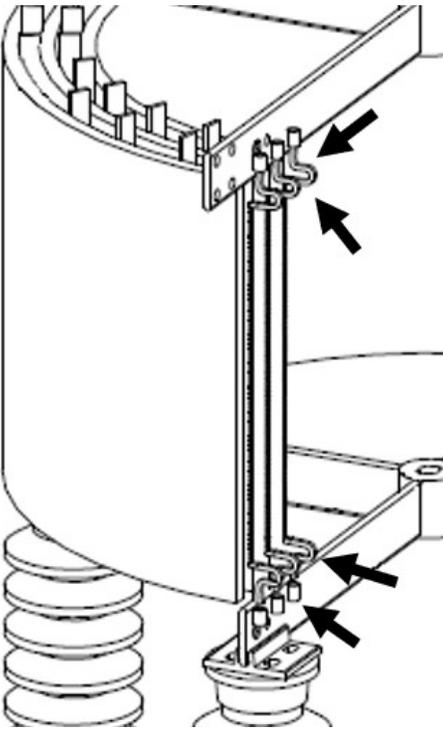
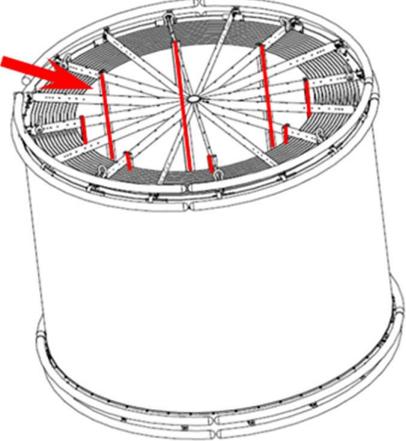


Medição de resistência CC do enrolamento.	Comparar com as medições realizadas em fábrica (Variação aceitável: $\pm 3\%$).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Medição do valor de indutância (impedância).	Comparar com as medições realizadas em fábrica (Variação aceitável: $\pm 2\%$).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Medição de resistência CA.	Comparar com as medições realizadas em fábrica (Somente para registro).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Atenção!!! Ensaio de medição de isolamento (Megger) e medição de fator de dissipação ($\tan \delta$) não são aplicáveis para reatores com núcleo de ar. O equipamento pode sofrer danos mediante estes ensaios.

Dutos de resfriamento sem obstruções ou sujeiras. Para limpeza, use uma barra de madeira, plástico ou fibra de vidro.			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sem danos nos reforços de fibra de vidro nos braços e entre braços do reator.			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



<p>Sem danos nas conexões elétricas dos fios/cabos aos braços da cruzeta do reator.</p>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<p>Após a operação de içamento, verifique a presença de barras de aço no interior da bobina (entre as cruzetas superior e inferior). É fornecido para bobinas grandes. Eles devem ser removidos antes da energização.</p>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



ASSISTÊNCIA TÉCNICA

GE Vernova - AIB

Avenida Nossa Senhora da Piedade, 1021 - Bairro Piedade
Itajubá - Minas Gerais - Brasil
CEP 37504-358

 +55 35 3629-7000