

REGULADOR DE TENSÃO MONOFÁSICO

TIPO TRANSFORMADOR | POR DEGRAUS



MANUAL DE INSTRUÇÕES

MIR-001 | PT-BR

REV202507



itb[®]
EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

ÍNDICE

SEGURANÇA E IMPORTÂNCIA DA VIDA.....	1
INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA	1
INSTRUÇÕES GERAIS DE SEGURANÇA	2
INTRODUÇÃO.....	3
INFORMAÇÕES ADICIONAIS.....	3
NORMAS DE FABRICAÇÃO	3
POLÍTICA DE GESTÃO INTEGRADA	3
RECEBIMENTO.....	3
DESCARREGAMENTO, ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE	3
REGULADOR DE TENSÃO – VISÃO GERAL	5
ITENS DE SÉRIE	5
ITENS OPCIONAIS.....	6
REGULADOR DE TENSÃO RAV-2 – CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	6
IDENTIFICAÇÃO DOS TERMINAIS DE LINHA	8
DESCRIÇÃO – PRINCIPAIS ACESSÓRIOS	9
CAIXA AUXILIAR DE PASSAGEM	9
INDICADOR EXTERNO DE POSIÇÕES MECÂNICO MODELO TCPI-1	13
PARA-RAIOS SÉRIE (<i>BY-PASS</i>).....	15
PARA-RAIOS PARALELO (<i>SHUNT</i>).....	16
INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO.....	17
PLACA DE IDENTIFICAÇÃO.....	17
POTÊNCIA NOMINAL EM FUNÇÃO DA ALTITUDE	19
INSPEÇÕES ANTES DA INSTALAÇÃO	19
POSSIBILIDADES DE CONEXÕES DO SISTEMA.....	20
CONEXÃO DO TP EXTERNO INDEPENDENTE.....	25
ATERRAMENTO EM BANCO DE REGULADORES	27
BANCO DE REGULADORES EM CASCATA	27
CONEXÕES DOS TERMINAIS DE LINHA.....	28
COLOCANDO EM OPERAÇÃO	29
VERIFICANDO A OPERAÇÃO E A REGULAÇÃO.....	30
RETIRANDO DE OPERAÇÃO.....	31
DETALHES DE CONSTRUÇÃO E CONEXÕES.....	32
DIAGRAMA DE CONEXÃO DOS ENROLAMENTOS.....	32
DISPOSIÇÃO INTERNA DOS COMPONENTES	33
DIAGRAMA DA FIAÇÃO INTERNA PADRONIZADA	34
ENROLAMENTOS.....	35
COMUTADORES	35

MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	35
INSPEÇÕES E MANUTENÇÕES PERIÓDICAS	35
RETIRANDO A PARTE ATIVA DO TANQUE.....	38
RECOLOCANDO A PARTE ATIVA NO TANQUE.....	39
COMUTADOR SOB CARGA	40
PEÇAS SOBRESSALENTES PARA REPOSIÇÃO	42
CICLO DE VIDA	42
ÓLEO ISOLANTE – FISPQ.....	42

SEGURANÇA E IMPORTÂNCIA DA VIDA

A ITB, como fabricante de equipamentos elétricos, toma todas as medidas para garantir a segurança de pessoas que possam estar em contato com seus produtos, dos demais equipamentos que possam, a eles, estar conectados e do meio onde se encontram instalados.

Nossas principais referências para garantir esses níveis de segurança são as normas oficiais que representam experiências acumuladas em variadas condições distintas e por tempo suficiente para serem adotadas como boas práticas de segurança operacional, contingencial e de eficácia.

Consideramos nossa obrigação promover ativamente práticas conscientes e seguras, tanto na escolha do equipamento mais indicado para cada aplicação, quanto em seu manuseio correto e na sua adequada manutenção assim como entendemos que divulgar o conhecimento envolvido, por meio de literatura técnica de serviço e programas de treinamento, constituem o mais eficiente meio de aprimoramento continuado tanto de nossos produtos e serviços quanto do conjunto dessas boas práticas.

Recomendamos observar todos os procedimentos de segurança estipulados por regulamentação local, aprovados, instituídos e exigidos, assim como o uso de todos os equipamentos de segurança, individual ou global, recomendados para atividades no entorno de equipamentos e de linhas de alta tensão.

INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA

As instruções contidas neste manual não se destinam a substituir a formação adequada e o acúmulo de experiência necessário na instalação, manobra e operação segura do regulador de tensão monofásico. Somente técnicos competentes que estão familiarizados com equipamentos de redes devem instalá-lo, operá-lo e mantê-lo.

Um técnico competente para tais funções deve reunir as seguintes qualificações:

- Ser familiarizado com estas instruções;
- Ser treinado em operação, procedimentos e prática seguras aceitas pela indústria de alta e baixa tensão;
- Ser treinado conforme normas regulamentadoras e autorizado para energizar, desenergizar e manipular equipamentos de distribuição de energia.
- Ser treinado sobre os cuidados e usos adequados de equipamentos de proteção individual, tais como: roupas antichamas, óculos, viseiras, capacetes, luvas de borracha, varas de manobra, etc.;
- Ser treinado para a instalação e o uso de escadas em postes, sinalizações necessárias em vias públicas e a legislação alusiva.

Para instalação e operação deste equipamento, certifique-se de ler e entender todos os avisos e advertências.

Este manual contém três tipos de frases de alerta:



PERIGO: Indica uma situação iminentemente perigosa que, se não for evitada, resultará em morte ou ferimentos de qualquer natureza ao operador ou às pessoas próximas da rede ou do equipamento.



CUIDADO: Indica uma situação potencialmente crítica que, se não for evitada, pode resultar prejuízo operacional para o equipamento, à rede ou pessoas ao seu entorno.



AVISO: Indica uma situação potencialmente indesejada que, se não for evitada, pode resultar em mau funcionamento do equipamento.

Instruções Gerais de Segurança

De forma geral, sugerimos levar em consideração as seguintes informações ao instalar, operar, manter ou manobrar dispositivos instalados em redes de alta tensão:



PERIGO: Tensão perigosa. O contato com a alta tensão causará a morte ou ferimentos muito graves. Siga todos os procedimentos de segurança aprovados quando se trabalha no entorno de linhas e equipamentos de alta tensão.



AVISO: Antes de instalar, operar, manter ou testar o equipamento, leia com atenção e compreenda o conteúdo deste manual. Operação, uso ou manutenção impróprios podem resultar em danos ao equipamento ou à rede onde o mesmo se encontra instalado.



PERIGO: Equipamentos de distribuição de energia devem ser adequadamente selecionados para a aplicação pretendida. Devem ser instalados e mantidos por pessoal competente, treinado e ciente dos procedimentos de segurança adequados. Estas instruções são escritas para tais pessoas e não são um substituto para o treinamento formal adequado ou experiência em procedimentos de segurança. A falta da boa escolha, instalação, configuração e manutenção do equipamento de distribuição de energia elétrica pode resultar em morte, lesões corporais graves e danos ao equipamento.

INTRODUÇÃO

Este manual tem como intenção de fornecer as instruções para instalação, operação e manutenção dos reguladores de tensão ITB, modelo RAV-2.



AVISO: A leitura completa deste manual auxiliará na instalação adequada, no manuseio seguro, na operação eficiente do equipamento e na sua manutenção em condições de segurança e confiabilidade.

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Este manual não visa cobrir todos os detalhes ou variações dos equipamentos e seus respectivos sistemas de controles, procedimentos ou processos em geral, e nem orientar sobre todas as práticas exigidas para instalação, operação e manutenção. Caso precise de mais informações, contate um representante técnico da ITB Equipamentos Elétricos Ltda.

NORMAS DE FABRICAÇÃO

Os reguladores da ITB Equipamentos Elétricos Ltda. são projetados, fabricados e testados em acordo com as mais recentes versões das normas ABNT[®] NBR 11809 ou IEEE Std C57.15TM.

POLÍTICA DE GESTÃO INTEGRADA

Nosso alto padrão de qualidade, preservação ao meio ambiente e bem-estar pessoal, estão endossados pela normativas ISO 9001 Sistema de Gestão de Qualidade, ISO 14001 Sistema de Gestão Ambiental e OSHAS 18001 Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional.

RECEBIMENTO

Antes da embalagem, o regulador é testado e inspecionado na fábrica. Ao recebê-lo, outra inspeção deve ser feita para localizar danos que possam decorrer do transporte. O indicador de posição externo, caixa do controle, para-raios, radiadores, buchas, cabos elétricos e demais componentes externos devem estar rigidamente fixados ao corpo do regulador, íntegros e livres de trincas e deformações. A embalagem também não deve mostrar sinais de violação, impacto ou queda.

Qualquer irregularidade encontrada, antes mesmo de proceder com o descarregamento comunique imediatamente o representante ou o departamento de pós-vendas, da ITB Equipamentos Elétricos Ltda.

DESCARREGAMENTO, ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE

Todo e qualquer manuseio do equipamento deve ser realizado de forma cuidadosa por pessoal qualificado e com as devidas proteções. Não se deve içar o regulador sobre pessoas e objetos.

O levantamento do regulador deve ser feito de maneira nivelada, com cabos ou correntes e por meio das alças de suspensão fixadas na lateral do tanque.

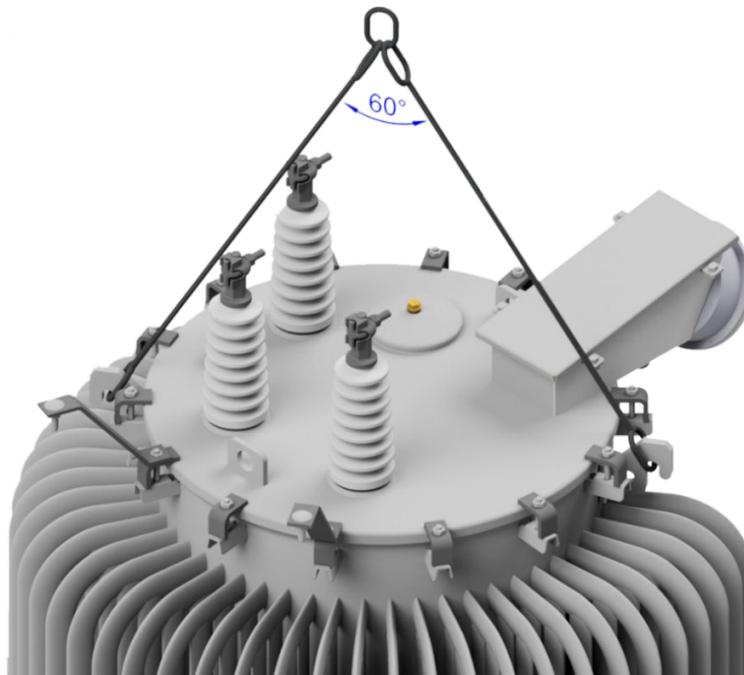
Não utilize os olhais de suspensão instalados sobre a tampa do equipamento para o içamento do regulador completo. Estes olhais são destinados apenas para remoção da parte ativa que está presa à tampa.



CUIDADO: NÃO UTILIZE os olhais da tampa para erguer o equipamento completo. A tampa pode se romper, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.

O cabo ou corrente a ser utilizado deve estar íntegro, ter capacidade para suportar o peso do regulador e possuir comprimento suficiente para que o ângulo formado entre cada lance do cabo, com vértice no gancho, seja, no máximo 60°, conforme apresentado pela Figura 1.

Figura 1: Método de suspensão total.



CUIDADO: A utilização de cabos, cintas ou correntes muito curtas, que proporcionem ângulos maiores que 60°, provocará deformação permanente no tanque do regulador e ruptura das alças de içamento, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.

Se o regulador for descarregado provisoriamente, o equipamento deve ser armazenado, de preferência sua embalagem original, em local ventilado, com piso nivelado, distante de fontes de calor, protegido de centelhas e onde não haja a possibilidade de danos mecânicos.

Quando do transporte do regulador ao local da instalação, visando a manutenção da garantia do produto, medidas preventivas para evitar choques constantes e movimentações bruscas devem ser tomadas. É preciso assegurar que os equipamentos estejam bem fixados ao veículo de transporte e que as velocidades deste veículo sejam limitadas conforme Tabela 1.

Tabela 1: Valores limites de velocidade de transporte.

Tipo da Via de Transporte	Velocidade Máxima Recomendada [km/h]
Pavimentada	80
Não pavimentada	40



AVISO: É recomendado que o veículo de transporte possua um tacógrafo instalado para controle da velocidade máxima de transporte.

REGULADOR DE TENSÃO – VISÃO GERAL

Os reguladores de tensão RAV-2 da ITB Equipamentos Elétricos Ltda. têm como objetivo manter os níveis de tensão dentro dos limites programados, melhorando significativamente a qualidade de distribuição da energia elétrica.

O regulador é um autotransformador equipado com um comutador sob carga, que em conjunto com um reator de transição, regula a tensão de linha corrigindo desvios de até $\pm 10\%$ com degraus de 0,625% da tensão nominal. Os degraus são distribuídos em 33 derivações, sendo 16 para elevar, 16 para abaixar e 1 posição neutra. Para mais detalhes, veja a seção: **DETALHES DE CONSTRUÇÃO E CONEXÕES**.

Itens de série

Os reguladores são dispostos em construção unitária e possuem as seguintes características de série:

- Base com furação para instalação em plataforma;
- Bloco de terminais sobre a tampa;
- Buchas adequadas para nível de tensão e corrente nominais;
- Comutador sob carga adequado para os níveis de tensão e corrente nominais;
- Conector de aterramento ABNT[®] ou IEEE[™];
- Conexão superior para filtro-prensa e termo vácuo (rosca 1.1/2");
- Construção em tanque selado;
- Ganchos de suspensão total do regulador;
- Indicador de nível de óleo com marcação de nominal e mínima;
- Olhais de suspensão da parte ativa;
- Para-raios série externo;
- Placa de identificação em aço inoxidável;
- Preenchido com óleo mineral isolante tipo II, em acordo com a ASTM D3487;
- Suporte de fixação em poste ABNT[®] ou IEEE[™] (para reguladores com massa ≤ 1.500 kg);
- Tampa de inspeção;
- Válvula de alívio de pressão interna;
- Válvula de drenagem com dispositivo para coleta de amostra de óleo.

Itens opcionais

Em função das mais diversas especificações técnicas atendidas pela ITB Equipamentos Elétricos Ltda., opcionalmente, as seguintes características podem ser atendidas:

- Cabo de controle blindado de 2 a 10 metros (passo de 1 metro);
- Cabo de controle com desconexão rápida de 2 a 10 metros (passo de 1 metro);
- Cabo de controle de 2 a 10 metros (passo de 1 metro);
- Caixa auxiliar de passagem para conexão de controle único;
- Caixa de controle em aço inoxidável;
- Conectores de buchas tipo NEMA;
- Controle monofásico, modelo CTR-2, da ITB Equipamentos Elétricos Ltda.;
- Controle monofásico, modelo SEL-2431, da Schweitzer Engineering Laboratories Inc.;
- Controle trifásico, modelo CTR-3, da ITB Equipamentos Elétricos Ltda.;
- Cores alternativas de acabamento;
- Estrutura de elevação ajustável em aço galvanizado para instalação do regulador;
- Indicador de nível de óleo com alarmes;
- Indicador externo analógico de posições, modelo TCPI-1, da ITB Equipamentos Elétricos Ltda.;
- Manômetro de vácuo e de pressão;
- Óleo de origem vegetal;
- Parafusos externos em aço inoxidável;
- Para-raios externo de linha;
- Placa de identificação na tampa da caixa do controle;
- Protetores de buchas;
- Sistema de calefação da caixa do controle.
- Suporte para montagem de para-raios paralelo (*shunt*)
- Termômetro do topo do óleo com ou sem alarmes;
- TP externo independente para medição do lado fonte (somente para controle individual);
- Válvula de alívio de pressão interna com alarme.

