LAUDO TÉCNICO

Power
AUTOMAÇÃO E LOCAÇÃO DE GRUPOS GERADORES
Fone: 81 3093.5615 | 9.9181.8921

Avaliação técnica de transformador trifásico a seco e recomendação preventiva e corretiva

Transformador 2 – 1.000 kVA – 13,8 kV / 380-220 V – Fabricante UNIÃO

Laudo nº / revisão	nº 01/2026 – Revisão 01 (substitui e complementa o laudo de 17 de novembro de 2026)
Data de emissão	18 de novembro de 2026
Atendimento a	Solicitação de complementação do laudo técnico – Superintendência de Manutenção Predial, Prefeitura do Recife, 17 de novembro de 2026
Contratante	Prefeitura da Cidade do Recife – CNPJ 10.565.000/0001-92 – Av. Cais do Apolo, 925 – CEP 50.030-903
Contato da Contratante	Sr. Manoel Junior (Engenheiro) – (81) 99488-6782
Emitente	POWER Serviços de Automação, Montagens e Instalações Ltda ME – CNPJ 16.731.874/0001-59 – Rua Estela Borges, 42 – Imbiribeira – Recife/PE
Responsável técnico	JOSÉ WILLITON DA SILVA, CREA: 1817256351 e nº da ART XXXXXXXXXX

Nota de preenchimento: os poucos campos em amarelo dependem de informações que só o responsável técnico ou os registros da emitente possuem (assinatura e ART, fotografias de detalhe, leituras de placa a conferir). Remover esta nota na versão final.

SUMÁRIO EXECUTIVO

O transformador trifásico a seco de 1.000 kVA (13,8 kV / 380-220 V, fabricante UNIÃO) da Prefeitura do Recife foi retirado da base instalada após ocorrência de aquecimento anormal, cheiro de queimado e ruído, e encaminhado para peritagem e ensaios.

Por integrar o sistema de alimentação da edificação, o equipamento opera em regime contínuo, 24 horas por dia. Nessa condição, os componentes responsáveis pela condução e transformação da carga (enrolamentos, terminais, conexões, derivações e sistema de isolação) ficam submetidos, ao longo dos anos, a ciclos térmicos, esforços eletrodinâmicos, vibração e acúmulo de contaminantes, o que reduz progressivamente a sua margem de desempenho.

Os ensaios elétricos iniciais, realizados com o equipamento desenergizado e em baixa tensão, não indicaram falha franca. Esses ensaios, porém, não reproduzem as condições de corrente, temperatura e campo elétrico em que a anomalia foi relatada, nem substituem a investigação específica de defeitos entre espiras ou de conexões com contato deficiente. Os resultados favoráveis, portanto, não afastam a necessidade de intervenção.

Conclui-se pela necessidade técnica de **manutenção preventiva e corretiva**. A manutenção **preventiva** compreende limpeza técnica, secagem controlada, reaperto com torque especificado, inspeção detalhada e termografia. A manutenção **corretiva** compreende o tratamento e a substituição dos componentes que apresentem sinais de degradação e a correção das causas do aquecimento e do ruído, seguidos de ensaios de comprovação. **O retorno à operação está condicionado ao cumprimento das condições da Seção 12; este laudo não constitui, isoladamente, liberação para reenergização.**

Matriz de atendimento à solicitação de complementação

Item	Solicitação da Superintendência de Manutenção Predial	Seção
1	Diagnóstico da ocorrência (causa provável do aquecimento, cheiro de queimado e ruído)	3, 4 e 8
2	Relatório de inspeção física com registro fotográfico	6 e Anexo A
3	Relatórios completos dos ensaios (metodologia, instrumentos, condições, critérios e confronto com a placa)	5 e 7
4	Avaliação de ensaios complementares (defeitos internos e entre espiras)	9
5	Justificativa da manutenção preventiva e corretiva proposta (limpeza, reaperto e estufa a 80 °C)	10
6	Comprovação pós-intervenção	11
7	Parecer conclusivo e responsabilidade técnica (profissional habilitado, registro e ART)	12 e 13

1. OBJETO E FINALIDADE

Este laudo apresenta a avaliação técnica do transformador trifásico a seco de 1.000 kVA da Prefeitura da Cidade do Recife, abrangendo a inspeção física, os ensaios elétricos, o diagnóstico da ocorrência relatada, a justificativa técnica da manutenção preventiva e corretiva recomendada e as condições para o retorno do equipamento à operação.

O documento revisa e amplia o laudo emitido em 17 de novembro de 2026, separando de forma objetiva o conteúdo técnico (laudo) do conteúdo comercial (escopo e valores de serviço), que deve constar de documento próprio.

2. IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Dados transcritos da placa de identificação (Foto 01) e da etiqueta de ensaio de rotina de fábrica (Foto 02).

Equipamento	Transformador trifásico seco encapsulado (resina)
Identificação no local	Transformador 2
Fabricante / linha	UNIÃO Transformadores (CNPJ 65.696.619/0001-28) – linha Dry Utilities
Tipo / nº de série	TUE-T1000 K1 15 380 - 1505007
Fabricação	09/2015 (mais de 11 anos desde a fabricação)
Potência nominal	1.000 kVA
Tensões nominais	AT: 13,8 kV (ligação em triângulo) | BT: 380 V entre fases / 220 V fase-neutro (estrela com neutro)
Correntes nominais	AT: 41,84 A (13.800 V) | BT: 1.519 A
Grupo de ligação	Dyn1
Frequência / fases	60 Hz / trifásico
Resfriamento / isolação / proteção	AN (ar natural) / encapsulado / IP 00
Classe térmica da isolação	F (155 °C), AT e BT
Tensões suportáveis	AT: 34 kV (frequência industrial) e 95 kV (impulso atmosférico) | BT: 10 kV

Impedância de curto-circuito	6,12 % a 115 °C, em 13.800 V
Tapes (AT), 7 posições	13.800 / 13.200 / 12.600 / 12.000 / 11.400 / 10.800 / 10.200 V
Temperatura ambiente máxima	40 °C
Massa total	1.973 kg
Norma indicada na placa	ABNT NBR 10295/11
Local de instalação	Prefeitura da Cidade do Recife – Av. Cais do Apolo, 925 – Recife/PE

2.1 Referência do fabricante: desenho técnico e compatibilidade

Os dados de placa correspondem ao transformador seco encapsulado da linha Dry Utilities da UNIÃO Transformadores, classe de tensão 15 kV, 1.000 kVA. O desenho técnico do catálogo (Figura 1) identifica os componentes de transmissão de carga e os pontos de inspeção tratados neste laudo: terminais AT e BT, terminal de neutro, terminal de aterramento, controlador de temperatura, placa de características e base com rodízios. A configuração observada nas Fotos 03 e 04 (bobinas encapsuladas, barramento de BT com X0 a X3 e base com rodízios) é coerente com esse desenho.

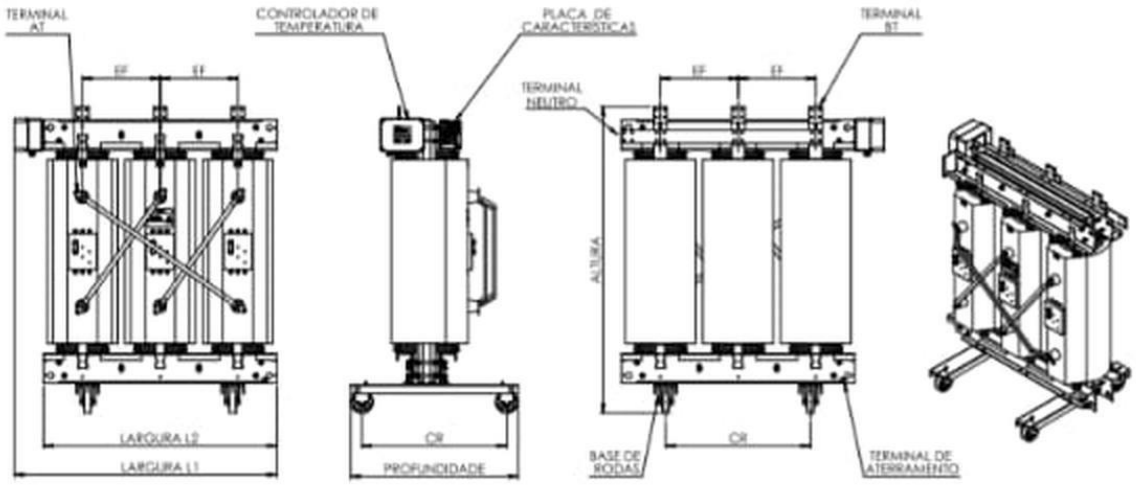


Figura 1 – Desenho técnico do transformador seco (linha Dry Utilities). Fonte: catálogo UNIÃO Transformadores (www.transformadoresuniao.com.br); imagem meramente ilustrativa.

