

MANUAL DO EMPREENDEDOR

ANEXO 5 - PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO, PROJETO E INSTALAÇÃO DE MACROMEDIDORES EM LOTEAMENTOS

Fevereiro/2026

MANUAL DO EMPREENDEDOR

**ANEXO 5: PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO, PROJETO E INSTALAÇÃO DE
MACROMEDIDORES PARA LOTEAMENTOS**

VIGÊNCIA: JULHO/2025

REVISÃO: FEVEREIRO/2026

FINALIDADE

O presente documento visa apresentar as exigências para seleção, projeto e instalação de medidores de vazão ultrassônicos e eletromagnéticos do tipo carretel para orientação ao manual do empreendedor.

CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplica-se a redes de distribuição e sistemas de esgotamento sanitário de Loteamentos doados e incorporados à CASAN.

1. DESCRIÇÃO GERAL

O presente documento visa apresentar a especificação básica (requisitos mínimos) e demais exigências para seleção, projeto e instalação de medidores de vazão ultrassônicos e eletromagnéticos do tipo carretel em loteamentos.

Os macromedidores são equipamentos metrológicos, ou seja, equipamentos que realizam medições essenciais em um sistema de saneamento, tanto por motivos operacionais quanto por motivos econômicos. Por si só, esta característica exige que haja uma correta e confiável instalação destes. Desta forma, a confiabilidade dos dados deles obtidos é fundamental em todos os sentidos referentes às suas utilizações.

As escolhas dos diâmetros que serão utilizados se baseiam na velocidade de escoamento do fluido, no qual é recomendado pelos fabricantes que para uma medição mais confiável a velocidade seja acima de 0,3 m/s, por este motivo, geralmente estes possuem diâmetro inferior à tubulação.

O conjunto de macromedição com tecnologia eletrônica é composto basicamente por dois elementos principais, que são o tubo sensor do tipo carretel que é o elemento primário e o conversor eletrônico de sinais que é o elemento secundário.

- Elemento primário: Dispositivo que se encontra diretamente em contato com o fluido e que tem como função transformar a vazão em uma outra grandeza física mensurável.
- Elemento secundário: Dispositivo responsável pela transformação da grandeza física obtida do elemento primário em informação adequada para leitura.

Os projetos que envolvam macromedidores devem envolver, minimamente:

- Projeto arquitetônico para caixa e instalações hidráulicas;
- Projeto estrutural quando se tratar de caixa em concreto armado;
- Projeto elétrico para alimentação de energia e telemetria.

2. PONTOS A SEREM MACROMEDIDOS EM LOTEAMENTOS

Conforme o porte do empreendimento e da necessidade operacional, será exigido pela CASAN o fornecimento e implantação de medidor de vazão (**macromedidor**) nos seguintes pontos:

2.1. EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

- Obrigatoriamente na saída do reservatório de distribuição do empreendimento, quando houver e;
- Na entrada do loteamento, quando a vazão média do empreendimento for superior 3,00 litros/segundo (vazão de projeto superior a 5,40 litros/segundo) ou;
- Quando o empreendimento for suficiente para criar ou impactar a análise de Distrito de Medição e Controle já implantado pela CASAN. Neste caso, o ponto de instalação do macromedidor será sugerido pela CASAN.

2.2. EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Já em Sistemas de Esgotamento Sanitário, é obrigatória a medição de volumes e vazão instantânea dos afluentes da Estação de Tratamento. Medições na saída da ETE, em Estações Elevatórias de Efluentes e outras linhas pressurizadas de efluentes, são realizadas em situações específicas de cada projeto.

3. TIPOS DE MACROMEDIDORES UTILIZADOS PELA CASAN

3.1. MEDIDOR ULTRASSÔNICO CARRETEL

Neste tipo de medidor, dois pares de sensores ultrassônicos operam emitindo e recebendo sinais ultrassônicos, em que a diferença do tempo de trânsito dos sinais a montante e a jusante dentro da trajetória acústica de medição é diretamente proporcional à velocidade de escoamento da água.

Diâmetros adotados pela CASAN em loteamentos: DN 50 a DN 100mm.

Os conversores, se existentes, devem ser pares dos sensores, assim como os cabos devem ser fornecidos pelo próprio fabricante, sem emendas ou cortes.