Regulador de tensão RAV-2 – Características Externas

Com um projeto simples e intuitivo, para fácil instalação e manutenção, o regulador de tensão possui todos os componentes fundamentais para sua devida operação. A localização e a descrição de cada um desses componentes podem ser vistas na Figura 2 e na Tabela 2.



AVISO: O detalhamento a seguir não visa cobrir todas as possibilidades de construção externa de um regulador de tensão. Detalhes intrínsecos a cada projeto devem ser consultados durante a fase de análise de viabilidade técnica e aprovação da ordem de compra.



AVISO: Para mais detalhes sobre os controles reguladores de tensão fabricados pela ITB Equipamentos Elétricos, acesse nosso site e faça o *download* das versões mais recentes dos manuais de instruções.

Figura 2: Componentes externos do regulador RAV-2.

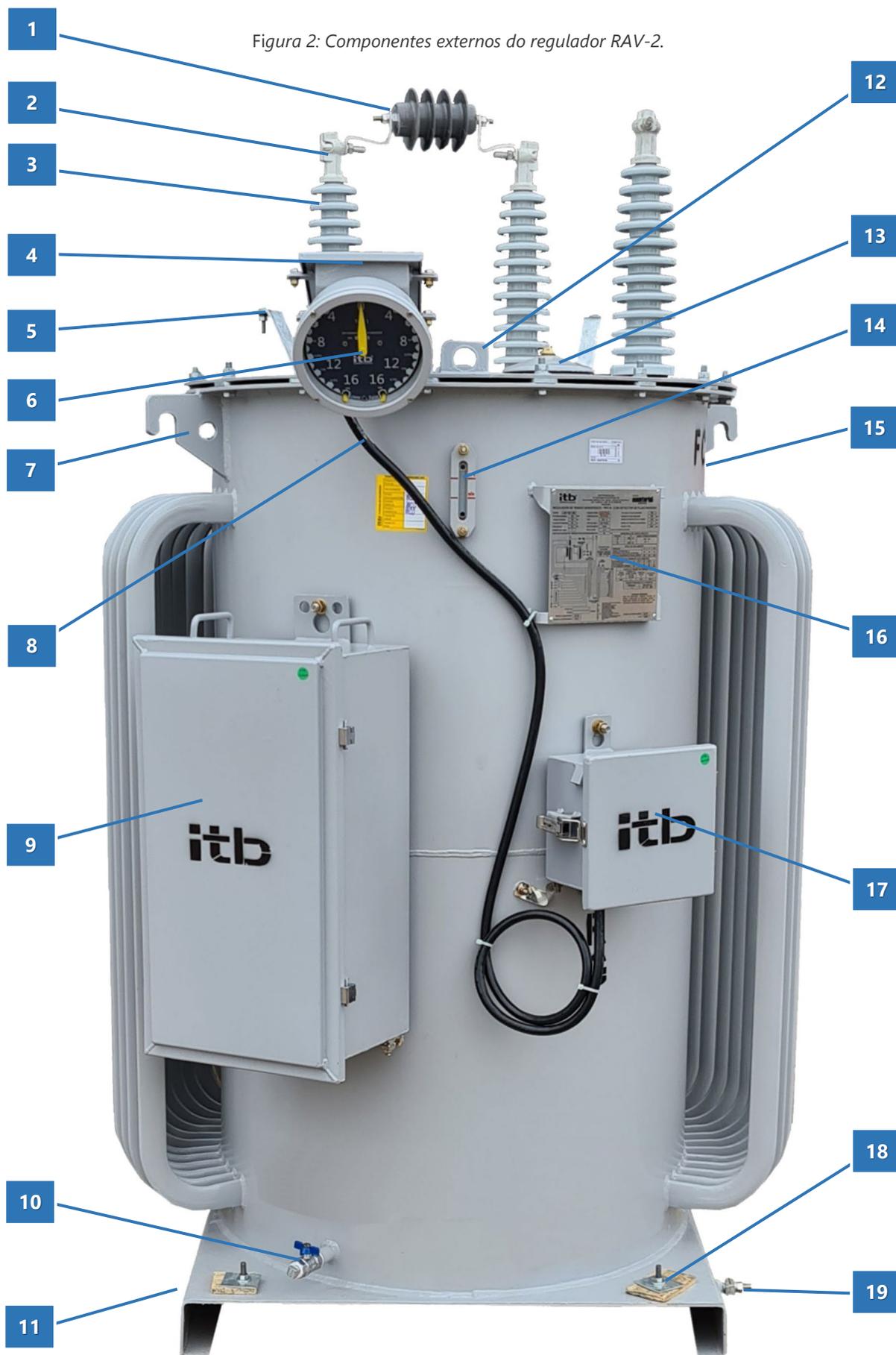


Tabela 2: Componentes externos do regulador RAV-2.

Item	Descrição
1	Para-raios polimérico de óxido de zinco para proteção do enrolamento série
2	Conectores de linha
3	Isolador
4	Caixa do bloco de terminais
5	Suporte para montagem de para-raios paralelo (<i>shunt</i>)
6	Indicador externo de posições mecânico modelo TCPI-1
7	Ganchos de suspensão total do regulador
8	Cabo de controle
9	Caixa de controle (em acordo com o especificado pelo cliente)
10	Válvula de drenagem com dispositivo para coleta de amostra de óleo
11	Base com furação para instalação em plataforma
12	Olhais de suspensão da parte ativa
13	Tampa de inspeção
14	Indicador de nível de óleo com marcação de nominal e mínima
15	Válvula de alívio de pressão interna (parte traseira do tanque do regulador)
16	Placa de identificação em aço inoxidável
17	Caixa auxiliar de passagem para conexão de controle único (se aplicado)
18	Provisão de 4 furos redondos com diâmetro de 20mm para fixação da base à plataforma
19	Conector de aterramento ABNT [®]

Identificação dos terminais de linha

Os terminais de linha dos reguladores são identificados conforme especificado pelo cliente e em acordo com as nomenclaturas descritas pela ABNT[®] ou IEEE[™]. Estas identificações estão indelevelmente marcadas sobre a tampa do regulador em baixo relevo e reforçada com pintura. A Figura 3 representa as marcações conforme nomenclatura da ABNT[®] e a Figura 4 conforme a IEEE[™].

Figura 3: Nomenclatura ABNT[®].

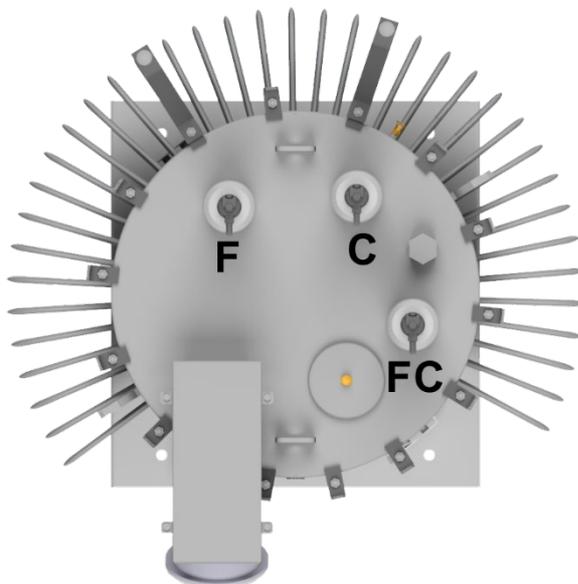
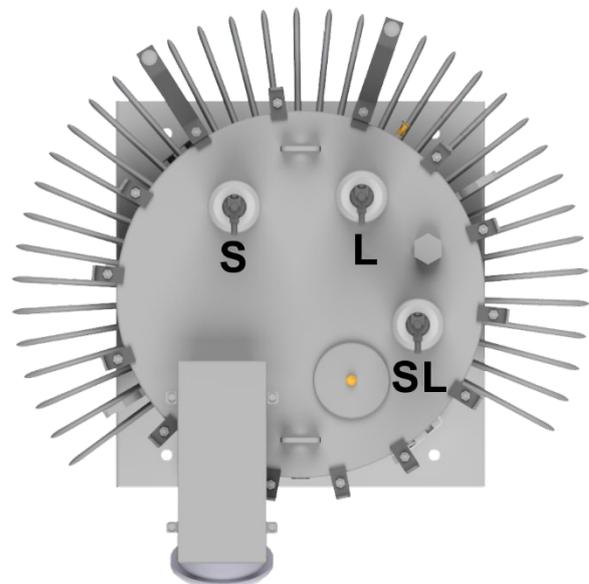


Figura 4: Nomenclatura IEEE[™].



O terminal ligado à fonte do sistema é identificado pela letra F (fonte), ou S (*source*), e está posicionado à esquerda do regulador, quando visto por cima. O terminal ligado à carga do sistema é identificado pela letra C (carga), ou L (*load*), e está posicionado ao centro do regulador. O terminal do comum que é conectado à referência, é designado pela letra FC (fonte-carga) ou SL (*source-load*), e está posicionado à direita do regulador.

DESCRIÇÃO – PRINCIPAIS ACESSÓRIOS

Para que a operação dos reguladores de tensão seja plena e segura, alguns acessórios são necessários. Estes acessórios são descritos a seguir:

Caixa auxiliar de passagem

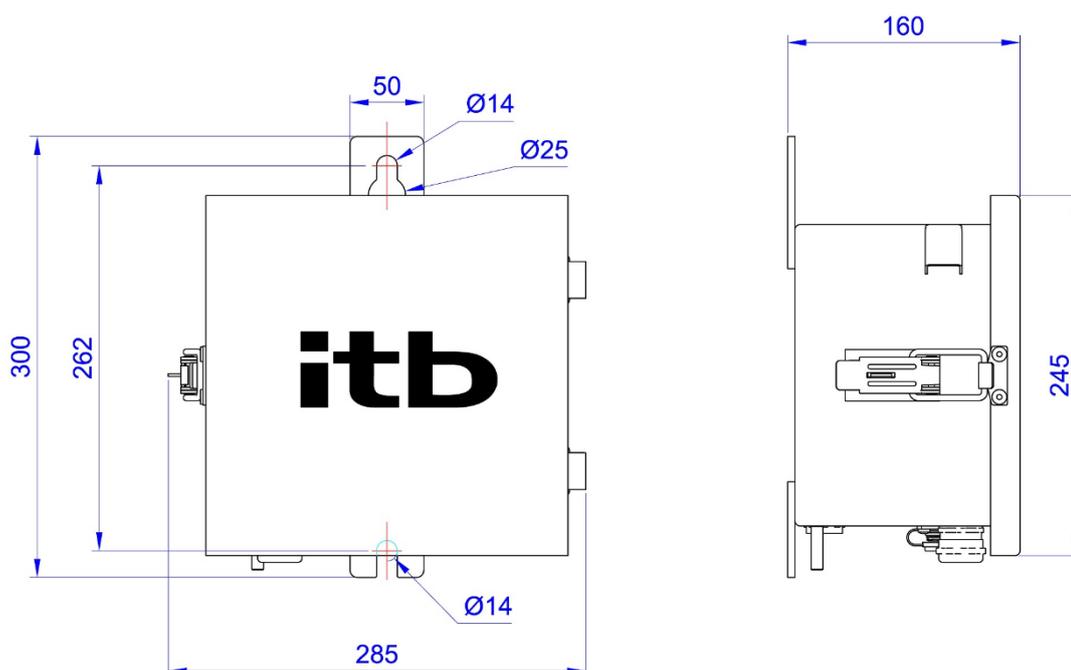
Quando houver o fornecimento de reguladores de tensão sem o controle, ou se especificado pelo cliente, uma caixa auxiliar de passagem estará disponível para o interfaceamento entre o sistema de controle escolhido ao regulador de tensão.

Todos os componentes desta caixa são alojados em um cubículo metálico, fabricado em aço carbono e revestido com sistema de pintura líquida, ou a pó, na cor cinza-claro, notação MUNSSELL N. 6,5, ou em acordo com a pintura padrão do regulador de tensão.

A pedido, ou em acordo com a especificação técnica do cliente, é possível alterar o sistema de acabamento e material do invólucro.

A caixa possui alças de fixação para montagem no corpo do regulador e, caso necessário, também podem ser usadas para fixação da caixa no poste. As dimensões e detalhes das alças estão ilustrados pela Figura 5.

Figura 5: Dimensional externo da caixa auxiliar de passagem.



A caixa auxiliar de passagem as seguintes características:

- Capacitor do motor (20 μ F / 400 V);
- Chave de acionamento alternativo do motor;
- Chave, tipo faca, para curto-circuitar o TC, garantido a retirada segura do sistema de controle;
- Contador de operações acumulativo eletromecânico de 6 dígitos;
- Dispositivos de proteção dos sinais de atuação do motor;
- Entrada adicional para sinal de TP e TC externo;
- Grau de proteção IK9 contra impactos mecânicos externos;
- Grau de proteção IP54 preparada para trabalhar ao tempo;
- Placa de circuito impresso com terminais mola para entrada e saída e dos sinais;
- Terminal roscado M8 para aterramento;
- Terminal de conexão para seleção da tensão do primário;
- Tomada padronizada circular macho de 18 vias.

Componentes internos

A caixa de auxiliar de passagem possui componentes necessários para o amplo interfaceamento padronizado entre o sistema de controle e o regulador de tensão, a localização e a descrição de cada um destes podem ser vistas na Figura 6 e Tabela 3.

Figura 6: Componentes internos à caixa auxiliar de passagem.

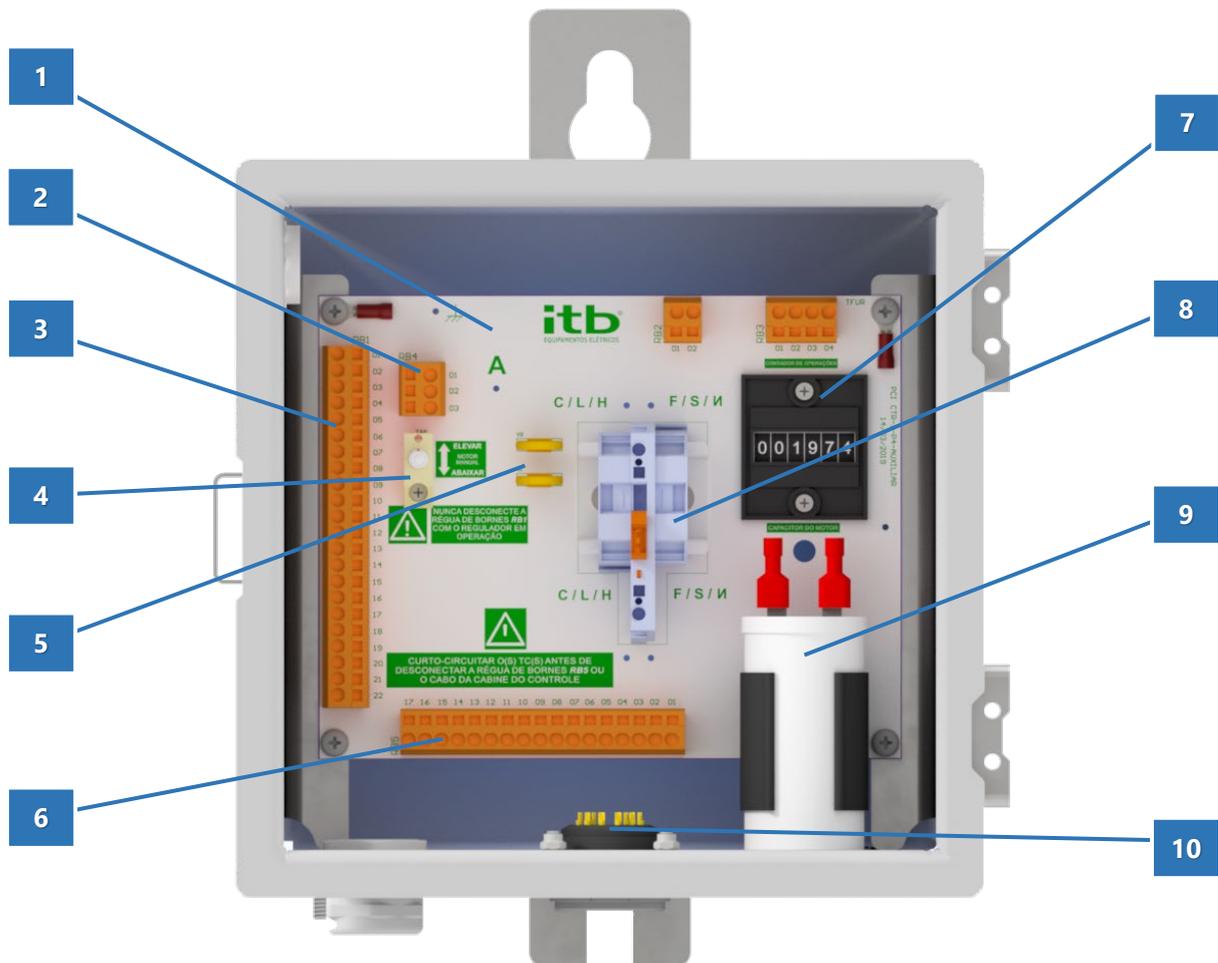


Tabela 3: Componentes internos à caixa auxiliar.

