



* F S - 3 - 8 1 - 0 3 - X A / 7 0 5 - 0 0 1 *

DOCUMENTO TÉCNICO

LINHA 3 – VERMELHA TRECHO/SISTEMA ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA SUBTRC./SUBSIST./CONJ. UC/SUBCONJ.	OBJETO ES – Especificação de Serviço IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA DE MINIGERAÇÃO CONECTADA À REDE ELÉTRICA INTERNA NA ESTAÇÃO BELÉM E BRESSER-MOOCA DA LINHA 3 – VERMELHA DO METRÔ-SP
--	---

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DOCUMENTOS RESULTANTES

OBSERVAÇÕES

ATE 107.947

DESCRIÇÃO DA REVISÃO

Rev. 0 - Emissão do Documento

Rev. A – Revisão Geral

EMITENTE		ANÁLISE TÉCNICA	LIBERAÇÃO
AUTOR/PROJETISTA/FORNECEDOR	AUTOR/PROJETISTA/FORNECEDOR	METRÔ / CONTRATADA	METRÔ
GSE/SEO/ESE	GSE/SEO/ETV	GSE/SEO/ESE	GSE/SEO
CONTRATO		CONTRATO	
O.S. CREA-MG 1409996565		O.S.	
RESPONSÁVEL TÉCNICO Leticia Anderson Assinado de forma digital por: Leticia Anderson CPF: 259.400.978-47 Engenheira Eletricista CREA: 5060573537 GSE/SEO/ESE  REGISTRO 24446-9 CREA/SP 5060573537	RESPONSÁVEL TÉCNICO Natalia Brito Silva Rodrigues Assinado de forma digital por: NATALIA BRITO SILVA RODRIGUES CPF: 5475671 Dados: 2025.12.16 10:58:46 -03'00' REGISTRO 27398-1 CREA/MG 1409996565	RESPONSÁVEL TÉCNICO Maurício Soares de Moraes Assinado de forma digital por: MAURICIO SOARES DE MORAES CPF: 3055011808 Dados: 2025.12.16 13:14:56 -03'00' REGISTRO 23925-2 CREA/SP 5062165633	NOME FERNANDO SERAFIM:12553228880 Assinado de forma digital por: FERNANDO SERAFIM:12553228880 Dados: 2025.12.16 17:21:38 -03'00' REGISTRO

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 2 de 58

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. INTRODUÇÃO	3
3. REQUISITOS GERAIS DOS SERVIÇOS	4
4. ESCOPO DE FORNECIMENTO	10
5. ARMAZENAGEM, EMBALAGEM E TRANSPORTE	38
6. REQUISITOS TÉCNICOS, CONSTRUTIVOS, FUNCIONAIS E OPERATIVOS.....	41
7. DESEMPENHO DO SISTEMA	53
8. NORMAS E APLICAÇÕES	55
9. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	57
10. ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS	58
11. ASSINATURAS	58