3.2. MEDIDOR ELETROMAGNÉTICO TIPO CARRETEL

O medidor eletromagnético contém um par de bobinas magnéticas situadas em volta do tubo. Um par de eletrodos encontra-se em contato com o fluido. Sendo a distância entre os eletrodos conhecida, a tensão que se forma entre os eletrodos é diretamente proporcional à velocidade do fluido.

É de suma importância que a tubulação fique permanentemente cheia no local de instalação do medidor magnético. Por este motivo, este tipo de medidor é aplicado apenas em tubulações pressurizadas.

Diâmetros adotados pela CASAN: $DN \geq 50mm$.

Os conversores devem ser pares dos tubos sensores, assim como os cabos devem ser fornecidos pelo próprio fabricante, sem emendas ou cortes.

3.3. MEDIDOR DE CANAL ABERTO – CALHA PARSHALL

Instalado na entrada das estações de tratamento, com a função de medir a água bruta e efluente bruto e ao mesmo tempo facilitar a mistura de líquidos coagulantes utilizados na etapa de floculação de água bruta e, eventualmente, correção de pH.

Este equipamento permite a medição de líquidos com sólidos dissolvidos. Assim seu uso pode ser adotado na entrada de estações de tratamento de água e esgoto.

3.4. SENSOR DE NÍVEL ULTRASSÔNICO

O sensor de nível ultrassônico utiliza ondas sonoras para detectar superfícies e líquidos. Dentro da calha Parshall ou de outro canal aberto onde se conheça a seção transversal, através da leitura do nível, é feita a conversão para vazão de entrada.

4. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO PARA MEDIDOR DE VAZÃO

A depender da finalidade da medição, podem-se selecionar diferentes tipos de medidores.

4.1. EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Em localidades com poucas unidades (menor que 500) e atendidas por rede até 100mm e locais com dificuldades de instalação elétrica, podem ser utilizados medidores ultrassônicos tipo carretel.

Em entradas e/ou saídas de reservatórios, ERABs, ERATs e boosters, avaliar caso a caso o nível de exigência da exatidão dos dados para controle de indicadores, da possibilidade de interrupção do sistema para instalação de equipamentos e do fornecimento de energia elétrica no local pretendido.

Quando a instalação ocorrer em adutoras ou rede principal da CASAN, ou quando o diâmetro dimensionado do macromedidor resultar em equipamento em diâmetro 150mm ou superior, adotar medidores eletromagnéticos.

4.2. EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Para entrada e saída de Estações de Tratamento de Efluentes:

- Sugere-se o uso de calha Parshall e sensor de nível ultrassônico.

Outras linhas pressurizadas de efluentes sanitários, exigidas na análise técnica para o empreendimento:

- Quando em obras novas, podem ser adotados medidores eletromagnéticos carretel.
- Já em estações elevatórias de esgoto e outras linhas em operação, consultar a Gerência Operacional para definição do medidor a ser adotado;

4.3. DE ACORDO COM DIÂMETRO E TIPO DE OPERAÇÃO DA LINHA

A depender do diâmetro e operação da linha, também devem ser considerados os seguintes critérios:

Tubulações novas, sem operação:

Podem ser adotados medidores tipo carretel desde a elaboração do projeto, com peças acessórias;

Tubulações em operação:

- Em redes operadas pela CASAN, a instalação dos equipamentos deve ser realizada ou autorizada e acompanhada pela CASAN;
- Conferir cadastro técnico e confirmar a possibilidade de paralisação completa da linha (registros, descargas).
- Se for possível paralisar a região do SAA para instalação do barrilete do macromedidor, podem ser utilizados medidores carretel e peças acessórias.
- Em tubulações do SAA em operação, deve ser consultada a CASAN para apoio na definição do medidor.
- Onde não houver garantia da existência de trecho reto à montante e à jusante, devem ser adotados medidores 0DN:0DN (sem exigência de trecho reto).

5. ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS A SEREM ATENDIDAS PELOS MACROMEDIDORES

Os documentos anexos trazem as especificações mínimas a serem atendidas pelos macromedidores do tipo eletromagnético carretel e ultrassônico carretel, apresentadas nos anexos:

- Anexo 5.1 - Especificação Técnica Macromedidor Ultrassônico Carretel;
- Anexo 5.2 - Especificação Técnica Macromedidor Eletromagnético Carretel.