Item	Descrição
1	Placa de circuito impresso <i>PCI CTR-3 - P4 - AUXILIAR</i>
2	Terminal de conexão para seleção da tensão do primário (anilha A) ¹
3	Terminal de entrada dos sinais do regulador de tensão
4	Chave de acionamento alternativo do motor
5	Dispositivos de proteção dos sinais de atuação do motor
6	Terminal de saída dos sinais do regulador de tensão para tomada circular macho padronizada
7	Contador de operações acumulativo eletromecânico de 6 dígitos
8	Chave, tipo faca, para curto-circuitar o secundário do TC
9	Capacitor do motor (20 μ F / 400 V)
10	Tomada padronizada circular macho de 18 vias

Interface padronizada

A conexão entre o sistema de controle escolhido e a caixa auxiliar de passagem do regulador de tensão é feita através uma interface padronizada, conforme item 10 da Tabela 3. Esta interface possui sinais padronizados, que atendem as mais diversas especificações técnicas do mercado, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Pinos padronizados para interfaceamento.

Pinos	Descrição
1	Neutro (aterrado)
2	Contador de operações
3	Luz Neutra
4	Fase de medição de corrente
5	Fase de medição de tensão
6	Acionamento do motor no sentido de elevar
7	Acionamento do motor no sentido de abaixar
8	Reset do indicador de posições
9	Retenção do motor
10	- Sem conexão -
11*	Indicador de polaridade
12*	Bit 0 para leitura do <i>encoder</i>
13*	Bit 1 para leitura do <i>encoder</i>
14*	Bit 2 para leitura do <i>encoder</i>
15*	Bit 3 para leitura do <i>encoder</i>
16*	Bit 4 para leitura do <i>encoder</i>
17*	Fase de medição de tensão para TP auxiliar
18*	Fase de medição de tensão para TC auxiliar



CUIDADO: A fim de evitar problemas, até mesmo a queima do sistema de controle, os pontos indicados com * DEVERÃO ser abertos caso se utilize sistemas de controles não fabricados pela ITB Equipamentos Elétricos Ltda.

¹ Para mais informações sobre o ajuste da tensão do primário, veja a seção: **Ajuste da tensão do primário.**

A interface fixada na caixa auxiliar é do tipo tomada circular macho com 18 vias. A interface que deve ser conectada à caixa auxiliar deve ser do tipo tomada circular fêmea de 18 vias, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7: Tomada circular fêmea de 18 vias.



Acionamento alternativo do motor

A chave de acionamento alternativo do motor está localizada na placa de circuito impresso denominada PCI CTR-3 - P4 – AUXILIAR, e na posição TAP, conforme item 4 da Tabela 3.

Esta chave permite a operação de elevar ou abaixar a posição do comutador somente com a presença de um sistema de controle conectado à caixa auxiliar.

A chave é do tipo momentânea de 3 posições, uma normalmente desligada e as que aciona o motor de elevar e baixar, conforme sentido indicado na serigrafia da PCI CTR-3 - P4 – AUXILIAR.



PERIGO: NÃO OPERE esta função em reguladores de tensão sem indicador externo de posições mecânico.

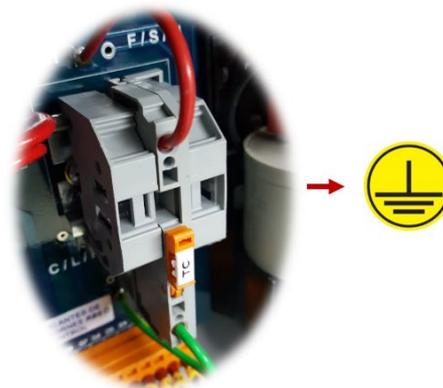


PERIGO: O acionamento alternativo do motor deve ser realizado com cuidado, pois no interior da caixa de auxiliar existem vários pontos energizados.

Curto-circuito do TC

Para evitar sobretensão no secundário do TC, antes da retirada do sistema de controle escolhido é necessário curto-circuitar o sinal de corrente. Esta operação deve ser realizada através da chave, do tipo faca, fixada sobre a placa de circuito impresso denominada PCI CTR-3 - P4 – AUXILIAR, no interior da caixa auxiliar de passagem. A Figura 8 ilustra esse procedimento.

Figura 8: Procedimento para curto-circuitar o TC.

Sinal do TC para sistema de controle**Sinal do TC para Terra**

CUIDADO: NÃO REMOVA o conector da tomada circular padronizada sem antes curto-circuitar o TC. O circuito do TC **DEVE** estar em curto-circuito quando da retirada do sistema de controle. O não cumprimento dessas instruções resultará em danos aos equipamentos.

Indicador externo de posições mecânico modelo TCPI-1

O indicador externo de posições mecânico, modelo TCPI-1 para reguladores de tensão RAV-2 da ITB Equipamentos Elétricos Ltda., é um dispositivo que permite obter as informações de posicionamento do comutador em tempo real, através de sua ligação por meio de eixo flexível diretamente conectado ao mecanismo do comutador sob carga.

É fixado na tampa do regulador e possui inclinação que o torna visível desde o solo. O TCPI-1 possui um visor graduado em 16 passos para elevar, 16 passos para abaixar e posição neutra, os passos possuem indicações apenas para os tapes pares.

Este visor, de forma simultânea, é capaz de indicar a posição atual, máxima e mínima atingidas durante a operação do regulador. Os ponteiros indicadores das posições máxima e mínima são do tipo de arraste, para seu restabelecimento (*reset*) se deve utilizar o botão correspondente no sistema de controle escolhido.

Capacidade das correntes nominais suplementares em regime contínuo (*load bonus*)

Normatizado pela ABNT[®] NBR 11809 e IEEE Std C57.15TM, os reguladores de tensão monofásicos devem ter a possibilidade de trabalho com correntes nominais suplementares em regime contínuo (*load bonus*), desde que esta corrente não ultrapasse os 668 A. Os detalhes de ajustes estão na Tabela 5.

Tabela 5: Tabela de ajuste do load bonus.

Faixa de Regulação de Tensão [%]	Posição de Ajuste [TAP]	Corrente Nominal Suplementar em Regime Contínuo [%]
±10,00	±16	100
±8,75	±14	110
±7,50	±12	120
±6,25	±10	135
±5,00	±8	160

Para atender tal função, o indicador TCPI-1 está dotado de chaves de fim de curso que permitem controlar o limite da faixa de operação (controle de *load bonus*) para os lados de elevar (*raise*) e abaixar (*lower*). A localização e a descrição de cada uma destas chaves, e dos demais itens do TCPI-1, podem ser vistas na Figura 9 e Tabela 6.

Figura 9: Indicador TCPI-1.

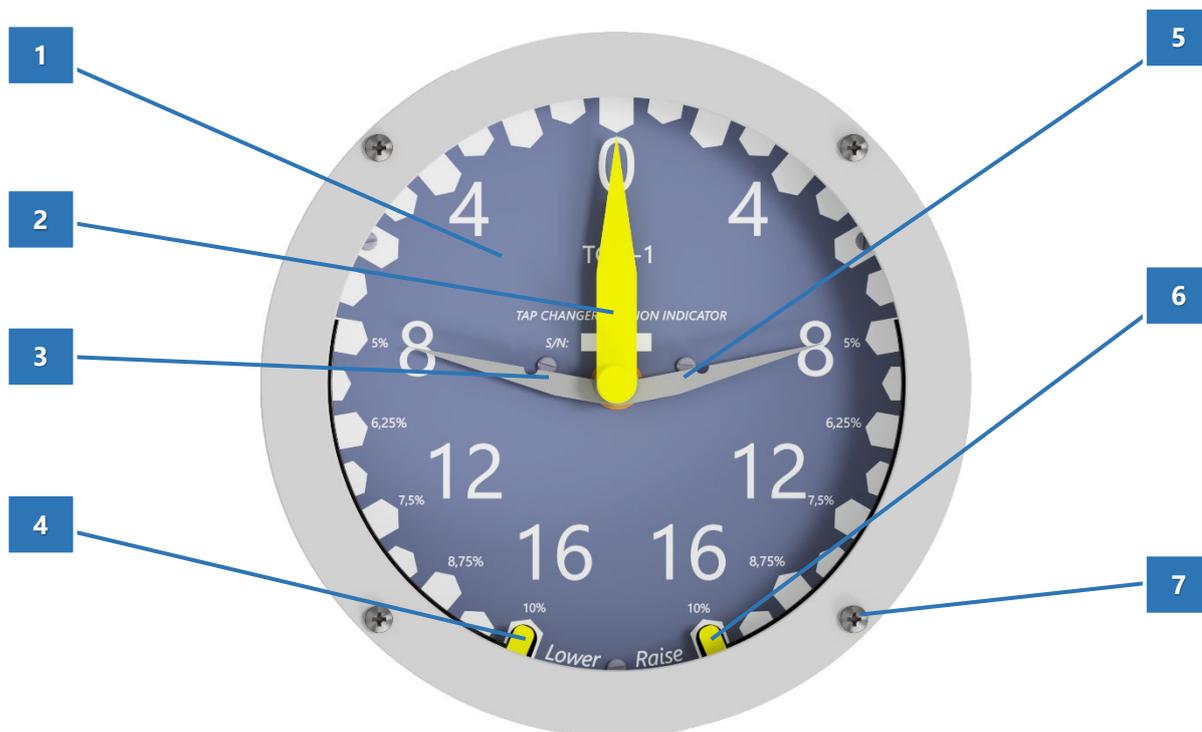


Tabela 6: Componentes do indicador TCPI-1.

Item	Descrição
1	Visor graduado com a indicação das posições
2	Ponteiro indicador da posição atual
3	Ponteiro indicado da posição mínima
4	Alavanca de ajuste da chave de fim de curso do <i>load bonus</i> da posição mínima (sentido abaixar)
5	Ponteiro indicador da posição máxima
6	Alavanca de ajuste da chave de fim de curso do <i>load bonus</i> da posição máxima (sentido elevar)
7	Parafuso para remoção do painel frontal e acesso às alavancas de ajuste do <i>load bonus</i>

Ajuste das chaves de fim de curso (*load bonus*)

A função de *load bonus* nos reguladores RAV-2 permite o acréscimo da capacidade de condução de corrente suplementar através da redução da faixa de regulação. Esta operação deve ser ajustada através dos ajustes das chaves de fim de curso do indicador de posição TCPI-1, ou através de função digital disponível no sistema de controle escolhido, para que possa limitar a faixa de trabalho do comutador sob carga em ambas as direções.



AVISO: Certifique-se que o ponteiro de indicação da posição atual não está fora da faixa de regulação pretendida antes de realizar o ajuste das alavancas de bloqueio.



AVISO: NUNCA manipule ponteiro de indicação da posição atual.

Caso seja necessário comute manualmente o comutador para dentro da faixa requerida antes da ativação da função *load bonus*.

Para programar as alavancas das chaves de fim de curso, proceda com os seguintes passos:

1. Utilize uma chave Philips #2 para soltar os 4 parafusos que fixam o frontal do indicador TCPI-1;
2. Empurre as alavancas para a nova faixa de *load bonus* requerida, observe que a cada 2 passos de ajustes, entre as posições de ± 8 a ± 16 , haverá um pequeno estalo, indicando o correto posicionamento;
3. Feche a tampa do frontal do indicador e aperte os 4 parafusos de fixação;
4. Certifique-se que a vedação da tampa do indicador com o seu corpo foi restabelecida.



AVISO: O ajuste do *load bonus* diretamente no indicador TCPI-1 possui predominância sobre os ajustes digitais, uma vez que interrompe eletricamente o circuito do motor do comutador.



PERIGO: Por segurança, quando do fornecimento de reguladores de tensão sem o sistema de controle, somente com a caixa de auxiliar de passagem, é recomendado que o indicador TCPI-1 seja especificado na ordem de compra.

Para-raios série (*by-pass*)

Os reguladores de tensão RAV-2 são equipados com para-raios, tipo varistor de óxido metálico (Zno, óxido de zinco), com encapsulamento polimérico de silicone, para proteção de enrolamento série, ligado entre os terminais de fonte (F ou S) e carga (C ou L), conforme item 1 da Tabela 2. Este dispositivo tem como objetivo limitar a tensão que passará pelo enrolamento série do regulador durante surtos atmosféricos, de chaveamento ou de qualquer outro problema da linha. A Tabela 7 detalha as especificações do para-raios série utilizado em função da tensão nominal do regulador.

Tabela 7: Para-raios série (by-pass).

Característica Básicas	Tensão Nominal do Regulador ≤19,92 kV	Tensão Nominal do Regulador >19,92 kV
Tensão nominal (kV)	3,0	6,0
Tensão máxima de operação contínua (kV)	2,55	5,1
Frequência nominal (Hz)	50/60	50/60
Corrente nominal de descarga 8/20µs (kA)	10	10
Capacidade de absorção de energia (kJ/kV)	1,8	1,8

Para-raios paralelo (*shunt*)

Para proteção do enrolamento paralelo (excitação ou *shunt*) do regulador, é recomendado a instalação de para-raios paralelo em todos os terminais não aterrados do regulador.

Caso especificado, o regulador de tensão poderá vir com suportes para instalação destes para-raios próximos aos terminais do regulador. Conecte o descarregador diretamente à terra, utilizando um cabo de menor extensão possível².

A Tabela 8 detalha as especificações do para-raios paralelo em função da tensão nominal do regulador.

Tabela 8: Para-raios paralelo (*shunt*).

Tensão Nominal do Regulador [V]	Para-raios Paralelo Recomendado	
	Tensão Nominal [kV]	Tensão Máxima de Operação Contínua [kV]
6.600	9,0	7,65
7.620	10,0	8,40
7.967	10,0	8,40
8.660	12,0	10,20
10.000	15,0	12,70
11.000	15,0	12,70
13.800	18,0	15,30
14.400	18,0	15,30
15.000	21,0	17,00
19.920	27,0	22,00
20.000	27,0	22,00
22.000	30,0	24,40
23.100	30,0	24,40
30.000	36,0	30,60
33.000	36,0	30,60
34.500	36,0	30,60



AVISO: A Tabela 8 tem apenas caráter informativo, é recomendado que estudos de proteção devam ser realizados para validação caso a caso do sistema de proteção de reguladores de tensão.