Parâmetro	Placa	Catálogo (15 kV)	Avaliação
Potência nominal	1.000 kVA	1.000 kVA	Compatível
Classe de tensão e isolamento	AT 13,8 kV; 34 kV / 95 kV	Classe 15 kV	Compatível
Impedância (115 °C)	6,12 %	6,00 %	Compatível (diferença dentro da tolerância usual de fabricação, de ±10 %)
Concepção construtiva	Seco encapsulado, IP 00, base com rodízios	Seco, base de rodas (Figura 1)	Compatível
Massa total	1.973 kg (leitura)	cerca de 2.800 kg	Divergente; conferir leitura da placa e configuração

Referência de catálogo (orientativa)	Valor para 1.000 kVA, classe 15 kV
Dimensões L1 × L2 × profundidade × altura	1.830 × 1.635 × 950 × 1.900 mm

Referência de catálogo (orientativa)	Valor para 1.000 kVA, classe 15 kV
Distância entre fases / centro das rodas	545 mm / 820 mm
Perdas a vazio / perdas totais a 115 °C	2.600 W / 12.700 W
Corrente de excitação a vazio	1,50 %
Nível de ruído	64 dB
Corrente de inrush	11 × In

Valores do catálogo são orientativos e sujeitos a alteração sem aviso prévio, conforme nota do próprio fabricante. O valor de referência para aceitação é o do relatório de ensaio de fábrica do número de série do equipamento.

3. HISTÓRICO OPERACIONAL E DA OCORRÊNCIA

3.1 Regime de operação

Conforme informado pela Contratante, o transformador alimenta cargas da edificação em regime contínuo (24 h/dia).

3.2 Ocorrência

O histórico apresentado à fiscalização relata aquecimento anormal do equipamento, acompanhado de cheiro de queimado e ruído. Data, condição de carga, atuação de proteções e providências adotadas constam desse histórico.

3.3 Estado de recebimento

O equipamento foi removido da base instalada, acondicionado e transportado em caminhão Munck até as instalações da emitente para peritagem e ensaios. O estado em que foi retirado está documentado na Seção 6 e no Anexo A.

4. FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA: OPERAÇÃO CONTÍNUA E ENVELHECIMENTO

Transformadores a seco em operação contínua estão sujeitos a mecanismos de degradação cumulativos e reconhecidos. O quadro a seguir relaciona os componentes de transmissão de carga e os modos de degradação esperados. A aplicabilidade de cada mecanismo a este equipamento é verificada pela inspeção (Seção 6), pelos ensaios (Seções 7 e 9) e pelo diagnóstico (Seção 8).

Segundo a placa, o equipamento foi fabricado em setembro de 2015, ou seja, completou mais de 11 anos desde a fabricação, período em que os mecanismos abaixo atuam de forma cumulativa em regime contínuo.

Componente	Solicitação em operação contínua	Degradação esperada e consequência
Enrolamentos (AT e BT)	Corrente permanente; perdas Joule mantêm aquecimento constante; variações de carga causam dilatação e contração cíclicas.	Envelhecimento térmico da isolação (resina, verniz e materiais isolantes), com perda de rigidez dielétrica e microfissuras. Esforços eletrodinâmicos podem deslocar espiras e reduzir a distância de isolamento, favorecendo defeitos entre espiras.
Terminais, conexões e barras	Corrente permanente e ciclagem térmica nas juntas aparafusadas.	Relaxamento das juntas, oxidação e micro-movimento nas superfícies de contato. A resistência de contato aumenta e o aquecimento localizado ($P = R \cdot I^2$) se agrava de forma progressiva.
Derivações (tapes) e ligações de comutação	Pontos de contato adicionais, também percorridos por corrente permanente.	Mesma degradação das conexões; por serem menos acessíveis, tendem a receber menos reaperto ao longo da vida útil.

Componente	Solicitação em operação contínua	Degradação esperada e consequência
Sistema de isolação, isoladores, calços e espaçadores	Temperatura contínua, umidade e deposição de poeira e contaminantes na superfície.	Redução da resistência de isolação, formação de caminhos de fuga, trilhamento superficial e descargas parciais.
Núcleo magnético e ferragens	Magnetização contínua e vibração magnetostritiva (dupla da frequência da rede).	Afrouxamento de fixações e calços, aumento de ruído e vibração, possíveis pontos de aquecimento por contato entre chapas ou ferragens.
Ventilação e proteção térmica	Dissipação de calor por convecção natural ou forçada; ambiente com poeira reduz a troca térmica.	Sobretemperatura persistente; sensores de temperatura com deriva ou falha podem mascarar o aquecimento.

5. METODOLOGIA, INSTRUMENTOS E CONDIÇÕES DE ENSAIO

Os ensaios iniciais foram executados com o equipamento desenergizado e desconectado, removido da base instalada, tendo como referência a ABNT NBR 5356-11 e a ABNT NBR 17048. Foram aplicados: resistência de isolação (megagem) entre AT × Terra, BT × Terra e AT × BT; resistência ôhmica dos enrolamentos de AT e BT; e relação de transformação nos tapes 1 a 4.

Instrumentos e certificados de calibração, tensão e tempo do ensaio de isolação, temperaturas ambiente e dos enrolamentos e demais condições de medição constam do relatório de ensaio original e dos certificados que integram o Anexo B, em atendimento ao item 3 da solicitação.

Data dos ensaios	12.11.2026
Instrumentos e calibração	Conforme Anexo B
Temperatura, umidade, tensão e tempo de ensaio	Conforme Anexo B
Condição do equipamento	Desenergizado, removido da base instalada, antes da manutenção (ensaios iniciais)

6. INSPEÇÃO FÍSICA E REGISTRO FOTOGRÁFICO

A inspeção visual e a peritagem foram realizadas com o equipamento no estado em que foi retirado da instalação. A tabela abaixo apresenta a avaliação por componente; as fotografias correspondentes constam da Seção 6.2.

6.1 Avaliação por componente

Item inspecionado	Aspectos verificados	Constatação	Foto
Placa de identificação	Legibilidade e conferência dos dados nominais	Placa presente e legível; dados na Seção 2, compatíveis com o catálogo, exceto a massa.	01
Etiqueta de ensaio de rotina de fábrica	Presença, aprovação, data e assinatura	Etiqueta presente, com carimbo APROVADO OK e data de 09/2015.	02
Aspecto geral e estado de retirada	Corrosão, sujidade, danos de transporte, sinais de umidade	Equipamento sem invólucro (IP 00), sobre base com rodízios. Em vista geral, a superfície externa dos enrolamentos encapsulados não mostra trincas ou deformações evidentes.	03, 04

Item inspecionado	Aspectos verificados	Constatação	Foto
Enrolamentos AT e BT (resina)	Cor e brilho da resina, trincas, carbonização, deformação, aquecimento localizado	Sem trincas ou deformações evidentes em vista geral.	05
Terminais e conexões de BT, neutro e aterramento	Oxidação, descoloração, marcas de aquecimento ou arco, torque encontrado	Barramento de BT (X0 a X3) visível nas Fotos 03 e 04.	06
Terminais AT, derivações (tapes) e ligações	Oxidação, descoloração, folgas, estado das barras de comutação, posição de tape em uso	Folgas em alguns componentes de barramento.	07
Isoladores, calços, núcleo e ferragens	Trincas, trilhamento, umidade, folgas, ferrugem, pontos de atrito ou aquecimento	Sem abertura, passou nos testes.	08
Poeira, ventilação e controlador de temperatura	Acúmulo de contaminantes, obstrução de dutos, estado do controlador e dos sensores	Normais.	08