6. PLANEJAMENTO DO LOCAL DE INSTALAÇÃO DOS MACROMEDIDORES

6.1. ESTAÇÃO DE MACROMEDIÇÃO - EMac

Em redes de distribuição de água, para instalações até DN 100 mm poderá ser adotada a Estação de Macromedição – EMac, apresentada nos Anexos:

- Anexo 5.3 - Especificação Técnica - Estação de Macromedição - EMac;
- Anexo 5.4 - Projeto Padrão - Estação de Macromedição - EMac;
- Anexo 5.5 - Projeto Padrão - Abrigo Estação de Macromedição - EMac

Recomenda-se a locação das Estações de Macromedição junto ao passeio. Deve ser apresentada a locação da estação de macromedição junto à planta do projeto executivo da rede de água e projeto urbanístico aprovado no município.

6.2. OUTRAS INSTALAÇÕES

Para instalações em caixas subterrâneas em rede de distribuição e adutoras ou barriletes de reservatórios, a definição da localização do equipamento é fator importante para o bom desempenho do equipamento. Seu posicionamento se dará com a verificação das distâncias entre conexões, válvulas, filtros, bombas, etc. a montante e a jusante para que seja respeitada a distância mínima de um trecho reto estipulado pelo fabricante do equipamento. Essas

dimensões são necessárias para a estabilização do perfil de velocidade de escoamento na seção de medição.

Quando o equipamento tiver certificação de uso 0DN:0DN ou seja, for considerado seu uso sem a necessidade de trecho reto, é recomendável mesmo assim uma distância de três vezes (3X) o diâmetro nominal da tubulação a montante do eixo primário e duas vezes (2x) a jusante, conforme Figura 3.

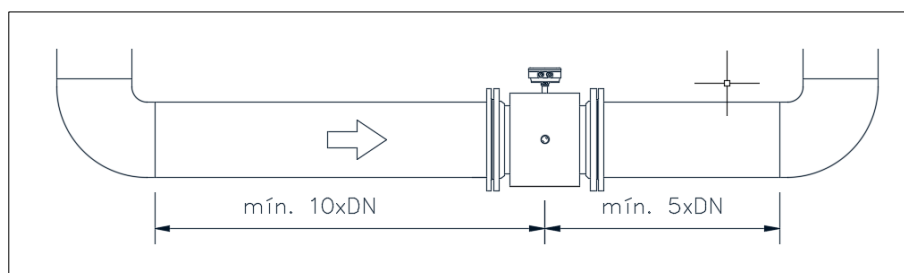


Figura 1: Recomendação de trechos retos conforme NBR 6817/1999



Figura 2: Recomendação de trechos retos de fabricantes

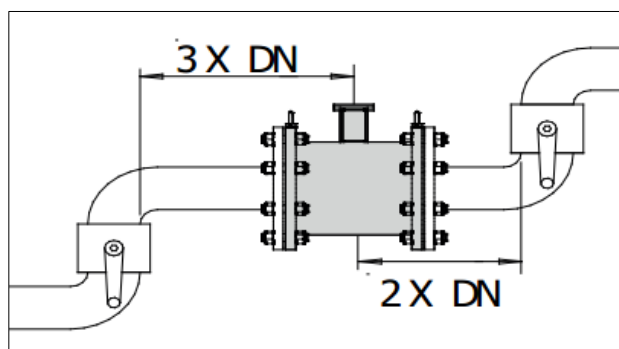


Figura 3: recomendação de trechos retos para medidores 0DN

A posição de instalação do sensor deve ser preferencialmente na horizontal, podendo ser montado eventualmente nas posições vertical ou inclinada, mas sempre com o direcionamento do fluxo na ascendência para garantir que o sensor esteja com o duto totalmente cheio de fluido diminuindo ao máximo a presença de ar na tubulação, conforme Figura 4.

Apesar do equipamento possuir a capacidade de medição nos dois sentidos, deve-se instalar conforme a indicação de sentido que existe no corpo do elemento primário, para que as medições sejam visualizadas com o sinal positivo.