² Para mais detalhes sobre a instalação dos para-raios paralelo, verifique a seção: **Possibilidades de conexões do sistema.**

INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO

As abordagens a seguir são determinantes para uma instalação e operação segura dos reguladores de tensão RAV-2 da ITB Equipamentos Elétricos Ltda.

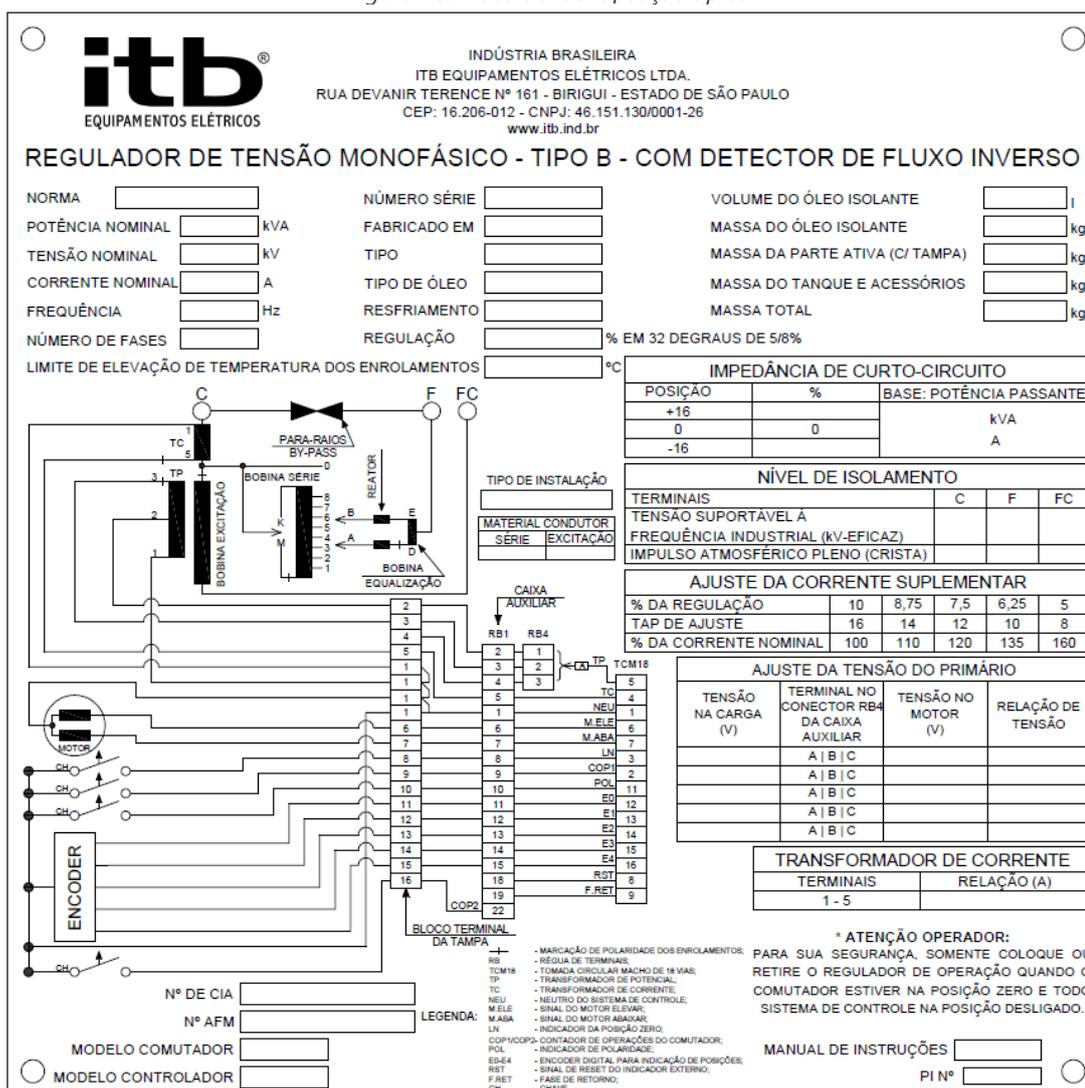
Placa de identificação

Antes da instalação e operação, é fundamental a leitura de todos os dados da placa de identificação do regulador. Por padrão, cada regulador possui uma placa de identificação, fabricada em aço inoxidável, e fixada sobre o tanque. Na Figura 10 pode ser visto um modelo típico desta placa.

Ela traz dados inerentes ao projeto do regulador, informações necessárias para o uso adequado do equipamento. Também possui gravado o número de série, data de fabricação, código do cliente (se aplicado) e patrimônio (se aplicado).

Ao contatar o suporte técnico da ITB Equipamentos Elétricos Ltda., sempre tenha em mãos o número de série, para que nosso time possa consultar todas as informações relacionadas ao equipamento em questão.

Figura 10: Placa de identificação típica.



Ajuste da tensão do primário

Em todas as placas de identificação dos reguladores de tensão RAV-2, há uma tabela intitulada *AJUSTE DA TENSÃO DO PRIMÁRIO*. Esta tabela é específica para cada tipo de sistema de controle, e traz as devidas alterações que devem ser feitas para que a tensão nominal de trabalho do regulador esteja compatível com a tensão nominal da linha que será regulada. É necessário observar:

- Quando o regulador possuir a caixa de auxiliar de passagem, o ajuste deve ser feito no terminal identificado com "A", que é ligado à régua de bornes *RB4*, localizada na placa de circuito impresso denominada *PCI CTR-3 - P4 – AUXILIAR*. Este ajuste poderá variar entre as posições 1, 2 ou 3 da régua;
- Quando o regulador possuir o controle monofásico modelo CTR-2, sem placa de circuito em seu interior (versão antiga da caixa), e o TP de compensação, o ajuste deve ser feito nos terminais identificados com "A", "B" e "C" na régua de bornes principal da caixa. O ajuste "A" poderá variar entre as posições 2, 3 ou 4. Os ajustes "B" e "C", entre as posições de 30 a 35. Caso o sistema de controle não possua o TP de compensação, somente o ajuste "A" deverá ser realizado, os ajustes "B" e "C" deverão ser mantidos em suas posições originais;
- Quando o regulador possuir o controle monofásico modelo CTR-2, com placa de circuito em seu interior, e o TP de compensação, o ajuste deve ser feito nos terminais identificados com "A", "B" e "C". O terminal "A" é ligado à régua de bornes *RB4*, já os terminais "B" e "C" são ligados à régua de bornes *RB5*. Ambas as régua estão localizadas na placa de circuito impresso denominada *PCI CTR-P1 – FUNDO*. O ajuste "A", poderá variar entre as posições 1, 2 ou 3. Os ajustes "B" e "C", entre as posições de 1 a 8. Caso não haja disponível no interior da caixa o TP de compensação, somente o ajuste "A" deverá ser realizado, os ajustes "B" e "C" deverão ser mantidos em suas posições originais;
- Quando o regulador possuir o controle monofásico SEL-2431, o ajuste deve ser feito no terminal identificado com "A", que é ligado à régua X1. O ajuste "A" poderá variar entre as posições 2, 3 ou 4.

Para ajustar a tensão nominal de trabalho, proceda com os seguintes passos:

1. Identifique a correta posição dos terminais de reconexão para seleção da tensão adequada;
2. Utilize uma chave de fenda tipo borne (1/8") para afrouxar os parafusos (caixa antiga do controle CTR-2) ou a mola (caixa auxiliar e caixa do controle CTR-2) das régua de bornes;
3. Proceda com as devidas reconexões necessárias;
4. Aperte os parafusos ou libere a mola das régua de bornes. Confira as conexões!



PERIGO: Se o regulador estiver energizado e for necessário ajustar os terminais "B" e "C", referentes ao TP de compensação, abra primeiro o terminal "A", para evitar o risco de choque elétrico.



PERIGO: Se o regulador estiver energizado e for necessário ajustar a tensão do primário, a operação deve ser realizada com cuidado, pois no interior da caixa existem vários pontos energizados.



AVISO: Se o regulador possuir a caixa auxiliar de passagem e caixa do controle monofásico CTR-2, o ajuste da tensão do primário deve ser realizado apenas na caixa auxiliar de passagem. Não retire o terminal "A" da posição original na caixa do controle CTR-2.

Potência nominal em função da altitude

Pelo efeito da redução da densidade do ar em função da elevação da altitude da instalação, é acrescida a elevação de temperatura dos reguladores, uma vez que estes dependem do ar para dissipação de suas perdas. Por este motivo, para que se possa manter os limites de elevação de temperatura dentro do projetado, os reguladores instalados acima de 1.000 metros sobre nível do mar (msnm), têm potência nominal reduzida, de acordo com o especificado pelas normas ABNT[®] NBR 11809 e IEEE Std C57.15[™].

Para determinar o novo valor de potência nominal, utiliza-se um fator de redução de 0,4% para cada 100 metros de elevação sobre os 1.000 metros. **Exemplo:** Reguladores com potência própria nominal de 276 kVA e projetados para uma altitude máxima de 1.000 msnm, se instalados em 2.000 msnm, terão potência nominal reduzida para 265 kVA, redução de 4%.



AVISO: Para que não haja redução da potência nominal do regulador em função da altitude, durante o processo de especificação técnica do pedido de cotação, é necessário informar a altitude (em msnm) de instalação dos reguladores.

Inspeções antes da instalação

Antes de colocar o regulador em operação, prossiga com as seguintes inspeções:

1. Verifique se o regulador de tensão selecionado é compatível com as características da rede onde será instalado;
2. Verifique se o nível de óleo está abaixo da marcação de mínimo. Em caso de insuficiência, verifique sinais visíveis de vazamento, não encontrando, promova a adequada reposição com óleo compatível;
3. Inspeccione as buchas para detectar danos ou sinais de vazamentos nas vedações. Se houver suspeita de infiltração, remova a tampa de inspeção para verificar se há traços de oxidação ou de água no óleo. Confirmada a infiltração, consulte a ITB Equipamentos Elétricos Ltda. para indicação do procedimento adequado;
4. Se o regulador permanecer armazenado por algum tempo, verifique a rigidez dielétrica do óleo de acordo com a ABNT[®] NBR IEC 60156. Se o valor encontrado estiver abaixo de 55 kV, filtre o óleo e proceda com os testes adicionais de forma a verificar a sua integridade;
5. Examine se não há danos no para-raios série e em seus condutores;
6. Confira se as marcações dos terminais de linha do regulador estão em acordo com o apresentado na seção: **Identificação dos terminais de linha**;
7. Verifique a rigidez dielétrica entre os terminais das buchas e o tanque através de um megômetro de 5 kV. O valor mínimo lido deverá ser de 1.000 M Ω na temperatura ambiente;
8. Verifique se o indicador de posição está livre de danos e na posição neutra e, caso não esteja, proceda com a alimentação externa, teste funcional na baixa tensão e colocação do comutador na posição neutra;
9. Verifique se o ajuste da tensão do primário está adequado para a tensão de linha que o regulador trabalhará, conforme indicado na seção: **Ajuste da tensão do primário**;
10. Verifique se todos os ajustes de parâmetros estão corretamente programados no sistema de controle escolhido, conforme roteiro de comissionamento pré-estabelecido.



CUIDADO: Se houver necessidade de secar a parte ativa ou submeter o óleo a processos aquecidos, certifique-se que o comutador não atinja temperaturas superiores a 90°C. Isto pode causar danos aos *microswitches* responsáveis pelos sinais do comutador sob carga.



AVISO: Verifique o manual do fabricante do sistema de controle escolhido para detalhamento geral de suas funções, ajustes e operação.

Possibilidades de conexões do sistema

Os reguladores de tensão RAV-2 da ITB Equipamentos Elétricos Ltda. podem trabalhar em diversas configurações de sistema, atendendo uma ampla possibilidade de conexão e regulação. O tipo de conexão do regulador ao sistema será determinante para definição de sua tensão nominal.

Este manual abordará as seguintes possibilidades de conexão e regulação:

- Regulação monofásica, fase-neutro multi-aterrado, um regulador, a dois fios;
- Regulação monofásica, fase-fase, um regulador, a dois fios;
- Regulação trifásica, fase-fase, dois reguladores, delta aberto a três fios;
- Regulação trifásica, fase-fase, três reguladores, delta fechado adiantado a três fios;
- Regulação trifásica, fase-fase, três reguladores, delta fechado atrasado a três fios;
- Regulação trifásica, fase-neutro multi-aterrado, três reguladores, estrela a quatro fios.



PERIGO: Conecte o terminal da fonte (F ou S) do regulador ao lado da fonte do sistema, e o terminal da carga (C ou L) do regulador ao lado da carga do sistema. Para conexões estrela, conecte o terminal do comum (FC ou SL) do regulador ao neutro do sistema. Para conexões delta, conecte o terminal do comum (FC ou SL) do regulador ao terminal de carga (C ou L) do regulador de referência. Conexões incorretas podem provocar danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.



PERIGO: Se o terminal do comum (FC ou SL) do regulador de tensão estiver aberto, ou seja, sem referência, e estiver fora da posição neutra, dependendo da corrente de carga, tensões elevadas poderão ser induzidas, podendo provocar danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte. Portanto, **NÃO INSTALE** dispositivos do tipo corta-circuito automático (chave fusível ou religador) no terminal comum (FC ou SL) dos reguladores de tensão.



AVISO: Os diagramas de conexão exibem chaves individuais para as funções de *by-pass* e de desconexão. Porém, chaves do tipo *by-pass* podem ser utilizadas em cada regulador para desempenhar as operações sequenciais simplificadas.



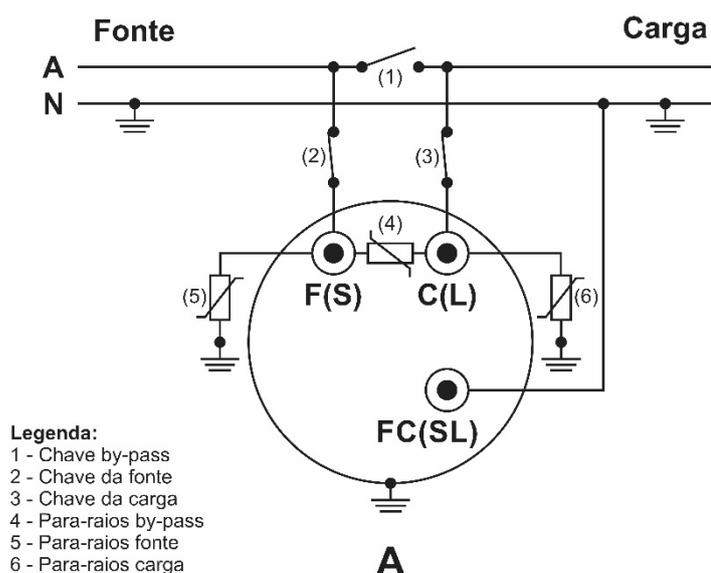
AVISO: Verifique o manual do fabricante do sistema de controle escolhido para detalhamento geral de suas funções, ajustes e operação para a correta tratativa de fluxo de potência nas mais diversas possibilidades de conexões.

Regulação monofásica entre fase-neutro multi-aterrado

A regulação monofásica, fase-neutro multi-aterrado, com um regulador, a dois fios, possui ligação conforme exibido pela Figura 11 e com as seguintes características básicas:

- Tensão nominal do regulador é igual à tensão nominal fase-neutro do sistema;
- Regulação máxima efetiva de até $\pm 10\%$ da tensão entre fase-neutro;
- A corrente é medida apenas na fase;
- Defasagem entre tensão e corrente será de 0° ;
- Pode regular ambos os sentidos do fluxo de potência, desde que o sistema de controle escolhido esteja apto para isto.

Figura 11: Conexão em linha monofásica fase-neutro.