6.2 Registro fotográfico (estado na retirada)

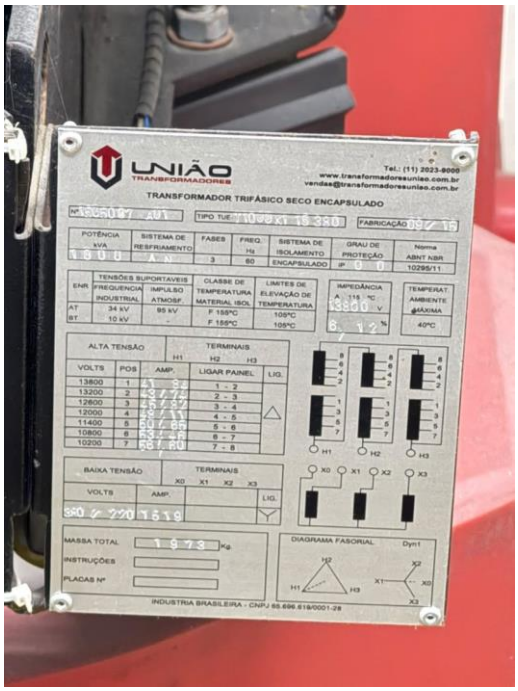


Foto 01 – Placa de identificação



Foto 02 – Etiqueta de ensaio de rotina de fábrica



Foto 03 – Vista geral na retirada, junto ao caminhão Munck



Foto 04 – Movimentação do equipamento para remoção
.



Foto 05 – Enrolamentos AT e BT (detalhe)
Constatação: ver item correspondente da tabela 6.1 (transcrever a partir da foto)



Foto 06 – Terminais e conexões de BT, neutro e aterramento (detalhe)
Constatação: ver item correspondente da tabela 6.1 (transcrever a partir da foto)



Foto 07 – Terminais AT, derivações (tapes) e ligações



Foto 08 – Isoladores, poeira e controlador de temperatura

7. ENSAIOS ELÉTRICOS INICIAIS

Os valores abaixo reproduzem os resultados registrados na avaliação inicial do equipamento, acrescidos do tratamento estatístico e dos campos de confronto necessários à avaliação.

7.1 Resistência ôhmica dos enrolamentos

Enrolamento	Terminais	Valor medido	Desvio em relação à média
Baixa tensão	X1–X2	0,90 mΩ	-1,46 %
Baixa tensão	X2–X3	0,92 mΩ	0,73 %
Baixa tensão	X3–X1	0,92 mΩ	0,73 %
Alta tensão	H1–H3	1,50 Ω	0,00 %
Alta tensão	H2–H1	1,50 Ω	0,00 %
Alta tensão	H3–H2	1,50 Ω	0,00 %

Dispersão entre fases (máx–mín)/média: BT = 2,19 %; AT = 0,00 %. Temperatura de medição e critério de aceitação: ver Anexo B. O ensaio de resistência ôhmica de fábrica do número de série deve servir de linha de base.

7.2 Resistência de isolação

Ensaio	Valor medido	Observação
Alta tensão × Terra	15,2 GΩ	Valor elevado
Baixa tensão × Terra	3,2 GΩ	Inferior às demais combinações (ver 7.4)
Alta tensão × Baixa tensão	17,0 GΩ	Valor elevado

Tensão e tempo de ensaio, temperatura e índices de absorção dielétrica e de polarização: ver Anexo B.

7.3 Relação de transformação (TTR)

Tap	Tensão AT (placa)	Leit. 1	Leit. 2	Leit. 3	Dispersão entre leituras	Relação nominal	Desvio das leituras 1 / 2 / 3 (%)	Situação
Tap 1	13,8 kV	62,12	62,25	62,02	0,37 %	62,90	−1,24 / −1,03 / −1,40	Fora de ±0,5 % (3/3)
Tap 2	13,2 kV	59,42	59,54	59,29	0,42 %	60,17	−1,24 / −1,04 / −1,46	Fora de ±0,5 % (3/3)
Tap 3	12,6 kV	56,76	56,99	56,63	0,63 %	57,43	−1,17 / −0,77 / −1,39	Fora de ±0,5 % (3/3)
Tap 4	12,0 kV	54,05	54,15	53,96	0,35 %	54,70	−1,18 / −1,00 / −1,35	Fora de ±0,5 % (3/3)

Relação nominal calculada a partir da placa para ligação Dyn1: tensão AT do tape ÷ (380 V ÷ √3). Os tapes 5 a 7 (11,4; 10,8 e 10,2 kV) não constam do relatório inicial e devem ser ensaiados; a posição de tape em uso e a fase de cada leitura devem ser registradas no relatório original (Anexo B). Tolerância de referência: ±0,5 % da relação declarada ou 1/10 da impedância percentual (0,61 %), o que for menor (ABNT NBR 5356-1 e IEC 60076-1; a conferir na edição vigente). A relação de projeto deve ser confirmada no relatório de ensaio de fábrica; por isso o desvio é registrado como pendência a esclarecer, e não como defeito.

7.4 Análise técnica dos resultados

- **Resistência ôhmica:** os enrolamentos apresentam equilíbrio entre fases. A diferença de 0,02 mΩ entre X1–X2 e as demais fases está na ordem da resolução usual de microhmímetros; deve ser confirmada informando instrumento, corrente de ensaio e temperatura.

- **Resistência de isolação:** os valores são elevados em todas as combinações. A isolação BT × Terra (3,2 GΩ) é, entretanto, de 4,8 a 5,3 vezes inferior às demais. Sem tensão de ensaio, tempo e temperatura registrados, não é possível afirmar se a diferença é construtiva ou indica contaminação ou umidade superficial. Deve ser reavaliada após limpeza e secagem (Seção 11).
- **Relação de transformação:** as leituras são coerentes entre fases e entre tapes, e os degraus entre tapes reproduzem os da placa (cerca de 4,4 % a 4,8 %). Contudo, em relação ao valor nominal calculado a partir da placa, todas as leituras ficam entre 0,8 % e 1,5 % abaixo do esperado, fora da tolerância de referência de ±0,5 %. A afirmação de que as relações estão dentro dos limites só pode ser mantida após esse confronto. Como o desvio é uniforme entre fases e tapes, é mais compatível com causa sistemática (relação de projeto, ajuste ou ligação do instrumento) do que com defeito localizado entre espiras, que tenderia a afetar uma fase ou um tape específico. Deve ser esclarecido com o relatório de ensaio de fábrica e com repetição do ensaio em instrumento calibrado.
- **Limitação dos ensaios:** os ensaios foram realizados com o equipamento frio, desenergizado e em baixa tensão. Eles não detectam conexão que só aquece sob corrente, defeito incipiente entre espiras, descargas parciais nem deformação mecânica dos enrolamentos. Por isso os resultados favoráveis não esclarecem, por si, a causa da ocorrência.

8. DIAGNÓSTICO DA OCORRÊNCIA

8.1 Causa provável

Com base no regime de operação contínua, no histórico relatado (aquecimento, cheiro de queimado e ruído) e nos resultados dos ensaios, a hipótese técnica prioritária é a degradação progressiva dos componentes de transmissão de carga, em especial conexões, terminais e derivações com resistência de contato elevada e isolação superficialmente contaminada ou envelhecida, agravada pela vibração do conjunto.

Essa hipótese é compatível com ensaios de baixa tensão satisfatórios, pois defeitos de contato e envelhecimento incipiente podem não se manifestar em equipamento frio e desenergizado. A confirmação depende das constatações da inspeção (Seção 6) e dos ensaios complementares (Seção 9). Quando não for possível concluir a causa, a impossibilidade é declarada expressamente na Seção 12.

O confronto da relação de transformação com a placa (Seção 7.3) mostra valores cerca de 1 % abaixo do nominal em todas as fases e tapes ensaiados. O padrão uniforme não aponta, por si, para curto entre espiras, mas o desvio supera a tolerância de referência e precisa ser esclarecido antes de se descartar a hipótese H3.