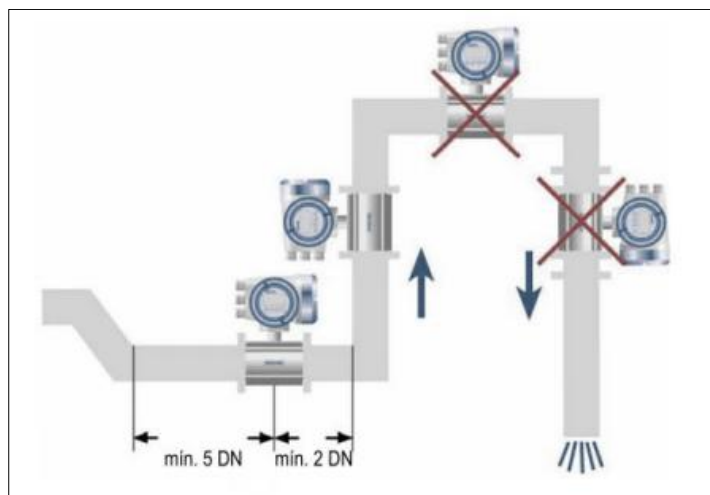


Figura 4: Posição de instalação de macromedidores eletromagnéticos

Deve-se evitar a instalação em locais que o sensor sofra a ação de vibrações excessivas, igualmente não posicionar na sucção de bombas que é um local de baixa pressão e possível formação de bolhas.

Para medidores eletromagnéticos, o conversor do equipamento deve ficar o mais próximo possível da unidade de medição e sem emendas no cabo de comunicação.

7. ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA

Nos locais onde já houver alimentação elétrica adequada disponibilizada pela CASAN, será possível prover a alimentação dos equipamentos a partir desta fonte de alimentação.

Onde não houver alimentação elétrica previamente disponível, o fornecimento de energia elétrica será, preferencialmente, por meio da distribuidora de energia através de execução de padrão de entrada de energia conforme estabelecido pelas normas das concessionárias e distribuidoras de energia elétrica onde os equipamentos serão instalados. Nos locais atendidos pela CELESC deverá ser utilizado o padrão de caixa de medição com lente, instalado no poste da concessionária, conforme Norma Técnica N-321.0001. Nos locais atendidos por outras concessionárias deverão ser observados os respectivos padrões dessas concessionárias.

Se, e somente se, não houver viabilidade técnica para o suprimento de energia através de rede elétrica, o suprimento de energia elétrica para os equipamentos poderá ser executado através de sistema de geração de energia fotovoltaica. Nesses casos, a CASAN deve ser consultada para apoio na definição do medidor.

8. CRITÉRIOS PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO

Antes da elaboração do projeto de caixa e barrilete, recomenda-se inspeção e sondagem no local pretendido para instalação a fim de confirmar os dados cadastrais quanto ao material da tubulação, profundidade, amarração e existência de interferências.

8.1. Elementos de medição e peças hidráulicas

Todas as peças, conexões e acessórios utilizados na adaptação da tubulação existente deverão ser confeccionadas em ferro fundido e deverão possuir a mesma classe de pressão da tubulação existente. O barrilete de instalação do macromedidor deve atender, minimamente:

- Deverão ser instalados registros de manobra a montante e a jusante das instalações a fim de possibilitar o isolamento da linha para manutenção;
- Deve ser prevista junta de desmontagem à montante do macromedidor;
- Deve-se prever a instalação de tomada para instalação de transdutor de pressão, que deverão ser instalados diretamente na tubulação, por meio de colares de tomada adequados ao diâmetro da tubulação e instalados a jusante dos carretéis dos macromedidores;
- Deve ser prevista a instalação de haste de aterramento antes da concretagem da caixa de proteção;
- Para tubulações a partir de 200mm, deve ser prevista inclusão de uma Estação Pitométrica (EP), ou seja, um ponto para realização de medição de vazão com o pitot, O PITOT deve-se considerar trecho reto de 20 x DN a montante e 5 x DN a jusante;
- Deve-se prever que a tampa de acesso fique posicionada a fim de que a abertura seja alinhada com a Estação Pitométrica, para que o manuseio do equipamento de medição seja possível;
- Recomenda-se a instalação do barrilete do macromedidor junto ao passeio, evitando os leitos carroçáveis para facilitar o acesso para manutenções.
- Para medidores eletromagnéticos, o conversor do equipamento deve ficar o mais próximo possível da unidade de medição e sem emendas no cabo de comunicação.