PERIGO: Devido a possível flutuação de neutro e do excesso de operações em busca de referência, não se deve instalar um regulador em circuito a um fio.

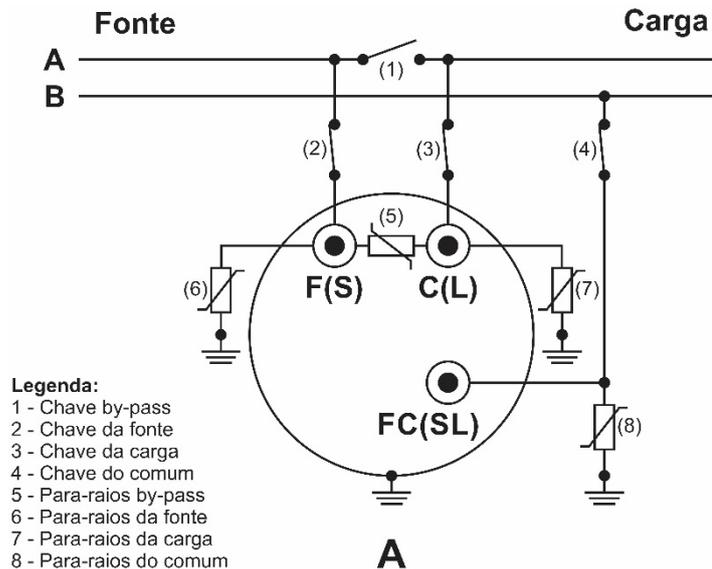
Regulação monofásica entre fase-fase

A regulação monofásica, fase-fase, com um regulador, a dois fios, possui ligação conforme exibido pela Figura 12 e com as seguintes características básicas:

- Tensão nominal do regulador é igual à tensão nominal fase-fase do sistema;
- Regulação máxima efetiva de até $\pm 10\%$ da tensão entre fases;
- A corrente é medida apenas em uma das duas fases;
- Defasagem entre tensão e corrente será de -30° ou $+30^\circ$, dependendo da sequência de fases;

- Pode regular ambos os sentidos do fluxo de potência, desde que o sistema de controle escolhido esteja apto para isto.

Figura 12: Conexão em linha monofásica fase-fase.

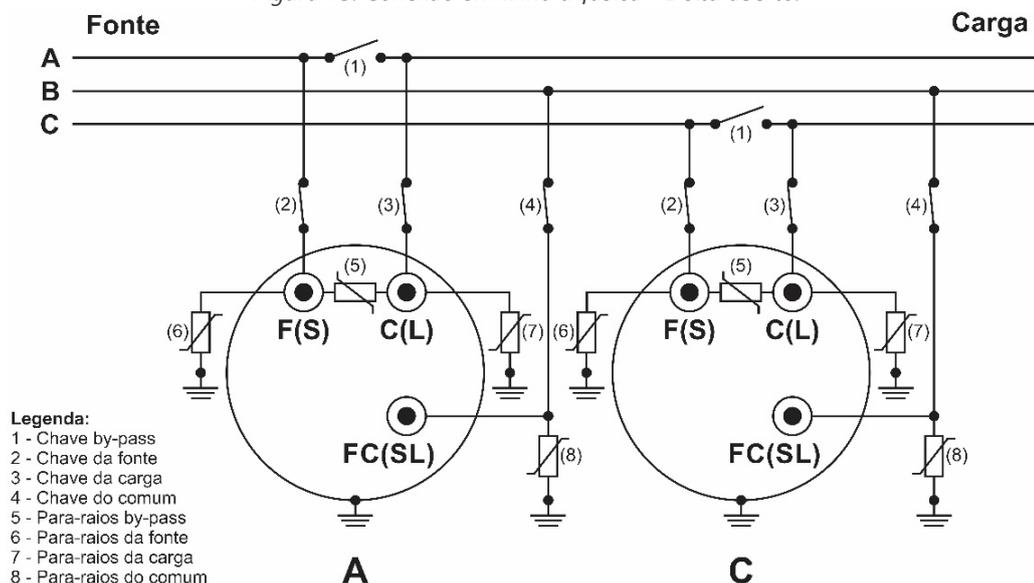


Regulação trifásica – Delta aberto

A regulação trifásica, fase-fase, com dois reguladores, delta aberto, a três fios, possui ligação conforme exibido pela Figura 13 e com as seguintes características básicas:

- Tensão nominal do regulador é igual à tensão nominal fase-fase do sistema;
- Regulação máxima efetiva de até $\pm 10\%$ da tensão entre fases;
- A corrente é medida apenas em duas das três fases;
- Defasagem entre tensão e corrente será de -30° para um regulador e $+30^\circ$ para o outro.
- Pode regular ambos os sentidos do fluxo de potência, desde que o sistema de controle escolhido esteja apto para isto.

Figura 13: Conexão em linha trifásica - Delta aberto.

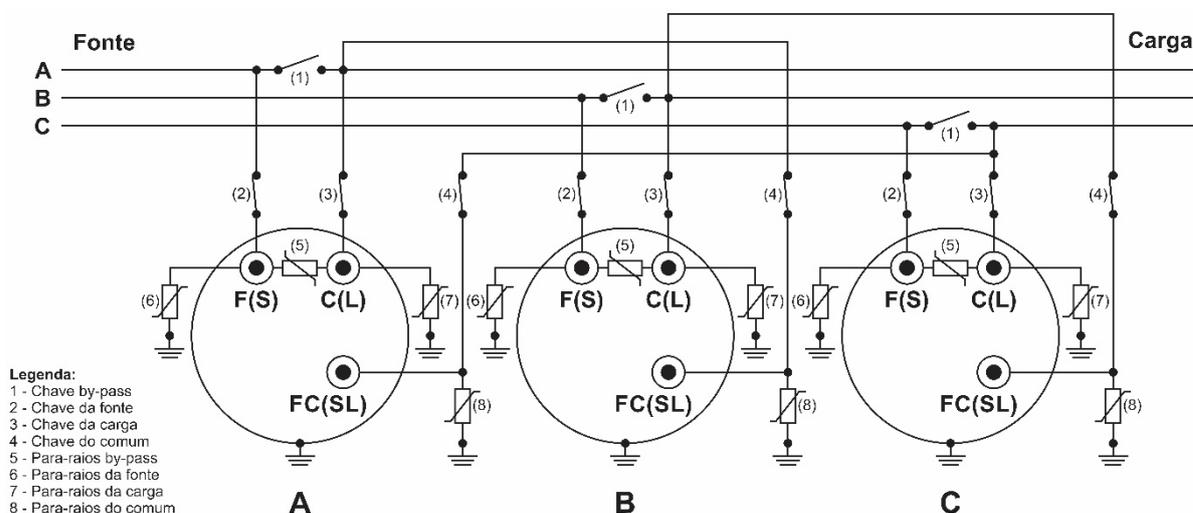


Regulação trifásica – Delta fechado adiantado

A regulação trifásica, fase-fase, com três reguladores, delta fechado adiantado, a três fios, possui ligação conforme exibido pela Figura 14 e com as seguintes características básicas:

- Tensão nominal do regulador é igual à tensão nominal fase-fase do sistema;
- Regulação máxima efetiva de até $\pm 15\%$ da tensão entre fases;
- A corrente é medida nas três fases;
- Defasagem entre tensão e corrente será de $+30^\circ$, para todos os reguladores;
- Quando o sistema de controle escolhido for do tipo monofásico, e este esteja apto para isso, é possível regular ambos os sentidos do fluxo de potência, desde que o fluxo inverso seja causado por um sistema gerador de pequeno porte (cogeração);
- Quando o sistema de controle escolhido for do tipo monofásico, e este esteja apto para isso, para regular o fluxo inverso de potência causado por fechamento de redes em anel, ou por chaveamento das fontes principais, será obrigatório o uso de um TP externo independente. Este TP deve ter seu primário conectado entre o terminal de fonte (F ou S) do regulador que usará sua referência e o terminal de fonte (F ou S) do regulador da fase de referência. Entendendo-se como fase de referência, a fase em que o terminal do comum (FC ou SL) do regulador está ligada, com isso, respeitando e mantendo a sequência de fase e polaridade. O terminal secundário do TP deve ser conectado na entrada adicional de sinal de tensão do sistema de controle escolhido.

Figura 14: Conexão em linha trifásica - Delta fechado adiantado.



AVISO: O TP externo independente para medição da tensão entre fases do lado da fonte é opcional, caso necessário, especifique-o durante o processo do pedido de cotação.



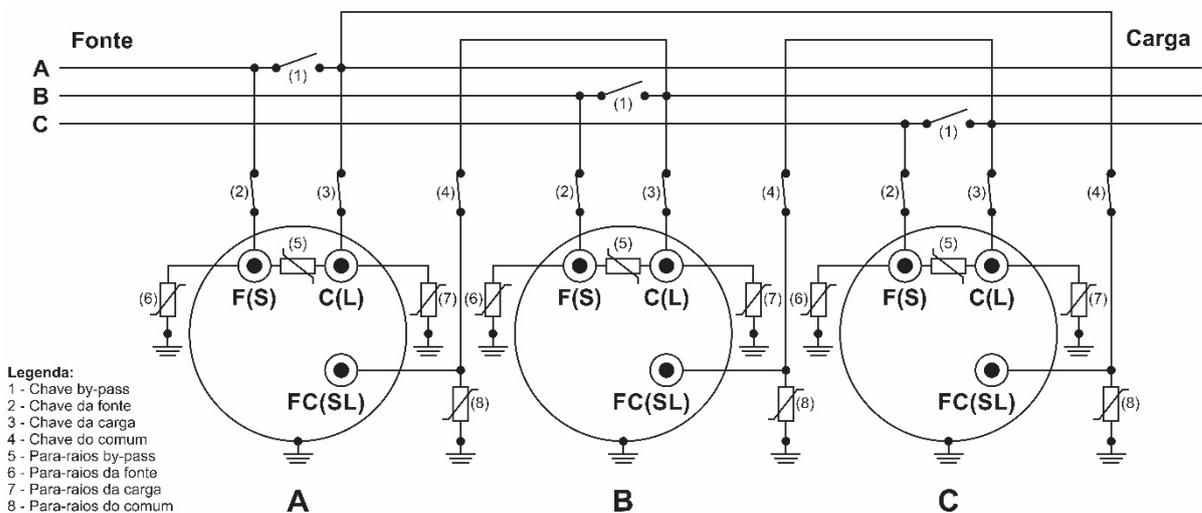
AVISO: Quando utilizado o controle trifásico, modelo CTR-3, não há necessidade de utilização do TP externo independente para a regulação do fluxo bidirecional em conexão delta fechado.

Regulação trifásica – Delta fechado atrasado

A regulação trifásica, fase-fase, com três reguladores, delta fechado atrasado, a três fios, possui ligação conforme exibido pela Figura 15 e com as seguintes características básicas:

- Tensão nominal do regulador é igual à tensão nominal fase-fase do sistema;
- Regulação máxima efetiva de até $\pm 15\%$ da tensão entre fases;
- A corrente é medida nas três fases;
- Defasagem entre tensão e corrente será de -30° , para todos os reguladores;
- Quando o sistema de controle escolhido for do tipo monofásico, e este esteja apto para isso, é possível regular ambos os sentidos do fluxo de potência, desde que o fluxo inverso seja causado por um sistema gerador de pequeno porte (cogeração);
- Quando o sistema de controle escolhido for do tipo monofásico, e este esteja apto para isso, para regular o fluxo inverso de potência causado por fechamento de redes em anel, ou por chaveamento das fontes principais, será obrigatório o uso de um TP externo independente. Este TP deve ter seu primário conectado entre o terminal de fonte (F ou S) do regulador que usará sua referência e o terminal de fonte (F ou S) do regulador da fase de referência. Entendendo-se como fase de referência, a fase em que o terminal do comum (FC ou SL) do regulador está ligada, com isso, respeitando e mantendo a sequência de fase e polaridade. O terminal secundário do TP deve ser conectado na entrada adicional de sinal de tensão do sistema de controle escolhido.

Figura 15: Conexão em linha trifásica - Delta fechado atrasado.



AVISO: O TP externo independente para medição da tensão entre fases do lado da fonte é opcional, caso necessário, especifique-o durante o processo do pedido de cotação.



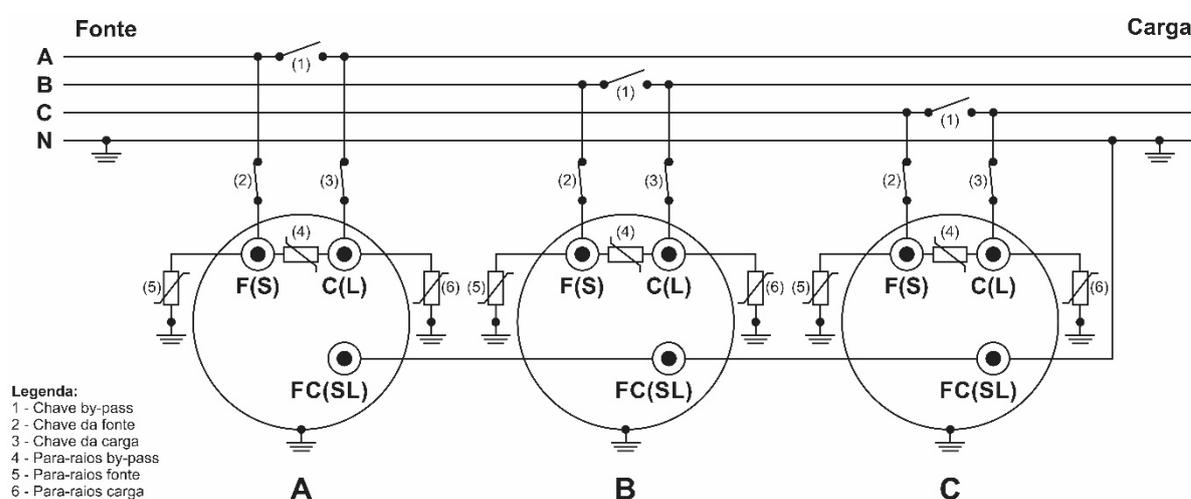
AVISO: Quando utilizado o controle trifásico, modelo CTR-3, não há necessidade de utilização do TP externo independente para a regulação do fluxo bidirecional em conexão delta fechado.

Regulação trifásica – Estrela multi-aterrada

A regulação trifásica, fase-neutro, com três reguladores, estrela multi-aterrada, a quatro fios, possui ligação conforme exibido pela Figura 16 e com as seguintes características básicas:

- Tensão nominal do regulador é igual à tensão nominal fase-neutro do sistema;
- Regulação máxima efetiva de até $\pm 10\%$ da tensão entre fase-neutro;
- A corrente é medida nas três fases;
- Defasagem entre tensão e corrente será de 0° para todos os reguladores;
- Pode regular ambos os sentidos do fluxo de potência, desde que o sistema de controle escolhido esteja apto para isto.

Figura 16: Conexão em linha trifásica - Estrela multi-aterrada.



PERIGO: Devido a possível flutuação de neutro e excesso de operações em busca de referência, não se deve instalar três reguladores em estrela em circuitos a três fios.

Conexão do TP externo independente

Quando da necessidade da regulação em ambos os sentidos de fluxo de potência, com reguladores de tensão monofásicos instalados ao sistema elétrico trifásico através da conexão delta fechado, e do uso do sistema de controle regulador de tensão monofásico, é obrigatório o uso de um TP externo independente ligado entre fontes dos reguladores.

Os tópicos a seguir ilustrarão as conexões primárias deste TP externo independente, para os bancos de reguladores conectados em delta. As conexões secundárias do TP devem estar de acordo com o recomendado pelo manual do fabricante do sistema de controle escolhido.