8.2 Hipóteses avaliadas

Hipótese	Mecanismo	Verificação	Situação
H1. Resistência de contato elevada em terminais, conexões e tapes	Aquecimento localizado por P = R·I², com descoloração e cheiro de queimado.	Inspeção visual e de torque; microhmímetro ponto a ponto; termografia sob carga.	Hipótese prioritária; confirmar na inspeção de detalhe e na termografia
H2. Degradação ou contaminação da isolação	Caminhos de fuga, trilhamento e descargas parciais.	Limpeza, secagem e reensaio de isolação com índice de polarização; descargas parciais.	Hipótese prioritária; confirmar com reensaio após limpeza e secagem
H3. Defeito incipiente entre espiras	Corrente circulante em espiras em curto, com aquecimento e ruído.	Corrente de excitação, relação de transformação em todos os 7 tapes e confronto com o ensaio de fábrica, SFRA e tensão induzida.	A investigar com os ensaios complementares
H4. Folga mecânica ou vibração de núcleo e fixações	Ruído e vibração; atrito entre partes.	Inspeção mecânica, reaperto, medição de ruído (ABNT NBR 7277).	Provável contribuinte para o ruído; confirmar em inspeção mecânica

Hipótese	Mecanismo	Verificação	Situação
H5. Sobrecarga, harmônicos ou ventilação deficiente	Sobretemperatura persistente nos enrolamentos.	Histórico de carga, medição de corrente e qualidade de energia, verificação da ventilação do ambiente.	A verificar no histórico de carga e na ventilação

8.3 Constatações da inspeção relacionadas ao diagnóstico

> Em vista geral (Fotos 03 e 04), a superfície externa dos enrolamentos encapsulados não apresenta trincas ou deformações evidentes. As constatações de detalhe (conexões, derivações, isoladores, calços e superfícies) são registradas na Seção 6 a partir das Fotos 05 a 08 e orientam a manutenção corretiva descrita na Seção 10.

9. ENSAIOS COMPLEMENTARES

O histórico de aquecimento e ruído sugere possível defeito entre espiras ou em conexões, que os ensaios iniciais não cobrem. Recomendam-se os ensaios abaixo, classificados quanto à necessidade antes do retorno à operação.

Ensaio	Finalidade	Referência	Recomendação
Resistência de isolação com índice de polarização/absorção (antes e depois da secagem)	Avaliar contaminação, umidade e evolução da isolação.	ABNT NBR 5356-11; IEEE C57.12.91 (complementar)	Obrigatório
Relação de transformação nos 7 tapes, com confronto à placa e ao ensaio de fábrica	Verificar espiras e ligações dos tapes; esclarecer o desvio de cerca de 1 % observado.	ABNT NBR 5356-1 e 5356-11	Obrigatório
Resistência de contato ponto a ponto (microhmímetro)	Localizar conexões com resistência elevada.	ABNT NBR 17048	Obrigatório
Termografia sob carga na reenergização	Detectar aquecimento localizado em operação.	ABNT NBR 17048	Obrigatório
Corrente de excitação e perdas a vazio	Detectar defeito entre espiras e no núcleo. Referência de catálogo: 1,50 % e 2.600 W (orientativa; usar o ensaio de fábrica).	ABNT NBR 5356-11	Recomendado
Descargas parciais	Detectar defeito de isolação e trilhamento.	ABNT NBR 5356-11	Recomendado
Tensão aplicada e tensão induzida (nível conforme fabricante)	Verificar suportabilidade dielétrica.	ABNT NBR 5356-3 e 5356-11	Recomendado
Resposta em frequência (SFRA)	Detectar deformação mecânica dos enrolamentos.	IEC 60076-18	Recomendado
Impedância de curto-circuito	Comparar com a placa; indício de deslocamento de enrolamentos.	ABNT NBR 5356-1	Recomendado
Medição de ruído	Quantificar o ruído relatado. Referência de catálogo: 64 dB (orientativa).	ABNT NBR 7277	Recomendado

10. MANUTENÇÃO PREVENTIVA E CORRETIVA: JUSTIFICATIVA TÉCNICA

Em razão da operação contínua (Seção 4), do histórico da ocorrência (Seção 3) e das limitações dos ensaios iniciais (Seção 7.4), o equipamento requer manutenção **preventiva** e **corretiva**. A manutenção preventiva recompõe as condições de operação e remove os fatores de degradação em curso: contaminantes, umidade residual e relaxamento de conexões. A manutenção corretiva trata os componentes que, na inspeção de detalhe, apresentem sinais de degradação (oxidação, descoloração, folgas, trilhamento, calços danificados) e as causas do aquecimento e do ruído relatados. Os procedimentos seguem a ABNT NBR 17048 e o manual do fabricante.

Serviço	Tipo	Justificativa técnica	Procedimento e controles
Limpeza técnica especializada	Preventiva	Remove poeira e contaminantes que reduzem a isolação superficial e a dissipação térmica, eliminando caminhos de fuga.	Aspiração e ar comprimido seco e isento de óleo, com pressão limitada conforme o manual; sem solventes não aprovados pelo fabricante; registro fotográfico antes e depois.
Secagem em estufa controlada a 80 °C	Preventiva	Remove a umidade residual e preserva as propriedades dielétricas da isolação.	Estufa com controle e registro de temperatura; duração definida pela estabilização da resistência de isolação, com leituras periódicas; rampas de aquecimento e resfriamento conforme o manual; reensaio após equalização de temperatura. A placa indica classe térmica F (155 °C), superior a 80 °C; a compatibilidade com o manual deve ser registrada no relatório de manutenção.
Revisão e reaperto de parafusos e conexões	Preventiva	Compensa o relaxamento das juntas por ciclagem térmica e reduz a resistência de contato.	Torquímetro calibrado, com os torques do manual; registro do aperto encontrado; marcação com tinta de torque.
Verificação do controlador e dos sensores de temperatura	Preventiva	Garante a detecção precoce de sobretemperatura após o retorno.	Teste funcional do controlador e dos sensores; verificação dos ajustes de alarme e desligamento.
Tratamento de pontos com sinais de aquecimento	Corretiva	Elimina a causa de aquecimento localizado onde houver oxidação, descoloração ou deformação.	Limpeza de contatos e tratamento das superfícies; medição de resistência de contato antes e depois.
Revisão de fixações, calços e núcleo	Preventiva e corretiva	Reduz vibração e ruído e elimina pontos de atrito.	Inspeção mecânica; reaperto de ferragens; substituição de calços danificados.
Recuperação superficial da isolação, se necessária	Corretiva	Restabelece a proteção superficial onde houver desgaste ou trilhamento.	Aplicação apenas de produto aprovado pelo fabricante, com cura conforme as instruções.
Substituição de componentes degradados	Corretiva	Restabelece a condição de projeto onde a recuperação não for suficiente.	Parafusos, arruelas, conectores, terminais, calços ou sensores equivalentes ao original e aprovados pelo fabricante; registro de cada peça substituída.

11. COMPROVAÇÃO PÓS-INTERVENÇÃO

Concluída a manutenção, os ensaios devem ser repetidos nas mesmas condições e com os mesmos instrumentos, e os resultados comparados aos iniciais em relatório próprio (Anexo E), com a descrição das ações efetivamente executadas. O quadro define os valores iniciais e o critério de comparação.