O projeto arquitetônico deve apresentar o nome das peças hidráulicas a serem utilizadas na instalação. O Anexo 5.6 apresenta os detalhes típicos para a instalação dos macromedidores na tubulação enterrada. O Anexo 5.7 apresenta os detalhes típicos para a instalação dos macromedidores em barriletes de reservatórios. Ressalta-se que os projetos terão variações a depender do diâmetro das tubulações e peças.

8.2. Caixa de Proteção

Para os macromedidores, sensores de pressão e estação pitométrica a serem instalados, deverá ser prevista a execução de uma caixa de proteção, de acordo com o local de instalação. Tal caixa deverá ser coberta por uma laje de concreto e o seu acesso deverá ser realizado por tampas de ferro fundido conforme Anexos 5.6 e 5.7.

A capacidade de carga da laje e das tampas deverá ser de 400kN. A tampa deverá ter identificação com logotipo da CASAN e Sistema de Abastecimento de Água.

As caixas deverão ser executadas com fundo em laje de concreto a fim de prover um maior apoio para a estrutura. As paredes da caixa deverão ser estudadas e executadas conforme esforços demandados e projeto estrutural é recomendado.

Nas tampas das caixas deve-se tomar todas as precauções para evitar a penetração de águas pluviais. Para que seja garantida a perfeita vedação entre a tampa e a caixa, a tampa deverá ser concretada sobre a caixa já na posição definitiva. As caixas deverão conter drenagem de fundo para não acumular água. As caixas deverão ser impermeabilizadas nas partes externa e interna, incluindo a base e a tampa.

No procedimento para abertura de valas deve-se tomar cuidado especial com outras tubulações existentes. As dimensões internas da caixa estão apresentadas nos detalhes típicos de instalação fornecidos pela CASAN. As dimensões e localização das tampas deverão permitir o acesso ao interior da caixa de proteção e às instalações do macromedidor. As dimensões das caixas deverão permitir acesso às tubulações por técnicos e equipamentos para manutenções preventivas e corretivas.

O acesso ao elemento primário deve ser fácil com espaço suficiente para que a manutenção seja a menos problemática possível. Para definição do distanciamento entre equipamentos e também em relação as paredes, piso e parte superior da caixa, alguns fatores devem ser analisados, dentre eles temos o diâmetro nominal do sensor, a profundidade da tubulação com o nível solo e os componentes que farão parte do sistema no interior da caixa, como conexões, ponto para realização de pitometria, etc.

Deve-se prever um distanciamento mínimo de 60cm entre a lateral do tubo e as paredes das caixas, assim como do fundo da caixa, permitindo a manutenção do equipamento (entrada de pessoal e ferramentas).

O Anexo 5.6 apresenta os detalhes típicos para caixa de proteção para macromedidores enterrados e estação pitométrica. O Anexo 5.7 apresenta os detalhes típicos para caixa de proteção dos macromedidores em barriletes de reservatórios.

8.3. Entrada de energia

Todos os materiais a serem utilizados na instalação da entrada de energia deverão obrigatoriamente ser novos (não será aceita a utilização de materiais de segunda mão). Também não serão aceitas emendas nos cabos da entrada de energia, exceto na interligação dos ramais de ligação e de entrada via conectores cunha.

Para dimensionamento do cabeamento de alimentação considerar a distância máxima de 20 metros para o ramal de ligação/entrada e de 15 metros para o ramal de saída/carga.

8.4. Base para o painel de telemetria

O conversor do equipamento deve ficar o mais próximo possível da unidade de medição e sem emendas no cabo de comunicação. O painel que abrigará os equipamentos para a telemetria

deverá ser instalado sobre uma base de alvenaria ou concreto nivelada, com 1 metro de altura a partir do piso e largura e profundidade iguais às do abrigo em aço inox, conforme esquema apresentado na Figura 10. A fim de propiciar um bom acabamento, a base deverá ser rebocada com areia fina e pintada em cor concreto (RGB 167,156,129) com ao menos 2 (duas) demãos.