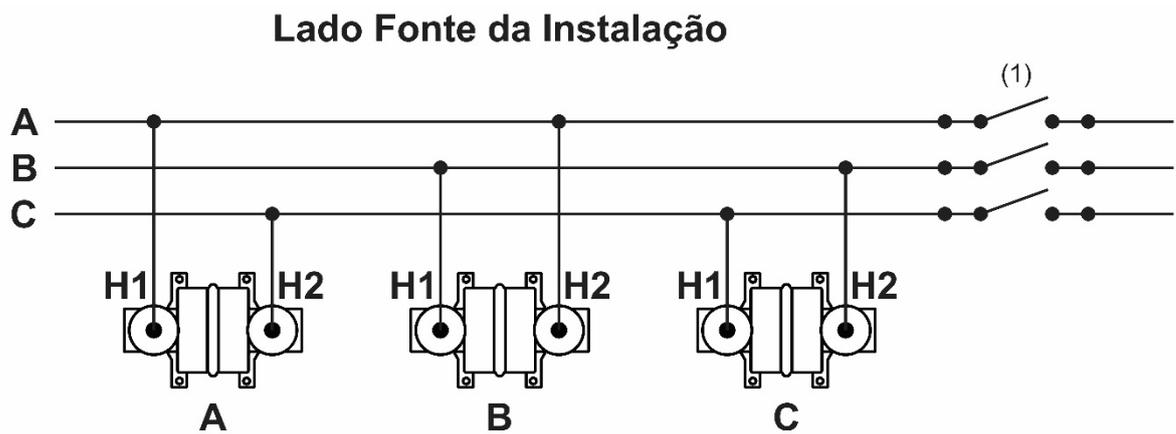


AVISO: Se o TP externo independente for fornecido pela ITB, conectar os terminais X1 (fase) e X2 (neutro), de seu secundário, no controle regulador de tensão monofásico da fase que é correspondente.

Bancos em delta fechado adiantado

A Figura 17 detalha a conexão do TP externo independente, para medição da tensão do lado fonte dos reguladores, em banco delta fechado adiantado.

Figura 17: Conexão do TP externo independente – Banco delta fechado adiantado.



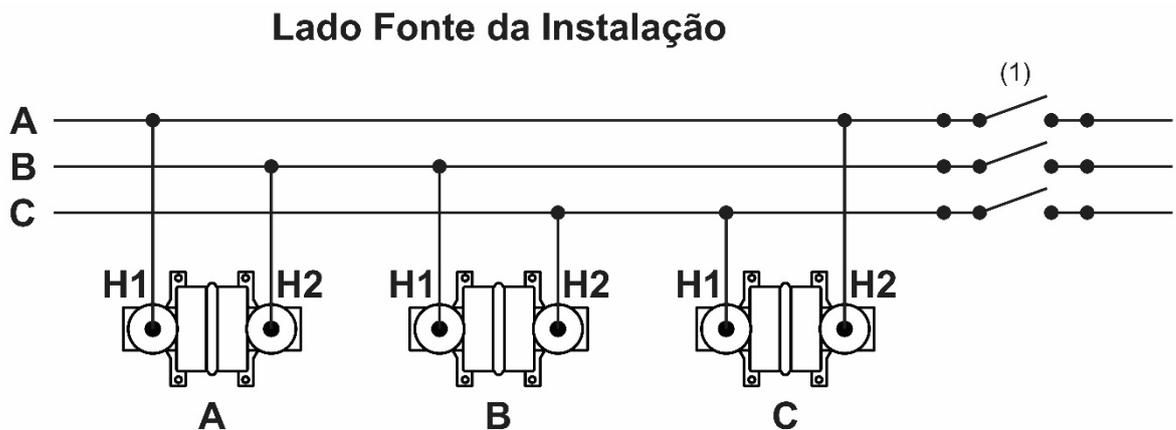
Legenda:

1 - Chaves by-pass dos reguladores

Bancos em delta fechado atrasado

A Figura 18 detalha a conexão do TP externo independente, para medição da tensão do lado fonte dos reguladores, em banco delta fechado atrasado.

Figura 18: Conexão do TP externo independente – Banco delta fechado atrasado.



Legenda:

1 - Chaves by-pass dos reguladores

Aterramento em banco de reguladores

O adequado aterramento para um banco de reguladores de tensão monofásicos deve garantir uma resistência de terra conforme a norma ABNT[®] NBR 14039.



PERIGO: Não coloque em operação bancos de reguladores com alta resistência de aterramento. A possível potencialização da carcaça ou do terminal comum (banco em estrela) do equipamento pode gerar falhas na absorção de surtos atmosféricos ou transitórios de manobra, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.

Banco de reguladores em cascata

Definimos como regulação em cascata a instalação em série, no mesmo alimentador, de dois ou mais bancos de reguladores. Nessas condições podem surgir problemas de interação operacional entre os bancos que devem ser cuidadosamente examinados para determinar seus ajustes e locais de instalação sob pena de provocar grandes oscilações de tensão na rede.

Para uma correta análise da regulação em cascata, é necessário levar em consideração que as modificações de tapes dos reguladores são percebidas tanto a jusante, pela modificação da tensão, quanto à montante, pela alteração da corrente.

Em caso de conexões em delta, ainda há um complicador adicional, pois, ocorrem desvios de correntes entre fases no ponto, da rede, de instalação de cada banco e seu efeito depende da posição do comutador, das correntes passantes e das impedâncias da rede até esse ponto.

Efeito de sobretensão por falta

Uma rede de distribuição onde se encontrem N bancos instalados em cascata, pode se encontrar numa condição crítica em que todos os reguladores de todos os bancos estejam promovendo elevação máxima, ou seja, 15%, para conexão em delta. Se, nesta condição, houver uma falta de energia, no momento do retorno e por alguns instantes, as cargas estariam desligadas, mas as posições dos comutadores ainda seriam mantidas como estavam a plena carga. Como as perdas seriam menores, podem ocorrer sobretensões de até 1,15N vezes a tensão nominal na carga do último banco.

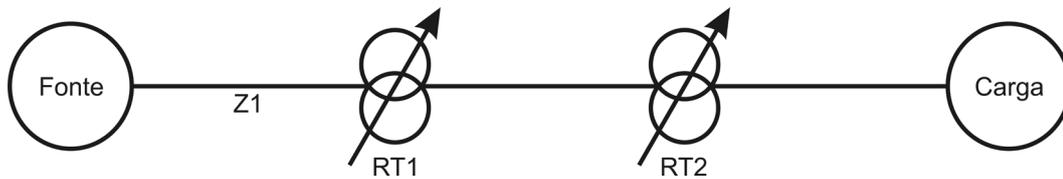


AVISO: A fim de evitar este problema, recomendamos a utilização do controle trifásico CTR-3 dotado com um sistema nobreak (UPS), que possui a capacidade de neutralizar um banco regulador de tensão em caso de uma falta de alimentação.

Efeito de excesso de operações (avalanche)

Analisando a operação de 2 bancos de reguladores, *RT1* e *RT2*, ligados em série conforme o diagrama da Figura 19, podemos constatar que o banco mais à jusante, *RT2*, percebe qualquer comutação de tapes do banco mais à montante, *RT1*, pela variação que esta promove na tensão. Observa-se, também, que comutações de tapes de *RT2*, será percebida por *RT1*, pela variação que esta promove na corrente. A variação da corrente, em função da impedância da rede desde a fonte até *RT1*, *Z1*, provoca variação na tensão de *RT1*.

Figura 19: Banco de reguladores em cascata



A troca de tapetes de um dos reguladores de RT2 no sentido de elevar, por exemplo, pode provocar uma elevação tal da corrente que promova, no regulador da mesma fase do banco RT1 um desnível superior à insensibilidade nele programada. Se isso ocorre, o controle do regulador de RT1 detectará esse desnível e promoverá sua correção comutando tapetes no sentido de elevar. Essa comutação em RT1 elevará a tensão na fase e o controle de um dos reguladores de RT2 medirá essa elevação que pode ser maior que a sua insensibilidade e, portanto, provocará comutações no sentido de baixar a tensão reiniciando o ciclo de interação.

O que ocorre então é uma grande quantidade de operações sequenciadas entre os reguladores seriados, que chamamos de avalanche de operações. Essa interação apresenta variações de tensão e de corrente ao longo da rede de amplitude crescente podendo atingir níveis prejudiciais de desbalanceamento entre fases com acionamento do sistema de proteção por corrente de neutro elevada.

Para bancos em delta, a avalanche pode ocorrer entre fases diferentes e com maior intensidade e frequência por causa da regulação maior e da interação entre fases.

A coordenação da insensibilidade elimina a possibilidade de avalanche de operações.



AVISO: Bancos de reguladores de tensão ligados em série (cascata) devem ter a função de temporização coordenada a fim de minimizar as interações entre eles (avalanche de comutações). É recomendado que o regulador mais próximo à fonte responda às variações em menor tempo e, os demais, a jusante do circuito, tenham ajustes de temporização com diferença mínima de 15 segundos a mais que seu precedente.

Conexões dos terminais de linha

As conexões dos terminais de linha dos reguladores devem ser realizadas de modo que a tensão nominal entre os terminais da carga (C ou L) e do comum (FC ou SL), não ultrapasse o valor nominal indicado na placa de identificação.

As conexões dos cabos nas buchas deverão ser apertadas o suficiente para eliminar qualquer possibilidade de mau contato e ponto quente entre terminal e cabo.

Os cabos e terminações devem ser suficientemente flexíveis para evitar que esforços mecânicos causados pelos ventos, pela expansão e contração das redes, dos cabos e das terminações, cheguem a impactar os terminais dos reguladores visto que tais impactos podem danificar a porcelana dos isoladores por serem, estas, muito limitadas quanto à resistência a choques, golpes e esforços mecânicos em geral. Pelo mesmo motivo, não é permitida a conexão direta da rede aos terminais do regulador sem a intermediação de suportes dos cabos de conexão às buchas.



CUIDADO: Durante a montagem e conexão nenhum esforço mecânico pode ser transmitido às porcelanas e às suas hastes condutoras. Tal esforço pode ocasionar afrouxamento das conexões internas e rupturas nos elementos de vedação e isolamento, provocando mau contato, aquecimento, ruptura de condutores, ruptura de isolação, vazamentos de óleo e perda de isolamento elétrico.

Colocando em operação

Se os reguladores forem montados com as chaves de manobra como sugerido na seção **Possibilidades de conexões do sistema** deste manual, a colocação em serviço poderá ser feita sem interrupção do fornecimento de energia.

Os procedimentos descritos abaixo são de extrema importância para que se tenha certeza de que o regulador está pronto para ser conectado ao sistema.



PERIGO: RISCO DE EXPLOSÃO. Antes de colocar em operação, o regulador de tensão **DEVE ESTAR** na **POSIÇÃO NEUTRA**. A confirmação da leitura da posição deve ser feita em pelo menos duas referências, o indicador externo de posições e a indicação do sistema de controle escolhido. Se o regulador estiver fora da posição neutra durante esta operação, o enrolamento série entrará em curto-circuito, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.

Para colocar o regulador em operação, siga a seguinte sequência:

1. Pelos dados de placa verifique se o circuito de controle está configurado para a tensão adequada;
2. Coloque a chave geral do sistema de controle na posição **DESLIGADO (OFF)**;
3. Para reguladores ligados entre fases, **FECHE** a chave que conecta o **TERMINAL DO COMUM (FC ou SL)**;
4. Na sequência, **FECHE** a chave que conecta o **TERMINAL DA FONTE (F ou S)**. O regulador estará excitado, mas sem carga;
5. Coloque a chave geral do sistema de controle na posição **NORMAL (INTERNO)**;
6. Habilite o comando **MANUAL** do motor no sistema de controle escolhido. Utilize os botões de **ELEVAR** ou **ABAIXAR** posições para operar o comutador dois ou três passos. Depois retorne o comutador para **POSIÇÃO NEUTRA**. Quando em neutro, verifique a redundância desta posição: o indicador externo indicará 0 (zero) e o **LED** da posição neutra do sistema de controle escolhido se acenderá;
7. Com o regulador na posição neutra, coloque a chave geral do sistema de controle na posição **DESLIGADO (OFF)**;
8. **FECHE** a chave que conecta o **TERMINAL DA CARGA (C ou L)**;
9. **ABRA** a chave de **BY-PASS**. O regulador estará totalmente energizado;
10. Se disponível, abra a chave faca de curto-circuito do sinal da corrente, veja a seção: **Curto-circuito do TC**;
11. Coloque a chave geral do sistema de controle na posição **NORMAL (INTERNO)**;
12. Se o sistema de controle estiver configurado, passe para o modo de operação **AUTOMÁTICO**.



AVISO: PASSO 5. Chaves que fazem, em um único acionamento, abertura da fonte, abertura da carga e fechamento do *by-pass*, não permitem este passo e a confirmação prévia da posição neutra do regulador sem o uso de recurso adicional.



CUIDADO: PASSO 5. Alguns sistemas de controle escolhidos possuem a função *Auto Zero*. Mesmo assim, devido ao risco de uma manobra fora da posição, embora seja automática esta função, a sequência da troca de posições, sua ordem lógica e o alcance da posição da neutra devem ser obrigatoriamente monitoradas pelo operador.

Verificando a operação e a regulação

Antes do fechamento da chave que o conecta o terminal da carga (C ou L) e abertura da chave de *by-pass*, conforme passos **8** e **9**, respectivamente, da seção **Colocando em operação**, é possível fazer uma verificação da capacidade de operação e regulação do sistema de controle escolhido.

Para execução do teste de necessidade de elevar tensão na saída do regulador, proceda:

1. Habilite o comando **MANUAL** do motor no sistema de controle escolhido;
2. Pressione a tecla **ABAIXAR** do controle eletrônico até que o controle saia da faixa de tensão regulada. Isto será identificado pelo acendimento do *LED* de fora de banda;
3. Ajuste o controle para operação no modo **AUTOMÁTICO**;
4. Aguarde o término do tempo programado na função de retardo de tempo da primeira comutação;
5. A comutação deverá ser iniciada, no sentido de elevar posições, para retornar o valor do perfil da tensão para dentro da largura de banda programada;
6. Uma vez dentro da banda, o *LED* de fora de banda se apagará;
7. Retorne para o passo **6** da seção **Colocando em operação**.

Para execução do teste de necessidade de abaixar tensão na saída do regulador, proceda:

1. Habilite o comando **MANUAL** do motor no sistema de controle escolhido;
2. Pressione a tecla **ELEVAR** do controle eletrônico até que o controle saia da faixa de tensão regulada. Isto será identificado pelo acendimento do *LED* de fora de banda;
3. Ajuste o controle para operação no modo **AUTOMÁTICO**;
4. Aguarde o término do tempo programado na função de retardo de tempo da primeira comutação;
5. A comutação deverá ser iniciada, no sentido de abaixar posições, para retornar o valor do perfil da tensão para dentro da largura de banda programada;
6. Uma vez dentro da banda, o *LED* de fora de banda se apagará;
7. Retorne para o passo **6** da seção **Colocando em operação**.



AVISO: Para evitar que se submeta a linha a variações de tensão os testes apresentados nesta seção devem ser executados com o terminal da carga (C ou L) do regulador desconectado e a chave de *by-pass* fechada.



AVISO: Verifique o manual do fabricante do sistema de controle escolhido para detalhamento geral de suas funções, ajustes e operação.

Retirando de operação

Os procedimentos descritos abaixo são de extrema importância para que se tenha certeza de que o regulador está pronto para ser removido do sistema. A retirada de serviço poderá ser feita sem interrupção do fornecimento de energia.



PERIGO: RISCO DE EXPLOSÃO. Antes de retirar de operação, o regulador de tensão **DEVE ESTAR** na **POSIÇÃO NEUTRA**. A confirmação da leitura da posição deve ser feita em pelo menos duas referências, o indicador externo de posições e a indicação do sistema de controle escolhido. Se o regulador estiver fora da posição neutra durante esta operação, o enrolamento série entrará em curto-circuito, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.