Ensaio	Valor inicial	Critério para a comparação pós-intervenção
Resistência ôhmica BT (X1–X2 / X2–X3 / X3–X1)	0,90 / 0,92 / 0,92 mΩ	Sem aumento; equilíbrio entre fases mantido.
Resistência ôhmica AT (H1–H3 / H2–H1 / H3–H2)	1,50 / 1,50 / 1,50 Ω	Sem aumento; equilíbrio entre fases mantido.
Isolação AT × Terra	15,2 GΩ	Não inferior ao inicial.
Isolação BT × Terra	3,2 GΩ	Aumento esperado após limpeza e secagem; valor inferior ao inicial exige investigação.
Isolação AT × BT	17,0 GΩ	Não inferior ao inicial.
Relação de transformação, tapes 1 a 4	Tap 1: 62,12 | 62,25 | 62,02 Tap 2: 59,42 | 59,54 | 59,29 Tap 3: 56,76 | 56,99 | 56,63 Tap 4: 54,05 | 54,15 | 53,96	Reprodutível e dentro da tolerância normativa frente à relação de fábrica; tapes 5 a 7 incluídos.
Corrente de excitação	Não medida	Medida e comparada ao ensaio de fábrica, sem assimetria entre fases.
Resistência de contato das conexões	Não medida	Reduzida ou mantida após o reaperto, sem ponto discrepante.
Termografia sob carga	Não realizada	Sem pontos quentes nas conexões e nos enrolamentos.

12. PARECER CONCLUSIVO E CONDIÇÕES PARA RETORNO À OPERAÇÃO

12.1 Parecer

Necessidade de intervenção. Em razão da operação em regime contínuo, do tempo desde a fabricação (09/2015), do histórico de aquecimento, cheiro de queimado e ruído e das limitações dos ensaios iniciais, é tecnicamente necessária a **manutenção preventiva** (limpeza, secagem controlada, reaperto, verificação de sensores e termografia) e a **manutenção corretiva** (tratamento e substituição de componentes degradados e correção das causas do aquecimento e do ruído), conforme a Seção 10.

Integridade. Até a conclusão da inspeção de detalhe, da manutenção e dos ensaios das Seções 9 e 11, o equipamento não deve ser considerado apto a retornar à operação.

Causa da ocorrência. A causa mais provável é a degradação progressiva dos componentes de transmissão de carga (conexões, terminais, derivações e isolação superficial), agravada pela vibração do conjunto. A confirmação depende das constatações de detalhe e dos ensaios complementares; se não for possível concluí-la, a impossibilidade será declarada de forma fundamentada no relatório de manutenção.

Reparos. Serão definidos pela manutenção corretiva a partir das constatações de detalhe e podem incluir a substituição de parafusos, conectores, terminais, calços e sensores.

12.2 Condições para o retorno à operação

1. Conclusão da manutenção preventiva e corretiva da Seção 10, com registro das ações executadas e fotografias.
2. Ensaios pós-intervenção com resultados conformes aos critérios da Seção 11 e sem degradação em relação aos iniciais, incluindo a relação de transformação confrontada com a de fábrica dentro da tolerância normativa.
3. Realização dos ensaios complementares classificados como obrigatórios na Seção 9.

4. Conferência, antes da energização, das conexões de cabos e barramentos de AT e BT, do aterramento, da ventilação do ambiente e da proteção térmica.
5. Energização acompanhada, com medição de corrente e temperatura e termografia no período inicial de operação com carga (recomenda-se no mínimo 72 horas), com relatório.
6. Emissão do parecer final assinado por profissional habilitado, com registro profissional e ART.

12.3 Limitações

Este laudo baseia-se nas inspeções e ensaios nele descritos e não garante a ausência de defeitos internos não acessíveis ou não detectáveis pelos métodos aplicados. Enquanto as condições da Seção 12.2 não forem cumpridas, o equipamento não deve ser reinstalado nem energizado.

13. RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Responsável técnico	JOSÉ WILLITON DA SILVA,
Registro profissional	CREA/PE: 1817256351
ART nº	número da ART xxxxxxxxxx
Local e data	Recife, 18 de novembro de 2026
Assinatura	

14. REFERÊNCIAS NORMATIVAS E TÉCNICAS

- ABNT NBR 5356-1 – Transformadores de potência – Parte 1: Generalidades
- ABNT NBR 5356-2 – Transformadores de potência – Parte 2: Aquecimento
- ABNT NBR 5356-3 – Transformadores de potência – Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar
- ABNT NBR 5356-5 – Transformadores de potência – Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos
- ABNT NBR 5356-11 – Transformadores de potência – Parte 11: Transformadores do tipo seco – Especificação
- ABNT NBR 17048 – Recebimento, armazenagem, instalação e manutenção de transformadores de potência do tipo seco com tensão até 36,2 kV – Procedimento
- ABNT NBR 10295 – Transformadores de potência secos (norma indicada na placa; conferir edição e situação atual em face da ABNT NBR 5356-11)
- ABNT NBR 5458 – Transformador de potência – Terminologia
- ABNT NBR 7277 – Transformadores e reatores – Determinação do nível de ruído
- ABNT NBR IEC 60085 – Isolação elétrica – Avaliação e designação térmicas
- ABNT NBR 14039 – Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV
- NR-10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade
- IEC 60076-1 – Power transformers – General; IEC 60076-11 – Dry-type transformers; IEC 60076-18 – Measurement of frequency response
- IEEE C57.12.91 – Test code for dry-type distribution and power transformers (referência complementar)
- Manual e catálogo técnico do fabricante (UNIÃO Transformadores, linha Dry Utilities, classe 15 kV)

As edições vigentes das normas devem ser conferidas pelo responsável técnico antes da emissão.

ASSINATURA DO RESPONSÁVEL

gov.br
Documento assinado digitalmente
JOSE WILLITON DA SILVA
Data: 19/11/2026 13:17:39-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