Deverão ser previstos 3 (três) eletrodutos de 2” na base para a passagem dos cabos elétricos necessários:

- 1 (um) eletroduto entre o abrigo de telemetria e o local de instalação do carretel do macromedidor, para uso exclusivo para os cabos dos sinais do carretel e do sensor de pressão. A distância máxima deverá ser de 20m devido ao comprimento do cabo entre o carretel do macromedidor e o conversor;
- 1 (um) eletroduto entre o abrigo de telemetria e o local de instalação do carretel do macromedidor, para reserva;
- 1 (um) eletroduto entre o quadro de onde vem a alimentação elétrica (alimentação existente, entrada de energia ou painéis de alimentação fotovoltaica, conforme o caso) e o abrigo de telemetria.

Os eletrodutos serão de PEAD corrugado onde for subterrâneo, PVC rígido onde for aparente dentro da edificação e de ferro galvanizado a fogo onde for aparente externo a edificações. Deverão ser previstas caixas de passagem conforme a necessidade.

O Anexo 5.8 traz o detalhe típico da base do painel e alimentação elétrica.

8.5. Painel para conversor e telemetria

Deverá Possuir telemetria via GPRS, Rádio e/ou Ethernet (dependendo do local), com saída que disponibilize a medição de vazão instantânea e totalização, dotado de fonte de alimentação, em tensões de 12 ou 24V, possibilitando a ligação em bateria ou na rede de energia da concessionária com fonte adaptadora. Devem possuir instrumentação eletrônica (conversor da macromedição) deve possuir protocolo modbus/RTU, com comunicação física RS485.

Os componentes elétricos ficarão abrigados dentro de um painel inox. O conversor do macromedidor será instalado na placa de montagem deste painel, com espaçamento “lateral” (entorno) entre eles para ventilação, assim como acesso adequado aos parafusos de fixação. A área padrão reservada para instalação do conversor em painel simples deve ser de 27 x 35 cm (largura x altura) por conversor. Os painéis deverão ser preparados para instalação em base de concreto (fixação pelo fundo do painel) e sobreposto em parede (fixação através de suportes externos ao painel). Todos os furos do painel devem vir de fábrica tapa-furo plástico. Os quadros deverão ser projetados, fabricados, ensaiados e fornecidos com as prescrições da norma NBR 61439 (conjunto de manobra e controle de baixa tensão)

Deverão ser previstos para o painel de telemetria:

- Disjuntor termomagnético para tomada elétrica de serviços;
- Disjuntor termomagnético para fonte de alimentação 24V;
- Disjuntor termomagnético para cada DPS;
- Dispositivos Protetores de Surtos (DPS's), para a fase, neutro, entradas analógicas;

- Dispositivo de proteção contra surtos para macromedidor. Modelos de referências: Fabricante Clamper, Eletrodo: 923.B010.012, Bobina: 923.B.010.060, Alimentação 24 Vcc: 823.B.010.024 RS-485: Série 800.
- Bornes elétricos tipo SAK para conexões de entrada e saída dos condutores elétricos;
- Fonte UPS. Fabricante referência: PHOENIX, modelo referência: Série “QUINT UPS”;
- Fonte de alimentação CC 24V. Fabricante referência: PHOENIX; modelo referência: Série “UNO POWER”;
- Bateria (acumulador de energia). Fabricante referência: PHOENIX, modelo referência: Série “UPS-BAT/LI/24DC”;
- Relé de interface para conexão das entradas e saídas digitais;
- Borne específico para comunicação MODBUS RTU;
- Uma tomada elétrica para uso geral, monofásica, hexagonal (padrão NBR 14136), 10 A, 230 V, 60 Hz;
- Informação de presença de energia vinda da Fonte UPS;
- Módulo GPRS (com antena) para comunicação diretamente com o servidor de dados e compatível com o sistema de telemetria da CASAN. Modelo de referência: ABS Telemetria CEL IO 4G ref.: 0025-05;
- Todos os componentes internos ao painel de telemetria deverão ter fixação em trilho DIN e espaço livre em trilho de pelo menos 15 cm;
- Os condutores devem ser acomodados em calhas com tampa de encaixe e recorte aberto, e possuírem anilhas de identificação de mesmo código (exclusivo) em ambas as extremidades. Devem estar separados cabos de 220Vca dos demais cabos (12Vcc, 24Vcc, sinais analógicos e comunicação) em calhas distintas. Bitola mínima dos cabos de 1mm²;
- Adesivo de identificação da CASAN na porta, de acordo com norma de identificação visual da CASAN;
- Deverão existir “adaptadores” para vínculo com equipamentos e instalações externas, como o uso de prensa conduítes, prensa cabos, conectores box, etc;
- Há necessidade de aterramento dos equipamentos e instalações;
- Barramentos de neutro;
- Barramento de aterramento;
- Junto a porta documentos deverão constar:
 - Certificado de calibração do macromedidor emitido por laboratório acreditado pelo INMETRO ou por órgão estrangeiro a ele conveniado;
 - Certificado de garantia;
 - Documentação técnica (manual de instruções, mapa de comunicação, desenho e lista de peças) em PORTUGUÊS (obrigatório);