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	3 de 58

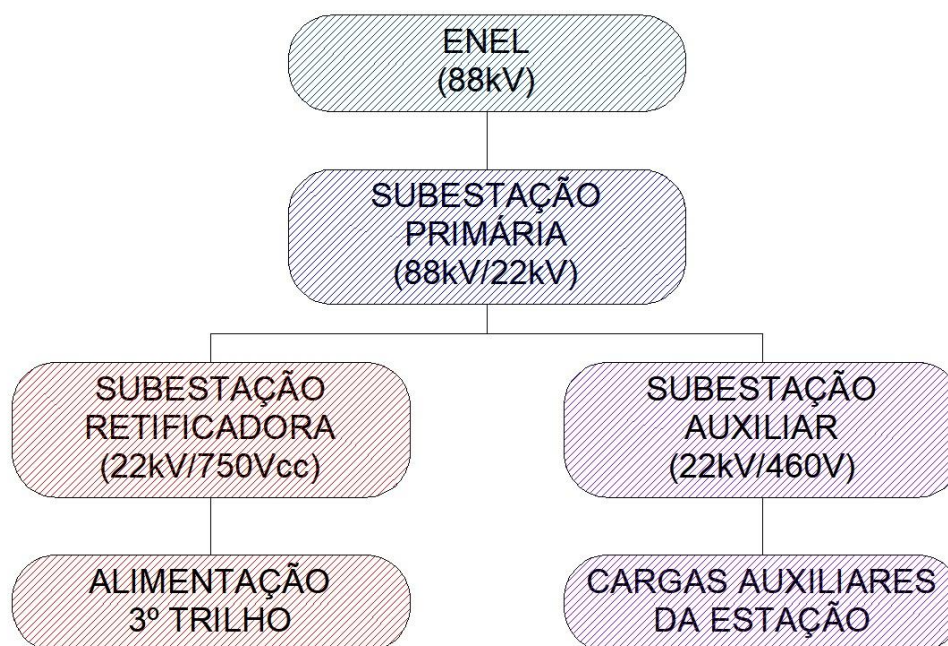
1. OBJETIVO

A presente especificação tem por objetivo fixar os requisitos mínimos a serem observados para a Implantação de uma usina fotovoltaica de minigeração conectada à rede elétrica interna nas estações Belém e Bresser-Moooca da Linha 3 – Vermelha, da Companhia do Metropolitano de São Paulo.

2. INTRODUÇÃO

Uma estação da Companhia do Metropolitano de São Paulo consome uma grande quantidade de energia elétrica, sendo um dos maiores gastos da companhia atualmente. Por outro lado, observou-se que havia áreas disponíveis bem relevantes nas coberturas das estações, com isso podendo realizar um projeto de uma minigeração distribuída fotovoltaica conectada à rede de energia para suprimento de parte do consumo da estação.

A Companhia do Metropolitano de São Paulo atualmente é alimentada na tensão de 88KV pela concessionária de energia Enel Distribuição. A Linha 3 – Vermelha do Metrô, a qual será objeto desse projeto conta com 18 estações, onde 13 delas são a céu aberto. As estações são compostas por duas Subestações: Subestação Retificadora que tem a função de suprir a alimentação dos Trens, e a Subestação Auxiliar como o nome já diz para todos os sistemas auxiliares tais como: ventilação, escadas rolantes, iluminação, entre outros. No diagrama de blocos abaixo é possível visualizar adequadamente a distribuição da nossa energia dentro de nosso sistema elétrico interno.



CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 4 de 58

3. REQUISITOS GERAIS DOS SERVIÇOS

3.1 BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS

A CONTRATADA deverá atentar para realizar suas atividades dentro das boas práticas ambientais segundo leis e normas aplicáveis aos serviços que serão descritos nesta especificação.

- a) não poluir e prevenir-se da poluição do ar, água e solo, garantido a saúde da comunidade em geral;
- b) levantar quais são os principais itens potenciais de poluição da atividade;
- c) programar ações para controle, redução e eliminação deste potencial de poluição;
- d) estabelecer metas para atendimento;
- e) comunicar seus empregados;
- f) acompanhar mês a mês a implantação das ações programadas;
- g) comunicar sistematicamente ao METRÔ sobre o planejamento e andamento das atividades.

Antes do início da realização dos serviços:

- a) monitorar ruídos derivados de suas atividades que possam extrapolar os limites físicos das instalações;
- b) verificar as possibilidades de redução de resíduos na origem, analisando as práticas específicas a cada processo;
- c) realizar destinação correta dos resíduos que não puderam ser reutilizados no processo ou em outros;
- d) realizar o inventário de resíduos e planejar previamente as possibilidades de tratamento de cada um (redução, reutilização, reciclagem, aterros, co-processamento, regeneração de fluídos refrigerantes, incineração).

Caberá à CONTRATADA a destinação e o descarte final dos resíduos perigosos classe I provenientes das atividades

3.2 TRABALHO EM ALTURA

- 3.2.1 Todo trabalho efetuado acima de 2,0 (dois) metros de altura do piso imediatamente abaixo, deve ser precedido de cuidadoso planejamento, de modo a verificar os seguintes itens:

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 5 de 58

- utilização de equipamentos de proteção individual, como calçado de segurança com solado antiderrapante, óculos de segurança com proteção lateral e lentes que protejam contra raios solares para evitar ofuscamento pelo reflexo do sol, cinturão de segurança tipo paraquedista conectado a pontos de ancoragem adequados etc.;
- instalação de sistema móvel de trabalho com pontos de ancoragem existentes, como estruturas fixas, parafusos tipo olhal, linhas de segurança, dispositivos de ancoragem etc.;
- verificação do estado e resistência das telhas, quando necessário efetuar passagem sobre coberturas;
- controle médico e qualificação dos trabalhadores para execução de atividades em alturas;
- observação das condições climáticas, sendo proibido o trabalho com chuva ou vento em locais abertos;
- atendimento da NR-35/2012 – TRABALHO EM ALTURA.