José Williton da Silva
CREA/PE: 1817256351

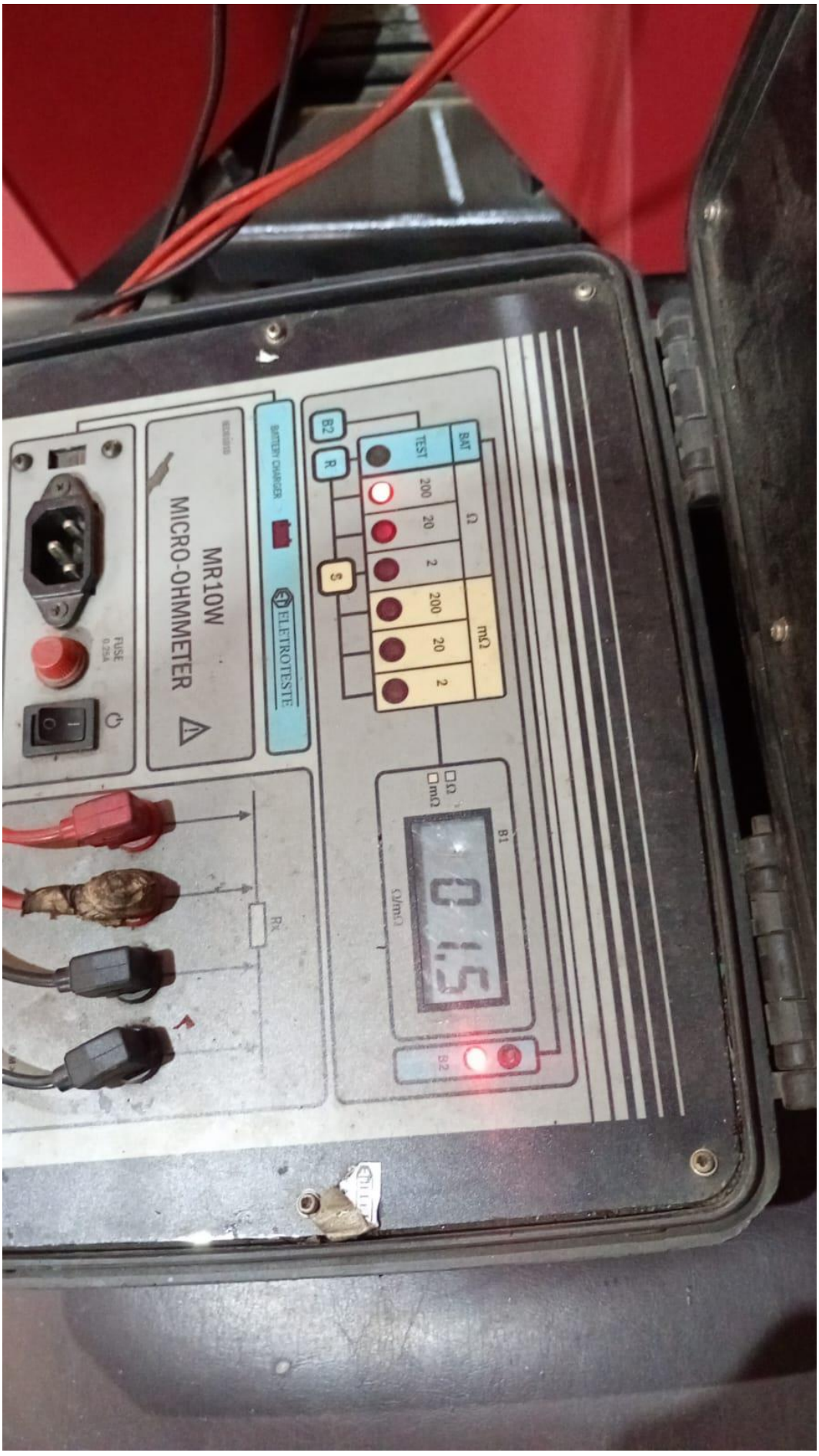
POWER SERVICOS DE AUTOMACAO MONTAGENS E INSTALACO:16731874000159

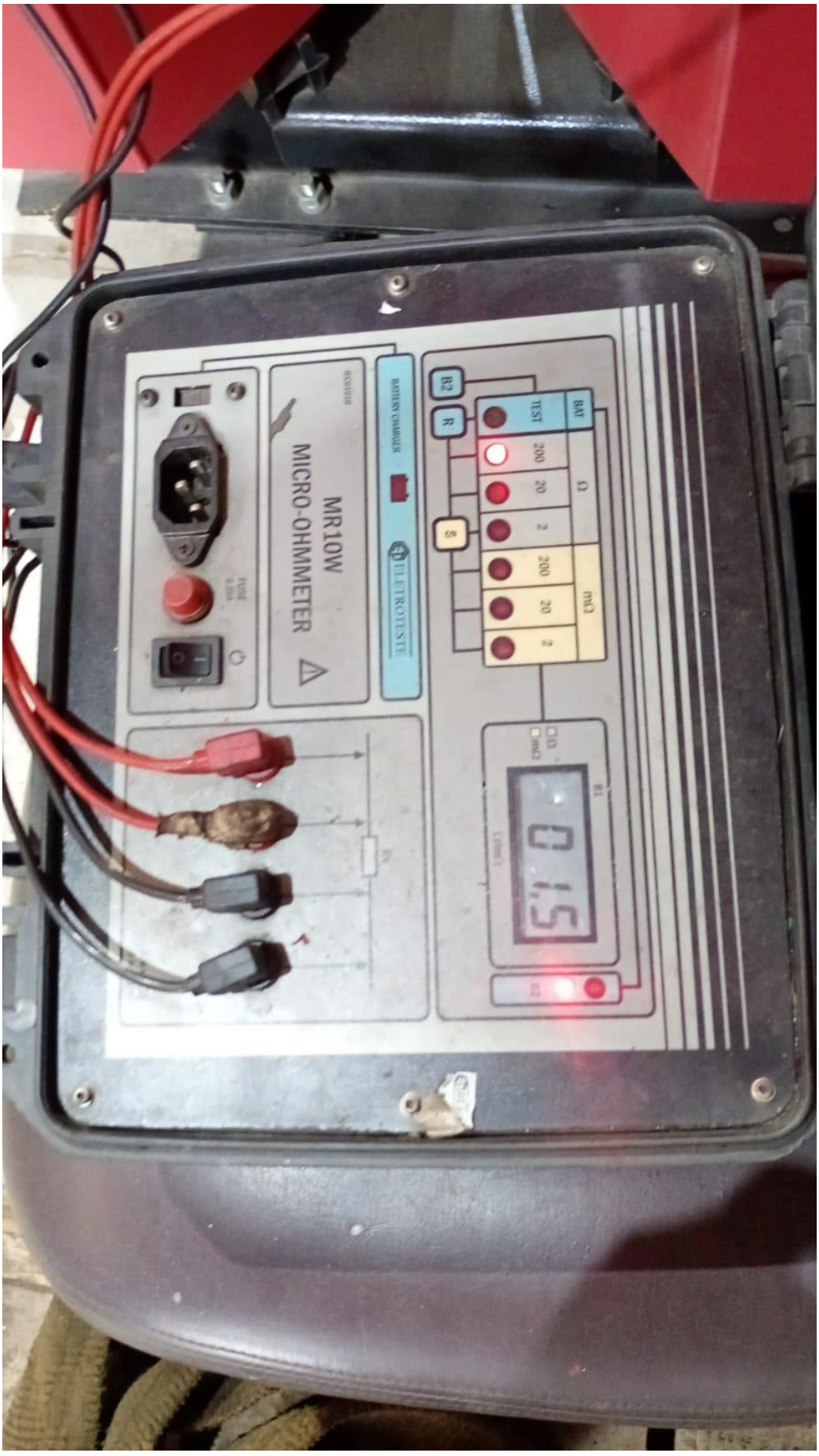
Assinado de forma digital por POWER SERVICOS DE AUTOMACAO MONTAGENS E INSTALACO:16731874000159
Dados: 2026.11.19 13:10:19 -03'00'

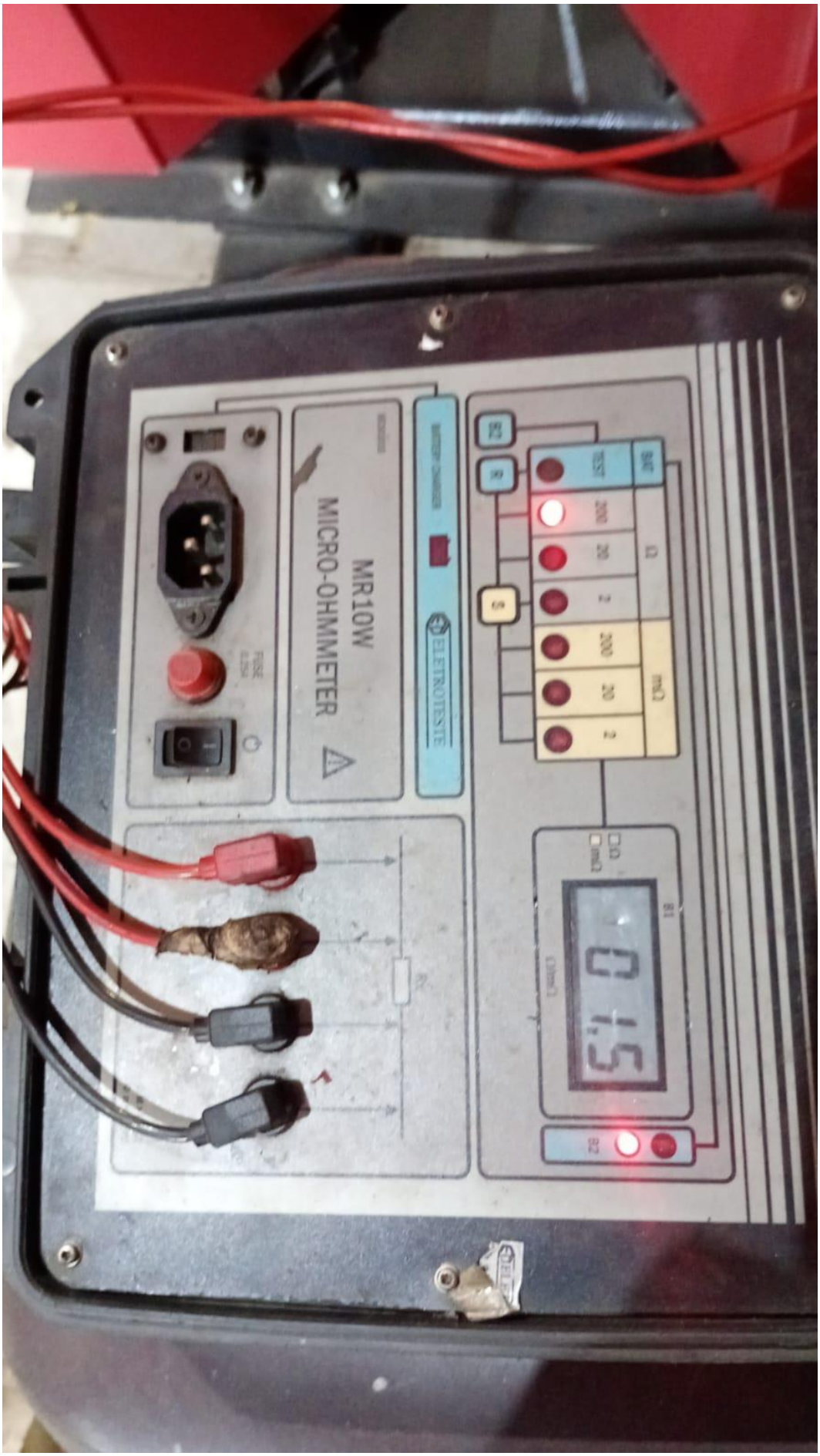
POWER Serviços de Automação, Montagens e Instalações Ltda ME
CNPJ 16.731.874/0001-59