Para remover o regulador de operação, siga a seguinte sequência:

1. Habilite o comando **MANUAL** do motor no sistema de controle escolhido;
2. Utilize os botões de **ELEVAR** ou **ABAIXAR** posições para alcançar a **POSIÇÃO NEUTRA**. Quando em neutro, verifique a redundância desta posição: o indicador externo indicará 0 (zero) e o **LED** da posição neutra do sistema de controle escolhido se acenderá;
3. Coloque a chave geral do sistema de controle na posição **DESLIGADO (OFF)**;
4. Se disponível, feche a chave de curto-circuito do sinal da corrente, veja a seção: **Curto-circuito do TC**;
5. **FECHE** a chave de **BY-PASS**;
6. **ABRA** chave que conecta o **TERMINAL DA CARGA (C ou L)**;
7. **ABRA** chave que conecta o **TERMINAL DA FONTE (F ou S)**;
8. Para reguladores ligados entre fases, **ABRA** a chave que conecta o **TERMINAL DO COMUM (FC ou SL)**.



CUIDADO: PASSO 1. Alguns sistemas de controle escolhidos possuem a função Auto Zero. Mesmo assim, devido ao risco de uma manobra fora da posição, embora seja automática esta função, a sequência da troca de posições, sua ordem lógica e o alcance da posição da neutra devem ser obrigatoriamente monitoradas pelo operador.



CUIDADO: PASSO 1. Execute o *by-pass* de um regulador de tensão com a linha energizada somente quando da certeza do alcance da **POSIÇÃO NEUTRA**, através dos métodos recomendados de verificação deste alcance, por no mínimo, duas redundâncias. Caso não esteja esta indicação confiável, e haja a dúvida da real posição do comutador, a linha deve ser **DESENERGIZADA** para evitar o curto-circuito do regulador.

DETALHES DE CONSTRUÇÃO E CONEXÕES

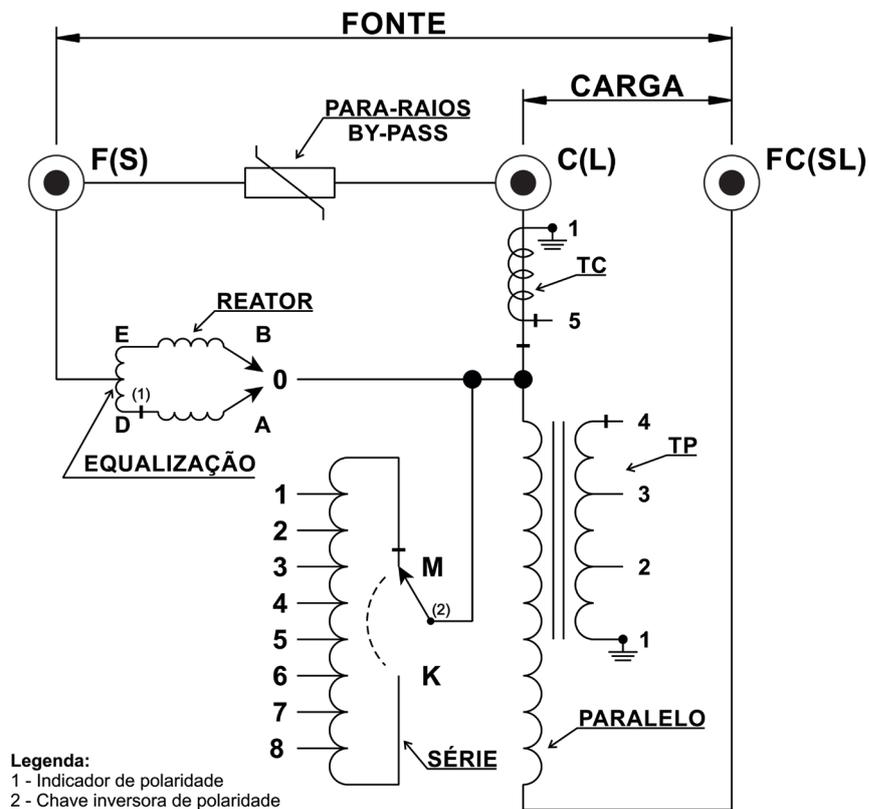
Os reguladores de tensão RAV-2 da ITB Equipamentos Elétricos Ltda. foram projetados para serem de forma parcial ou completamente removidos do interior do tanque sem que haja a necessidade de desconexões elétricas, facilitando sua manutenção. Veja a seção: **Retirando a parte ativa do tanque**.

O conjunto do enrolamento principal e do reator de transição, possuem montagem do tipo envolvente (*shell type*). O enrolamento paralelo está conectado ao lado da carga, conforme Tipo B das normas ABNT[®] NBR 11809 ou IEEE Std C57.15[™].

Diagrama de conexão dos enrolamentos

A Figura 20 detalha o circuito padrão de um regulador RAV-2, Tipo B, que possui o enrolamento paralelo no lado da carga.

Figura 20: Diagrama de conexão dos enrolamentos – Regulador de tensão Tipo B.



Disposição interna dos componentes

A construção interna do regulador é feita de forma unitária, onde todos os componentes são fixados diretamente na tampa principal do regulador. Este método de construção facilita sua fabricação e manutenção. O detalhamento da disposição de cada componente interno pode ser visto na Figura 21 e na Tabela 9.



AVISO: O detalhamento a seguir não visa cobrir todas as possibilidades de construção interna de um regulador de tensão. Detalhes intrínsecos a cada projeto devem ser consultados durante a fase de análise de viabilidade técnica e aprovação da ordem de compra.

Figura 21: Componentes internas do regulador RAV-2.

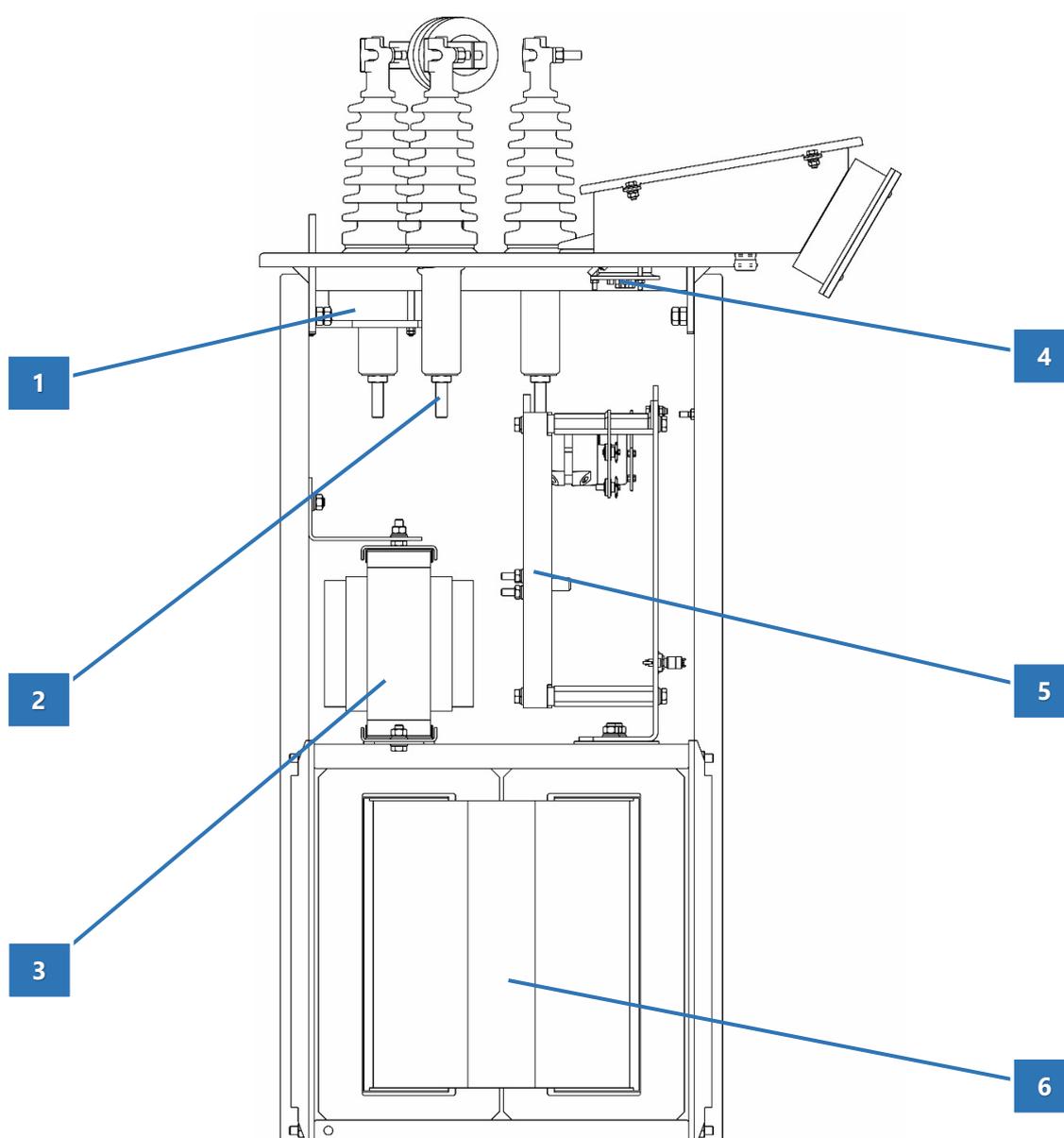


Tabela 9: Componentes internos do regulador RAV-2.

Item	Descrição
1	Transformador de corrente (TC)
2	Terminais de conexão das buchas de passagem
3	Reator de transição
4	Bloco de terminais de passagem dos sinais de controle
5	Comutador sob carga
6	Enrolamento principal (transformador de potencial (TP), paralelo, série, equalização)

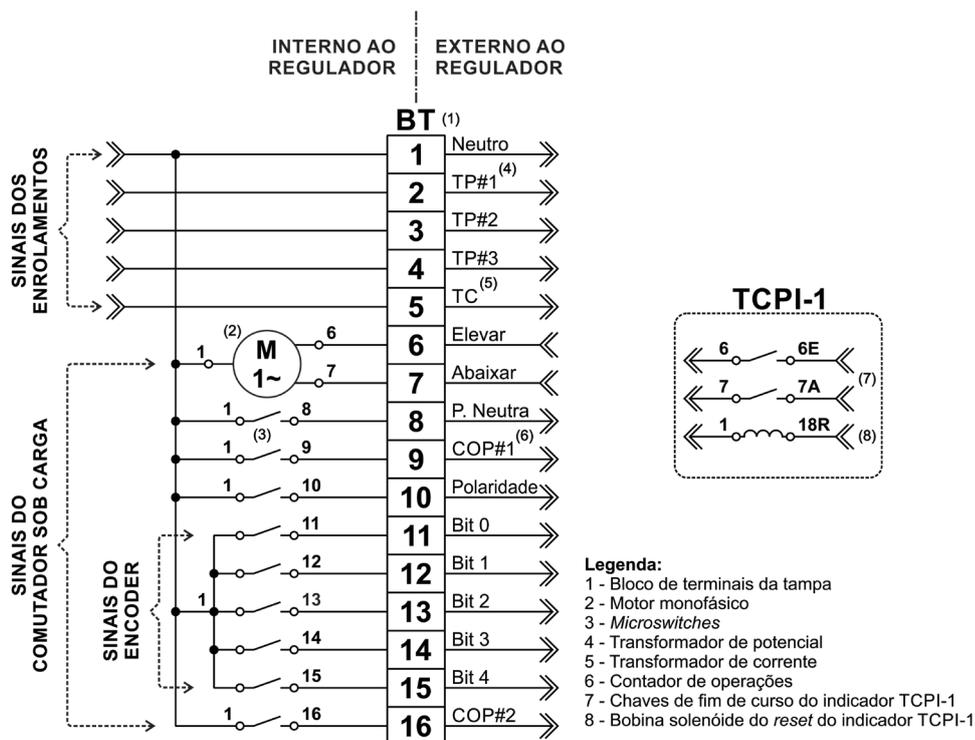
Diagrama da fiação interna padronizada

Conforme exibido pelo item 4 da Tabela 9, por padrão, todos os reguladores de tensão RAV-2 possuem em sua tampa um bloco de terminais de passagem para os sinais do sistema de controle. Este bloco possui corpo fabricado em material isolante, resistente à pressão e a temperatura de trabalho, os terminais de passagem são fabricados em latão. Os detalhes padronizados de sua conexão à fiação interna, são exibidos em acordo com a Figura 22.



AVISO: O detalhamento a seguir não visa cobrir todas as possibilidades de fiação interna de um regulador de tensão. Detalhes intrínsecos a cada projeto devem ser consultados durante a fase de análise de viabilidade técnica e aprovação da ordem de compra.

Figura 22: Diagrama da fiação interna padronizada.



Enrolamentos

Todos os reguladores de tensão RAV-2 possuem, no mínimo, três conjuntos de enrolamentos independentes, sendo:

1. Um conjunto maior, disposto na parte inferior do regulador, que concentra o transformador de potencial (TP), o enrolamento paralelo, o enrolamento série e o enrolamento de equalização;
2. Um enrolamento fixado no topo do enrolamento principal que é o reator de transição;
3. Um enrolamento toroidal, fixado sobre o reator ou na parte inferior da tampa do regulador, que é o transformador de corrente (TC).

Cada um destes enrolamentos é construído e interligado de acordo com características específicas do projeto, que podem variar em função da sua aplicação e condições de uso.

Comutadores

A ITB Equipamentos Elétricos Ltda. possui uma ampla linha de comutadores sob carga, que são fabricados e testados conforme as normas ABNT® NBR 8667 e IEEE Std C57.131™.

Os comutadores utilizados em cada projeto são definidos pela tensão e corrente nominal do regulador requerido.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

O regulador de tensão foi projetado para permitir a realização de alguns itens de verificação sem a necessidade de retirá-lo de operação. A manutenção, metodicamente seguida, constitui fator indispensável à longa duração do regulador de tensão, nas melhores condições de funcionamento e rendimento.

Inspeções e manutenções periódicas

Recomendamos que manutenções sejam realizadas de forma periódicas, com o objetivo de prolongar a vida útil do equipamento. As Tabela 10 e Tabela 11 recomendam as periodicidades (em anos), os pontos de verificação, os procedimentos e as correções necessárias para o controle regulador de tensão e para os acessórios do regulador, respectivamente. Porém, o período para estas inspeções pode variar, de acordo com as experiências acumuladas pelo usuário.

Tabela 10: Manutenções periódicas para o controle regulador.

Período	Pontos de Verificação	Procedimento ou Item de Verificação	Correção
1	Acionamento manual e bloqueio máximo e mínimo	1. Ajuste o bloqueio de posição e opere o regulador no sentido de elevar, verifique se o controle eleva a posição, parando no bloqueio ajustado; 2. Ajuste o bloqueio de posição e opere o regulador no sentido de abaixar, verifique se o controle abaixa posição, parando no bloqueio ajustado.	Retire o controle de serviço e encaminhe-o para manutenção

Período	Pontos de Verificação	Procedimento ou Item de Verificação	Correção
1	Tensão de referência (Calibração)	1. Com o regulador energizado, ajuste a compensação (LDC) em 0 V e largura de banda em 1 V: Verificar se a tensão de saída do "VOLTÍMETRO" está igual (± 1 V) da referência após estabilizado.	Retire o controle de serviço e encaminhe-o para manutenção
1	Regulação automática	1. Variar o valor da tensão de referência para uma tensão maior que a tensão da rede: Verificar se o motor aciona no sentido de ELEVAR após o término do tempo ajustado; 2. Variar o valor da tensão de referência para uma tensão menor que a tensão da rede: Verificar se o motor aciona no sentido de ABAIXAR após o término do tempo ajustado.	Retire o controle de serviço e encaminhe-o para manutenção.