3.2.2 Previamente ao início das atividades, serão necessários o isolamento e a proteção da região localizada imediatamente abaixo da área de trabalho, a cargo da CONTRATADA, de modo a impedir o trânsito de veículos e pessoas não participantes da execução da atividade, prevendo proteções tipo tablado de madeira, fixadas na estrutura, ou dispositivos equivalentes, que garantam a segurança necessária aos transeuntes e às instalações do METRÔ contra quedas acidentais de materiais e ferramentas.

3.2.3 Na utilização de andaimes, prever todos os cuidados, bem como os elementos inibidores de deslocamentos indesejados, tais como travas metálicas incorporadas ao conjunto, sapatas fixas, sapatas móveis com dispositivo de trava, amarração à estrutura fixa, tábuas travadas com espessura mínima de 2,5 cm (sem emendas e/ou rachaduras).

3.2.4 Equipamentos e materiais como andaimes, entulhos, sucatas etc., deverão permanecer isolados do usuário através de fita inibidora de acesso, bloqueios, tripés etc., devidamente sinalizados, observando-se a correta fixação dos mesmos.

3.2.5 Equipamentos e materiais referentes a dispositivos implantados em níveis superiores às instalações do METRÔ e de circulação dos transeuntes deverão estar firmemente solidários às estruturas em que se encontram dispostos, a fim de se evitar sinistros em função de queda acidental deles.

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	6 de 58

3.3 TRABALHO COM MAÇARICO

O uso de maçarico nas dependências do Metrô deve seguir todas as normas vigentes para a aquisição de equipamento, manuseio (execução dos serviços), transporte, estoque. Destacamos algumas recomendações normativas que a CONTRATADA deverá atender:

- Devem ser atendidos os preceitos da Norma Regulamentadora nº 20 do Ministério do Trabalho e Previdência Social, da qual destacamos:
 - Nas operações de soldagem e corte a quente com utilizações de gases inflamáveis, as mangueiras devem possuir mecanismos contra o retrocesso das chamas na saída do cilindro e chegada do maçarico.
- Devem ser atendidos os preceitos da Norma Regulamentadora nº 23 do Ministério do Trabalho e Previdência Social, da qual destacamos:
 - Todos os empregadores devem adotar medidas de prevenção de incêndios, em conformidade com a legislação estadual e as normas técnicas aplicáveis.
 - O empregador deve providenciar para todos os trabalhadores informações sobre:
 - a) utilização dos equipamentos de combate ao incêndio;
 - b) procedimentos para evacuação dos locais de trabalho com segurança;
 - c) dispositivos de alarme existentes.
- Obrigatório disponibilizar Extintor ABC no local de uso de inflamáveis, conforme Instrução Técnica 21 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo.
- Qualquer armazenamento deverá ser feito fora das instalações do Metrô, sendo limitado o uso de somente um cilindro de GLP do tipo P-8 por estabelecimento de trabalho.
- Devem ser atendidas as exigências da Instrução Técnica nº 28 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo - Manipulação, armazenamento, comercialização e utilização de gás liquefeito de petróleo (GLP), dentre as quais destacamos:
 - Exigências para recipientes transportáveis de GLP com capacidade de volume até 13 Kg de GLP (0,032 m³ ou 32 litros)
 - Para locais que armazenem, para consumo próprio, cinco ou menos recipientes transportáveis, com massa líquida de até 13 kg de GLP, cheios, parcialmente cheios ou vazios, devem ser observados os seguintes requisitos.