15. ANEXOS – FOTOS DOS ENSAIOS

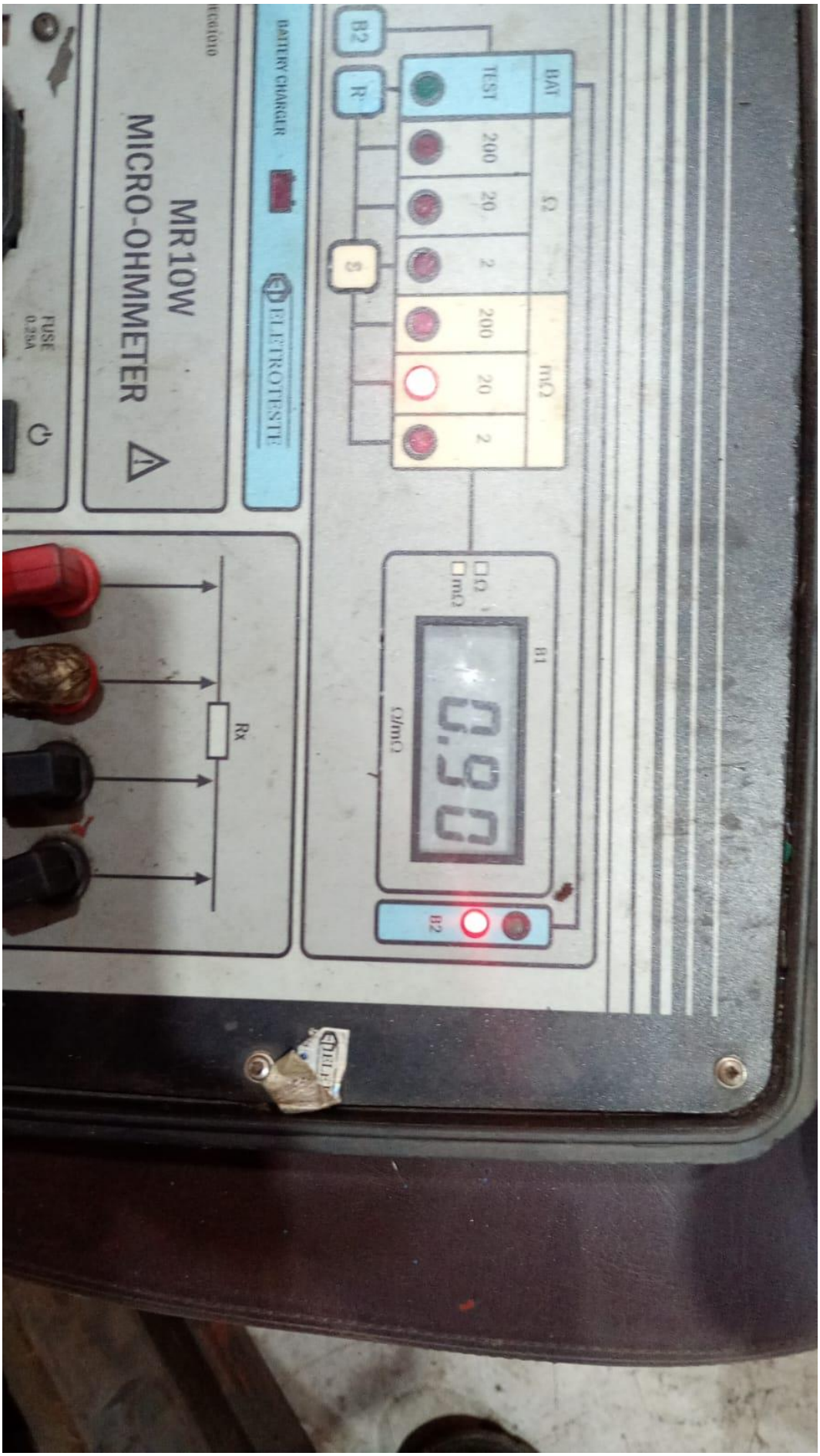



MR10W
MICRO-OHMMETER
ELETROTESTE
BATTERY CHARGER
FUSE
B2
R
S
TEST
BAT
200
20
2
200
20
2
Ω
mΩ
B1
B2
Rx


MR10W
MICRO-OHMMETER
ELETROTESTE
BATTERY CHARGER
TEST
BAT
B2
R
S
200
20
2
Ω
mΩ


MR10W
MICRO-OHMMETER
ELETROTESTE


MICRO-OHMMETER
MR10W
ELETRONTESTE
26.0


MR10W
MICRO-OHMMETER
BATTERY CHARGER
ELETROTESTE
FUSE
0.25A
TEST
BAT
200
20
2
Ω
200
20
2
mΩ
B2
R
S
Rx
B1
B2

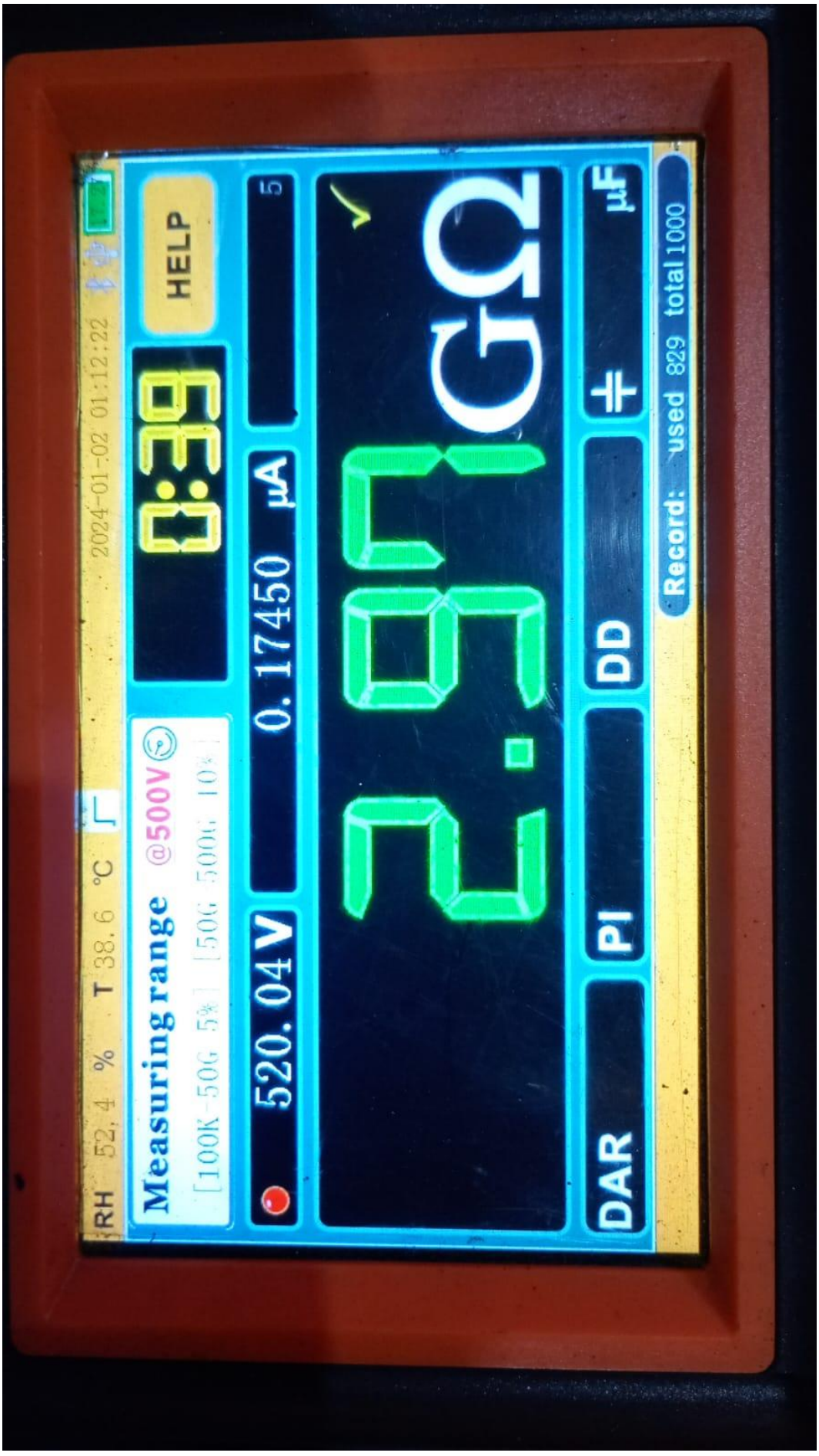

MR10W
MICRO-OHMMETER
ELETROTESTE
BATTERY CHARGER
B2
R
TEST
BAT
200
20
2
Ω
mΩ
B1
0.92
Rx

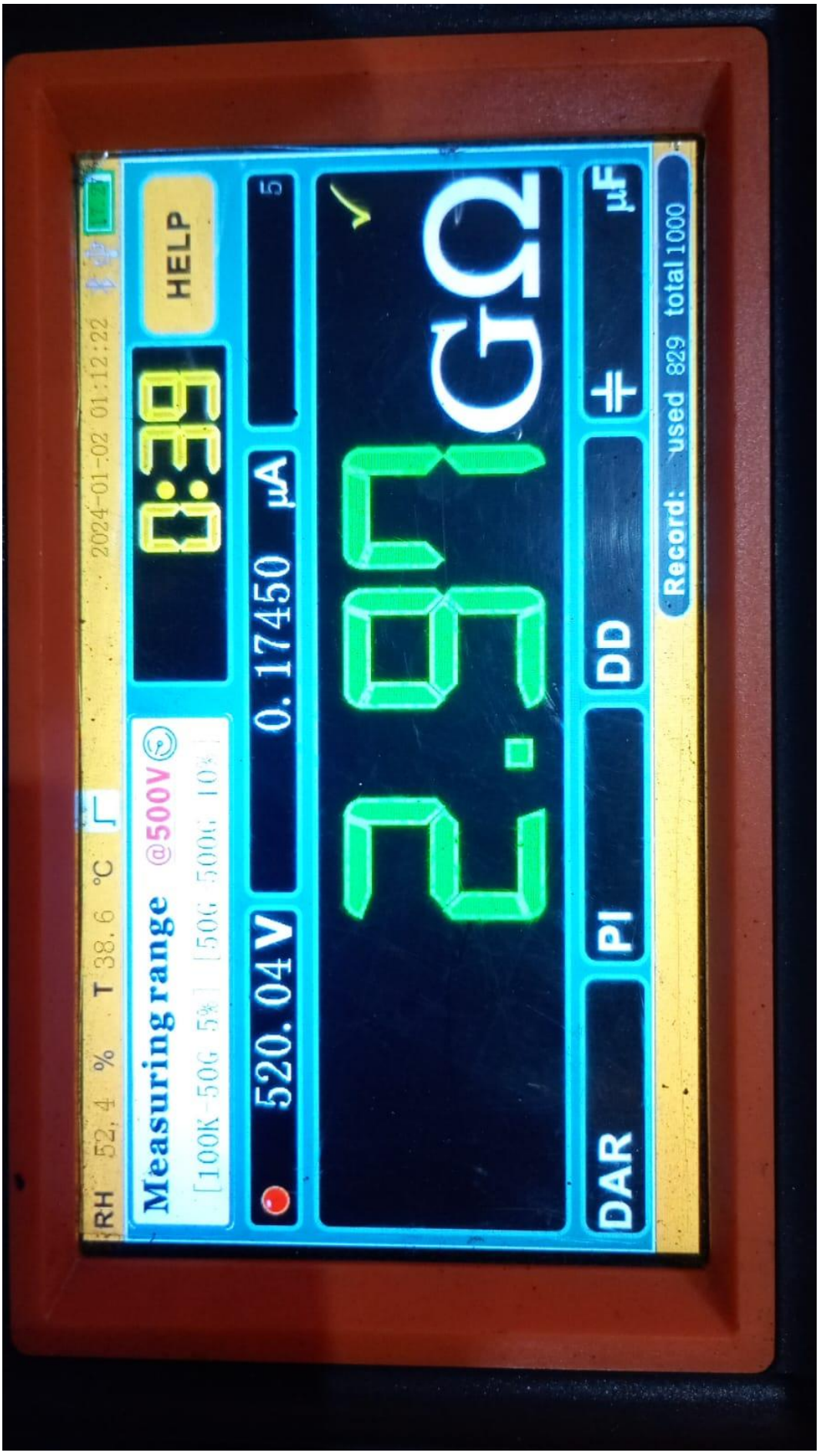

X1
X2
H2
H1
HIGHMED
HMTTR-2000
Medidor de Relação de Espiras
RELAÇÃO
59.28
2
20
200
2000


X1
X2
H2
H1
RELAÇÃO
59.54
HMTTR-2000
Medidor de Relação de Espiras
HIGHMED
Soluções em Tecnologia de Medição
www.highmed.com.br
PABX: (11) 2081-7160
Email: vendas@highmed.com.br
110V ~ 220V


X1
X2
H2
H3
HIGHMED
Soluções em Tecnologia de Medição
HMTTR-2000
Medidor de Relação de Espiras
RELAÇÃO
5940


RAMP
DAR
HELP
1:05
3.20GΩ
0.16253 µA
520.00V
Measuring range
DAR
PI
DD
µF
Record: used 829 total 1000
500V
1kV
2.5kV
5kV
250V
Warning
Before or after the test, must confirm that the instrument does not display any dangerous voltage