O Anexo 5.8 traz o detalhe típico painel de conversor e telemetria.

9. CUIDADOS NA INSTALAÇÃO DO MACROMEDIDOR

Caso a instalação seja realizada por mão de obra autorizada pela CASAN, antes da execução da caixa e barrilete, recomenda-se nova inspeção e sondagem no local pretendido para instalação a fim de confirmar os dados cadastrais quanto ao material da tubulação, profundidade, amarração e existência de interferências.

9.1. Manuseio do tubo sensor

Para elementos primários com dimensões maiores, o cuidado com o transporte deve ser redobrado. Quando o uso das cintas de transportes for necessário deve-se posicionar nas duas extremidades, utilizando os engates existentes ou na falta destes, utilizar o corpo para ponto de içamento como demonstrado no detalhe. Nunca utilizar a caixa de ligação elétrica como ponto de apoio para içamento do elemento primário.

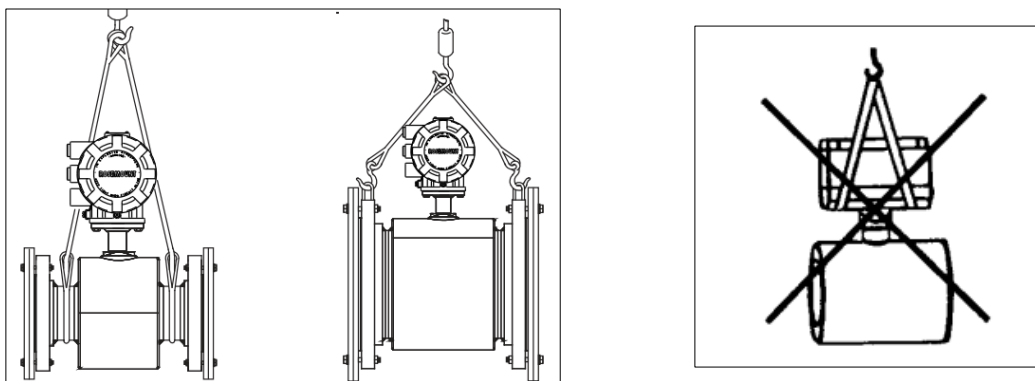


Figura 12: Manuseio do sensor e içamento da peça

9.2. Aterramento

O aterramento da distribuição deverá ser interligado de forma que a instalação receba condutores neutro e terra separados desde a entrada de energia (ligação TN-S).

O condutor de aterramento oriundo da distribuição deverá ser interligado ao barramento de aterramento do painel de telemetria. Caso a impedância do aterramento medida no quadro não seja inferior a 10 (dez) ohms, o aterramento da instalação deverá ser complementado por meio da instalação de eletrodos de aterramento adicionais até que a impedância do aterramento seja inferior a 10 (dez) ohms.

O aterramento dos conversores dos macromedidores e dos demais equipamentos que necessitem de aterramento deverão ser ligados à malha de aterramento do painel de telemetria conforme as recomendações dos respectivos fabricantes.

O aterramento funcional dos carretéis dos macromedidores e dos anéis de aterramento, se necessário, deverão ser conectados a haste(s) de aterramento a ser(em) instalada(s) diretamente no interior das caixas conforme as recomendações do fabricante (número de hastes e a impedância final medida conforme a norma NBR 15479).