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	7 de 58

- Possuir ventilação natural.
- Protegidos do sol, da chuva e da umidade.
- Estar afastado de outros produtos inflamáveis, de fontes de calor e faíscas.
- Estar afastado, no mínimo, 1,5 m de ralos, caixas de gordura e esgotos, bem como de galerias subterrâneas e similares.
- uso de botijão de 13 Kg será permitido, excepcionalmente nas condições abaixo, desde que em área externa e ventilada e atendendo às condições de instalação do item 5.4.
 - Nas demais ocupações, limitado a 1 recipiente para consumo, com proteção contra danos mecânicos e físicos e atendendo aos demais requisitos do item 5.5.1.
 - A mangueira entre o aparelho e o botijão deve ser do tipo metálico flexível, de acordo com normas pertinentes, sendo vedado o uso de mangueira plástica ou borracha.

Recomendações de segurança para uso de maçarico:

- a) Ao conectar a válvula de segurança no botijão, certifique-se que não tenha vazamentos de gás, usando espuma de sabão para verificação.
- b) Após certificar-se que não há vazamentos na conexão do botijão, verifique as condições da mangueira, examinando-a cuidadosamente para detectar possíveis avarias que possam oferecer riscos de vazamentos de gás e provocar acidentes.
- c) Proceda da seguinte maneira: coloque a mangueira em um recipiente com água, abra a válvula do botijão submetendo a mangueira à pressão total. Caso constata alguma anomalia, substitua a mesma por uma nova.
- d) Certifique-se de que não há vazamento em nenhuma das conexões, tais como: registro, gatilho, etc.
- e) Jamais coloque o botijão dentro de caixas d'água ou qualquer outro local fechado quando estiver trabalhando com o maçarico nestes locais.
- f) Não deixar o maçarico conectado ao botijão quando se ausentar do local de trabalho, mesmo que seja por curto espaço de tempo.

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 8 de 58

- g) Não usar o maçarico em ambiente fechado sem a colocação de ventilação forçada para renovação do ar. Caso contrário o ar interno perderá oxigênio, causando danos à saúde dos funcionários que estejam trabalhando no local.
- h) Usar sempre mangueira para alta pressão.
- i) Nunca use fósforos ou isqueiros para verificar possíveis vazamentos de gás em qualquer parte do equipamento.
- j) Mantenha o maçarico e mangueiras sempre limpos para simplificar a inspeção do equipamento.
- k) Nunca use o maçarico com o botijão de gás deitado (fora da posição normal). Este procedimento poderá provocar rompimento da mangueira e danos na válvula de regulagem de pressão do equipamento.

Em dias muito frios poderá ocorrer congelamento do botijão depois de algumas horas de uso. É aconselhável trocar o botijão, deixando que o mesmo descongele naturalmente. São necessários dois botijões na obra para não haver interrupção dos serviços.

3.4 TRABALHO COM RISCO ELÉTRICO

O trabalho com instalações e equipamentos elétricos expõe o trabalhador aos riscos de queimaduras, paralisia muscular ou até mesmo a morte em acidentes nos quais a corrente elétrica passa através do corpo. Portanto, todo trabalho que que existe o risco elétrico, dentro do Metrô-SP, deverá atender a Norma Regulamentadora N°10.

A NR 10 tem por objetivo estabelecer condições para a implementação de medidas de segurança e sistemas preventivos que garantam a segurança e a saúde de trabalhadores que interajam com instalações elétricas ou em suas proximidades.

Esta norma se aplica às etapas de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia, assim como as fases de projeto, construção, montagem, operação e manutenção.

A NR 10 em seu item 10.2 descreve as medidas de controle que devem ser adotadas pelas empresas. Algumas medidas básicas são descritas pela Norma Regulamentadora, por exemplo, a obrigatoriedade de medidas de controle do “risco elétrico” e de outros “riscos adicionais” em todas as intervenções em instalações elétricas.

Estas medidas devem ser integradas aos outros mecanismos de segurança da empresa que visam garantir a saúde e segurança do trabalhador. Além disso, outras medidas obrigatórias são apresentadas pela NR 10. Que são elas:

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	9 de 58

Medidas de Proteção Coletiva

A principal medida de Proteção Coletiva é a desenergização elétrica. Na sua impossibilidade ou inviabilidade, deve ser empregada a Tensão de Segurança: tensão não superior a 50v em corrente alternada ou 120v em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.