RH 52.4 % T 38.6 °C
2024-01-02 01:12:22
Measuring range @500V
[100K-50G 5%] [50G-500G 10%]
520.04V
0.17450 µA
0:39
HELP
2.87GΩ
DAR
PI
DD
µF
Record: used 829 total 1000


RH 52.4 % T 38.6 °C
2024-01-02 01:12:22
Measuring range @500V
[100K-50G 5%] [50G-500G 10%]
0:39
HELP
520.04V
0.17450 µA
2.87GΩ
DAR
PI
DD
µF
Record: used 829 total 1000




X1


impac IP-9600
5Kv INSULATION TESTER
1.40GΩ
500V
1kV
2.5kV
5kV
250V
50V
OFF


impac
www.impac.com.br
IP-9600
5Kv INSULATION TESTER
Warning
Before or after the test, must confirm that the instrument does not display any dangerous voltage indication, and cannot tested wires, devices and objects with electrified.
Before clean the instrument should drain off water of wiping rag, and the terminal device keep away from water.
Do not attempt to repair the instrumant by yourself.This instrument must maintenance and repair service by professional.It is strict forbidden.
OFF
V
VS
50V
250V
500V
1kV
2.5kV
5kV
DAR
PI
DD
0.00V
0.03581 μA
0:49
HELP
Record: used 888 total 1000
TEST
DAR
PI
RAMP
STEP
USB
Charge


5KV INSULATION TESTER
OFF
V
VS
50V
250V
500V
1kV
2.5kV
5kV
USB
Charge




ATENÇÃO!
9672
H3




9672
H3
H2
PERIGO
ALTA
TENSAO


IMDAC
IP-9600
5KV INSULATION TESTER
Charge