AVISO: Caso o regulador não opere satisfatoriamente, um controle de reposição pode ser testado antes de retirar o regulador de serviço.

Tabela 11: Manutenções periódicas para acessórios.

Período	Pontos de Verificação	Procedimento ou Item de Verificação	Correção
1	Buchas e terminais	1. Trinca nas porcelanas; 2. Acúmulo de impurezas nas porcelanas; 3. Vazamento de óleo; 4. Inspeção térmica dos terminais.	1. Substitua a bucha; 2. Limpe com um pano que contenha amônia ou tetracloreto de carbono e aplique um neutralizador; 3. Reapertar as juntas, ou substituir a bucha; 4. Em caso de aquecimento excessivo, reapertar os terminais quando estiverem frouxos.
1	Para-raios	1. Aglomeração de impurezas; 2. Inspeção térmica.	1. Lave com água doce e seque com pano seco; 2. Em caso de aquecimento excessivo dos terminais, proceder com reaperto quando estiverem frouxos. Em caso de condução de corrente substituir o para-raios.

Período	Pontos de Verificação	Procedimento ou Item de Verificação	Correção
1	Indicador de nível de óleo	1. Trinca no visor de vidro; 2. Vazamento de óleo.	1. Trocar do vidro do visor; 2. Reapertar as juntas, ou substituir o visor.
1	Válvula de drenagem	1. Vazamento de óleo.	1. Reapertar ou substituir a válvula de drenagem.



PERIGO: Para segurança da operação, as verificações apresentadas pela Tabela 11 devem ser realizadas com o equipamento fora de operação. Utilize EPI adequado e previna-se contra vazamentos para o ambiente.



AVISO: Caso os reparos não possam ser realizados em campo, retire o regulador de serviço e encaminhe-o para manutenção.

O óleo mineral isolante é utilizado no regulador para atender duas funções básicas, isolamento e refrigeração. O monitoramento e a manutenção da qualidade do óleo são essenciais para assegurar a operação confiável ao longo da vida útil do regulador.

Em vista disto, recomendamos a necessidade de ensaios de campo, conforme apresentado pela a Tabela 12. Os ensaios foram tipicamente escolhidos para obter uma estimativa rápida da condição do óleo e eliminar qualquer possibilidade de alteração da amostra em razão do transporte para ensaios externo.

A Tabela 13 apresenta valores-limite para óleo em reguladores em uso.

Tabela 12: Manutenções periódicas para o óleo isolante.

Período	Pontos de Verificação	Procedimento ou Item de Verificação	Correção
1	Retirar amostra do óleo isolante	Ensaio físico-químico: 1. Aparência; 2. Rigidez dielétrica; 3. Teor de água; 4. Fator de perdas; 5. Índice de neutralização; 6. Tensão interfacial; 7. Ponto de fulgor; 8. Sedimentos.	Retire o regulador de serviço e encaminhe-o para manutenção caso os valores encontrados estejam fora dos apresentados pela Tabela 13.



AVISO: A amostra recolhida deve ter volume representativo ao comparado com óleo contido no equipamento. Procedimentos de amostragem sem os devidos cuidados ou contaminação no recipiente da amostra podem conduzir a conclusões errôneas a respeito da qualidade do óleo.

Tabela 13: Valores-limite para o óleo mineral em uso.

Ensaio	Método de Ensaio	Crítérios de Aceitação
Aparência	Visual	Claro, isento de materiais em suspensão
Rigidez dielétrica, kV, eletrodo de calota	ABNT [®] NBR IEC 60156	≥55
Teor de água, mg/kg	ABNT [®] NBR 10710	≤40
Fator de perdas, %		
a 25 °C		≤0,5
a 90 °C	ABNT [®] NBR12133	≤15
a 100 °C		≤20
Índice de neutralização mg KOH/g	ABNT [®] NBR 14248	≤0,20
Tensão interfacial, a 25 °C, mN/m	ABNT [®] NBR 6234	≥20
Ponto de fulgor, °C	ABNT [®] NBR 11341	≥130
Sedimentos	ABNT [®] NBR 10576	Nenhum sedimento ou borra precipitável deve ser detectado. Resultados inferiores a 0,02 % em massa devem ser desprezados

Retirando a parte ativa do tanque

As instruções para a segura retirada da parte ativa do regulador do interior do tanque estão listadas pelo procedimento a seguir:

1. Retire o regulador de serviço, seguindo as instruções de segurança, conforme apresentado pela seção: **Retirando de operação**;
2. Coloque o regulador em uma posição onde a rede energizada não possa interferir. É recomendado que o equipamento seja levado para oficina de manutenção, ou algum local coberto, livre de alta umidade, com piso plano e nivelado;
3. Aguarde até que a temperatura do óleo isolante seja menor que 40°C;
4. Retire os parafusos que fixam o sistema de controle escolhido ao tanque principal;
5. Retire o condutor de aterramento ligado entre caixa do controle e o tanque do regulador;
6. Retire os parafusos que fixam a tampa ao tanque;
7. Retire o condutor de aterramento ligado entre a tampa e o tanque do regulador;
8. Atente-se para não danificar nenhum dispositivo que possa estar instalado no tanque durante a retirada da parte ativa;
9. Suspenda a parte ativa por meio dos olhais da tampa, guiando a caixa de controle que será erguida com a tampa.



CUIDADO: PASSO 8. Antes de retirar a parte ativa do interior do tanque, reguladores que possuem termômetro, nível de óleo com contatos, ou algum outro acessório que acesse o interior do regulador, o seguinte procedimento deve ser feito: 1) retirar o óleo

isolante até que seu nível esteja abaixo da marcação de mínimo no dispositivo indicador de nível e então 2) retire os acessórios. O não cumprimento destas instruções provocará a quebra dos dispositivos, resultando em vazamento de óleo.



CUIDADO: PASSO 9. Não confie no dispositivo de içamento da parte ativa para inspeção e manutenção. Coloque calço entre a tampa e o tanque para evitar a descida da tampa com a parte ativa, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.



CUIDADO: PASSO 9. Não suspenda a caixa de controle usando seu cabo de interligação com o regulador. O cabo não é projetado para tal operação e pode se romper, causando danos aos equipamentos, lesões corporais graves e até a morte.



AVISO: PASSO 9. Ao abrir o regulador, haverá possibilidade de contato humano e ambiental com o óleo isolante. Utilize EPI adequado e previna-se contra vazamentos para o ambiente.

Recolocando a parte ativa no tanque

Após a execução dos serviços, a recolocação da parte ativa no interior do tanque do regulador deverá seguir o seguinte procedimento:

1. Caso a parte ativa fique fora do óleo por mais de duas horas, seque-a antes de prosseguir;
2. Certifique-se a integridade do isolamento e o aperto de todos os terminais da parte ativa;
3. Limpe a gaxeta de vedação e posicione-a na aba do tanque;
4. Suspenda a parte ativa com a tampa acima da altura do tanque;
5. Alinhe os suportes laterais da parte ativa, fixados na tampa, com os guias internos ao tanque.
6. Proceda com descida da unidade. Observe que haverá uma folga entre a tampa e o tanque, mesmo com o assentamento da parte ativa no fundo do tanque;
7. Acomode a tampa sobre o tanque e fixe todos os parafusos de vedação do conjunto;
8. Fixe o condutor de aterramento ligado entre tampa e o tanque do regulador;
9. Fixe os parafusos que fixam o sistema de controle escolhido ao tanque principal;
10. Fixe o condutor de aterramento ligado entre caixa do controle e o tanque do regulador;
11. Proceda com os testes dielétricos, elétricos e funcionais.



CUIDADO PASSO 1. Certifique-se que ao secar a parte ativa a temperatura não atinja marcas superiores a 90°C.



AVISO: PASSO 6. Caso necessário, antes da fixação dos parafusos da tampa, utilize um martelo de borracha para auxiliar a acomodação da tampa sobre o tanque, a fim de evitar possíveis vazamentos.



CUIDADO: Caso seja necessário um novo enchimento de óleo, é recomendado que após este processo, seja realizado o procedimento de vácuo no equipamento, por no mínimo uma hora e pelo menos a 100 mmHG. Caso não seja possível a realização do processo de vácuo, não energize o regulador antes do período de sete dias após o enchimento.

Comutador sob carga

O comutador de derivações em carga é um dispositivo simples e de vida útil longa, desde que as manutenções recomendadas, pela Tabela 14, sejam seguidas.

Tabela 14: Inspeções o comutador sob carga.

Frequência – Número de operações	Ação Recomendada
125.000	1. Medição de resistência de contato (2.500 $\mu\Omega$ máx.); 2. Inspeção visual; 3. Análise do desgaste dos contatos fixos e móveis.
250.000	1. Substituição contatos fixos e móveis; 2. Verificação do mecanismo de operação.
1.000.000	1. Revisão geral, desmontagem e substituição de peças com desgaste.

Ensaio de medição de resistência

A medição da resistência de contato deve ser efetuada conectando os terminais do microhmímetro entre os terminais do eixo e do anel coletor, tirantes mais centrais da placa isolante do comutador, identificados pelas letras A e B. Nesta condição, a resistência será dada pela associação do contato fixo da atual posição, do contato móvel, do eixo e anel coletor. As medições devem ser realizadas em todas as posições pares.

Para comutadores novos, os valores medidos não poderão exceder a 800 $\mu\Omega$. Em função do desgaste natural dos contatos, desalinhamentos e folgas dos mecanismos elevam gradualmente essa resistência, consideremos o valor de 2.500 $\mu\Omega$ como limite máximo aceitável para comutadores em operação.

Pontos de verificação

Quando da realização das inspeções periódicas dos comutadores sob carga, recomendamos que os pontos abaixo sejam sempre verificados:

1. Todas as porcas que atuam sobre tirantes de latão devem ser apertadas e ter o torque conferido com 1,2 kgf.m;
2. A corrente de acionamento do sistema principal e do sistema de indicação mecânica, deve ter folga mínima de 15 mm e máxima de 25 mm, proceda:
 - Tracione a corrente no sentido de abaixar (não finalize a comutação);
 - Verifique a folga na parte central superior da corrente entre a coroa e o pinhão;
 - Se a folga não estiver entre 15 a 25mm (amplitude total) ajuste a posição do motor ou da saída do indicador.
3. Rotor do ENCODER ou do STCMS deve ser sincronizado com os contatos móveis de tal maneira que, na posição nominal, nenhum de seus contatos estejam fechados, utilize a referência gravada na placa de circuito para tal ajuste;
4. Testar os bloqueios mecânicos, posições ± 16 , com o motor energizado em 140 VCA;
5. Testar a comutação da chave inversora de polaridade com o motor energizado em 95 VCA.

Estimativa de vida útil dos contatos

É possível determinar uma projeção do ciclo de vida dos contatos do comutador em função do carregamento nominal e quantidades de operações.

Esta estimativa, apresentada pela Tabela 15 é baseada em reguladores RAV-2 com comutadores sob carga fabricados pela ITB Equipamentos Elétricos Ltda.

Tabela 15: Expectativa da vida útil dos contatos.

Carregamento % In	Quantidade de Operações Estimadas		
	Contato Móvel	Contato Fixo [Unitário]	Contato Fixo [Conjunto]
160	125.000	13.900	125.000
135	177.100	19.700	177.000
120	208.400	23.150	208.500
110	229.200	25.500	230.000
100	250.000	27.800	250.000
90	250.000	37.100	334.000
80	250.000	46.300	417.000
70	250.000	55.600	500.000
60	250.000	64.900	584.000
50	250.000	74.100	666.700
40	250.000	83.400	750.000
30	250.000	92.600	833.400
20	250.000	101.900	916.700
10	250.000	110.000	1.000.000



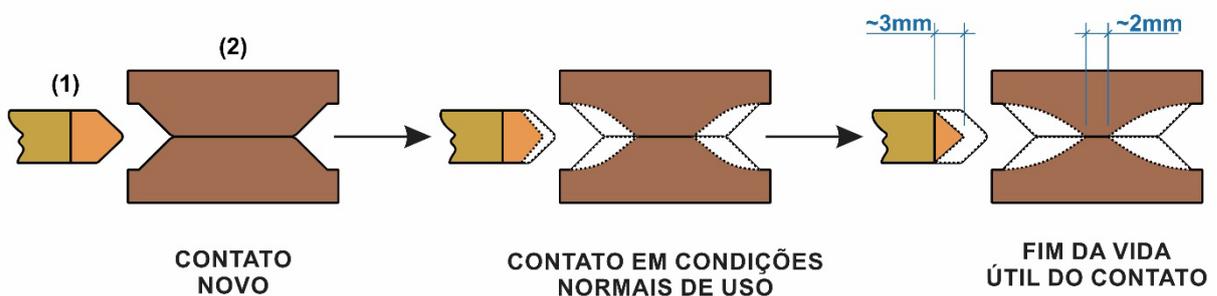
AVISO: Devido a fadigas mecânicas das molas de compressão do contato móvel, a troca deste contato deve ser realizada com no máximo de 250.000 operações.



AVISO: A expectativa de vida dos contatos, conforme apresentada pela Tabela 15, não exclui ou limita a responsabilidade do usuário de realizar as manutenções preventivas descritas neste manual de instruções.

A Figura 23 ilustra a projeção dos desgastes verificado nos contatos fixos em móveis ao longo da vida útil do comutador sob carga.

Figura 23: Desgastes dos contatos.



LEGENDA:
1 - Contato fixo
2 - Contato móvel

PEÇAS SOBRESSALENTES PARA REPOSIÇÃO

A ITB Equipamentos Elétricos Ltda. está à disposição para o fornecimento de peças de reposição para todos os seus equipamentos. Esta solicitação poderá ser feita pelo telefone **+55 (18) 3643-8000**, ou pelo e-mail vendas@itb.ind.br.

Ciclo de vida

A ITB Equipamentos Elétricos Ltda. se compromete a receber e dar destinação adequada, conforme legislação vigente, aos equipamentos por ela produzidos quando estes forem considerados inutilizáveis.

Óleo isolante – FISPQ

Os reguladores de tensão, como muitos dispositivos elétricos de alta tensão, possuem parte ativa envolvida por óleo isolante e refrigerante. Por isso, são montados em tanques herméticos com dispositivos de alívio de pressão. Em operação, esse óleo pode chegar a temperaturas elevadas e, mesmo à temperatura ambiente, é um agente que pode ser poluidor e agressivo.

Recomendamos a leitura da Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ, que contém todas as informações necessárias ao manuseio seguro, descarte adequado, riscos associados e providências em caso de acidentes.

A ITB se coloca à disposição para esclarecimentos e informações adicionais. A ITB se reserva ao direito de revisar e atualizar esse manual sem aviso prévio. Não é permitido utilizar a marca registrada ITB Equipamentos Elétricos Ltda. sem o consentimento prévio da mesma.

Os produtos SEL citados neste documento são de propriedade da Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

Microsoft® Windows® são marcas registradas da Microsoft Corporation nos Estados Unidos e/ou em outros países.

IEEE Std C57.15™ é marca registrada do Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Esse produto não é endossado ou aprovado pelo IEEE®.

ABNT® é marca registrada da Associação Brasileira de Normas Técnicas, todos os direitos reservados.

ITB EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS LTDA.

Rua Devanir Terence, 161 | Parque Industrial Raif Mehana Rahal

Birigui - SP | CEP: 16206-012

Fone: +55 (18) 3643-8000 | Fax: +55 (18) 3643-8016

www.itb.ind.br | vendas@itb.ind.br

©2025 ITB Equipamentos Elétricos Ltda. Todos os direitos reservados.