Na impossibilidade ou inviabilidade de desenergização ou emprego da Tensão de Segurança, as seguintes medidas devem ser adotadas:

- Isolamento de partes vivas;
- Uso de obstáculos e barreiras;
- Sinalização;
- Secionamento automático (uso de disjuntores, fusíveis, relés, etc.)
- Bloqueio do religamento automático.

Medidas de Proteção Individual

De forma complementar ou na impossibilidade ou na inviabilidade de medidas de proteção coletiva, deverão ser adotados Equipamentos de Proteção Individual.

Vale ressaltar que a NR 10 considera como medida de proteção individual a proibição do uso de adornos nos trabalhos com instalações elétricas pela sua condutividade (relógios e óculos necessários à realização de atividades não são considerados adornos).

Outra medida de Proteção Individual é a adequação de vestimentas às atividades, contemplando:

- **Condutibilidade:** a vestimenta não deve possuir elementos condutivos
- **Inflamabilidade:** vestimenta deve ser feita com tecido que não propague chamas.
- **Influências eletromagnéticas:** a vestimenta deve oferecer proteção contracampos eletromagnéticos.

Trabalhadores autorizados a realizar intervenções em instalações elétricas devem receber treinamento específico sobre os riscos do trabalho com eletricidade e as medidas de prevenção de acidentes, de acordo com o Anexo III da NR 10.

O principal objetivo do treinamento é oferecer informações e orientações sobre prevenção de acidentes elétricos. Sendo assim a NR 10 estabelece dois tipos de treinamento: o básico e o complementar

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	10 de 58

Treinamento Básico – Carga horária mínima de 40 horas

Profissionais que trabalhem com eletricidade de maneira geral devem receber o treinamento básico. Entre outros conteúdos, o treinamento básico abarca temas como prevenção de acidentes de natureza elétrica, análise e antecipação de risco, conhecimentos de norma e regulamentos, noções de responsabilidade civil e criminal, prevenção e combate a incêndios e primeiros socorros.

Treinamento complementar – Carga horária mínima de 40 horas
O treinamento complementar é direcionado a trabalhadores que irão interagir com instalações elétricas do Sistema Elétrico de Potência e exige, como pré-requisito, que indivíduo tenha participado, com aproveitamento satisfatório do curso básico. Entre outros temas, o conteúdo treinamento complementar abrange temas como: análise e prevenção de riscos em SEP, procedimentos de trabalho em SEP, medidas de proteção coletiva e individual e responsabilidades.

Validade do treinamento de NR-10

Deve-se realizar a reciclagem a cada dois anos, com carga horária definida pela empresa.

Outras situações que também exigem a reciclagem, são a troca de função na empresa, retorno de afastamento ou inatividade por período superior a 3 meses, modificações significativas nas instalações ou mudanças no processo e organização do trabalho.

4. ESCOPO DE FORNECIMENTO

A usina de minigeração fotovoltaica deverá ser instalada sobre as coberturas das edificações das estações Belém e Bresser-Mooça da Linha 3 – Vermelha do Metrô:

As coberturas são compostas por 2 tipos de telhado, que são eles:

Belém:

- Concreto protendido tipo W (área aproximada de 3700 m²)
- Cimento amianto tipo canaleta 90° (área aproximada de 1000 m²)

Bresser-Mooça:

- Concreto protendido tipo W (área aproximada de 4100 m²)
- Cimento amianto tipo canaleta 90° (área aproximada de 1000 m²)

NOTA 1: Vale ressaltar que na área das estações, onde a telha é de cimento amianto, a cobertura é feita de laje de concreto.

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMISSÃO 12/12/2025	FOLHA 11 de 58

NOTA 2: As coberturas das duas estações objeto do escopo (Belém e Bresser-Mooca) são parecidas em concepção de projeto, diferenciadas somente em tamanho de área de cobertura de concreto protendido, portanto para adequação do projeto da usina solar fotovoltaica utilizou-se a mesma quantidade de módulos para essas.

A contratada deverá utilizar a área conforme distribuição apresentada nas Figura 1 e Figura 2 para montagem do arranjo fotovoltaico nas coberturas das edificações em caráter orientativa para desenvolvimento do projeto:

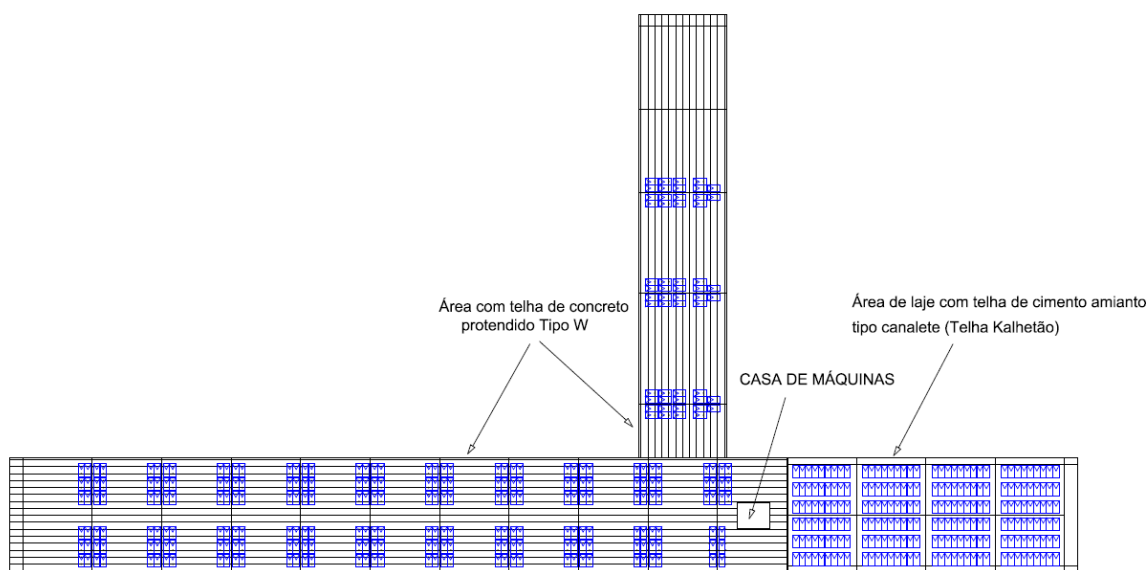


Figura 1 - Layout dos módulos fotovoltaicos sobre a cobertura da estação Bresser-Mooca

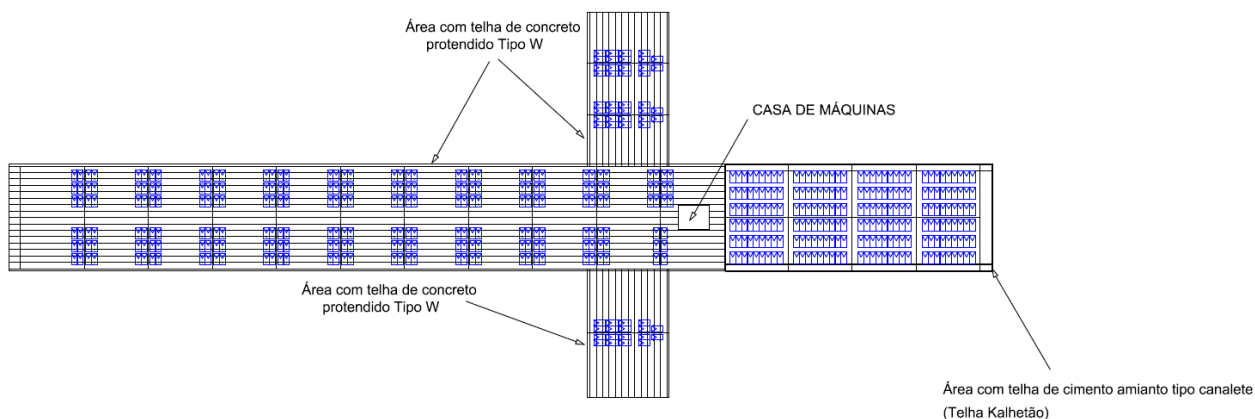


Figura 2 - Layout dos módulos fotovoltaicos sobre a cobertura da Estação Belém

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	12 de 58

NOTA 3: Nas duas estações, na área que compreende a telha de concreto protendido, os módulos foram dispostos dessa forma, para que não haja um sobrecarregamento sobre as telhas, portanto terá que ser adotado essa premissa nesse projeto, distribuindo os módulos sobre as terças protendidas telhas W.

NOTA 4: Nas duas estações, na área que compreende a área de laje de concreto quando executada a remoção do telhado de amianto (resíduo especial conforme item 4.3.2.1.1) a Contratada deverá apresentar projeto para resolver as questões relacionadas a drenagem de águas pluviais, conforme item 4.1.

A usina será conectada ao Quadro Principal de Distribuição (QPD) que se encontra na Subestação auxiliar das estações e operam na tensão de 460VCA.

As principais etapas deste fornecimento encontram-se descritas abaixo:

NOTA 4: Todas as etapas relacionadas desse fornecimento contemplarão as 2 estações (Belém e Bresser-Mooça).

- a) Elaboração e Fornecedor de Projeto Executivo;
- b) Readequação do Sistema de SPDA existente
- c) Infraestrutura civil para montagem, instalação e manutenção da usina fotovoltaica nas coberturas;
- d) Fornecedor de estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos para cobertura de laje com telha de cimento amianto;
- e) Fornecedor de estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos para cobertura de telha de concreto protendido tipo "W";
- f) Fornecedor do gerador fotovoltaico 274 kWp;
- g) Fornecedor infraestrutura eletroeletrônica da usina fotovoltaica;
- h) Instalação das estruturas de fixação dos módulos fotovoltaicos;
- i) Instalação do gerador fotovoltaico e infraestrutura eletroeletrônica da usina;
- j) Realização de testes e comissionamento;
- k) Elaboração e Fornecedor de AS BUILT;
- l) Realização de Treinamento;
- m) Fornecedor de Sobressalentes;
- n) Manutenções da usina fotovoltaica.

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	13 de 58

4.1 ELABORAÇÃO E FORNECIMENTO DE PROJETO EXECUTIVO

- 4.1.1 O projeto executivo deve estar em português, seguir as normas técnicas relativas a instalações elétricas, sistema fotovoltaico e saúde/segurança e conter, no mínimo, as seguintes informações:
- 4.1.1.1 Planta geral do sistema de geração fotovoltaico, no formato DWG, indicando a disposição dos módulos fotovoltaicos sobre a cobertura, disposição e localização dos inversores e outros componentes (cabos, caixas de junção, sistemas de medição etc.) que perfazem a instalação;
- 4.1.1.2 Diagramas unifilares, no formato DWG, contendo: conexões elétricas entre módulos fotovoltaicos, caixas de junção e inversores; conexão entre inversores e quadros gerais de baixa tensão; os diagramas unifilares devem conter as especificações e características dos componentes da instalação;
- 4.1.1.3 Lista dos materiais empregados na planta fotovoltaica, e seus respectivos quantitativos, indicando a marca e modelo. Os catálogos técnicos de todos os equipamentos deverão acompanhar a lista de materiais;
- 4.1.1.4 Projeto executivo da instalação dos suportes dos painéis, incluindo a análise estrutural da laje e telha W (memória de cálculo);
- 4.1.1.5 Projeto executivo do sistema de impermeabilização, incluindo o estudo da drenagem (memória de cálculo).
- 4.1.1.6 Manual de Operação e Manutenção da Usina Fotovoltaica, devendo descrever também a forma de acesso, principalmente como se movimentar sobre os planos de telha W (estratégias de distribuição de carga e limite de segurança);
- 4.1.1.7 Procedimento de Testes e Aceitação de Campo;
- 4.1.1.8 Detalhamento dos locais de instalação dos inversores, no formato DWG, contendo sua disposição e a indicação de janelas, portas, eletrocalhas e/ou eletrodutos e outros itens pertinentes;
- 4.1.1.9 Memorial de cálculo do projeto elétrico, contendo a especificação de todos os componentes do sistema fotovoltaico, tais como cabos CC e CA, sistemas de proteção (fusíveis, disjuntores, seccionadores, proteção contra surtos etc.) entre outros equipamentos elétricos;
- 4.1.1.10 Memorial descritivo contendo: metodologia de cálculo adotada; especificações técnicas de materiais, equipamentos e serviços; requisitos de qualidade a serem aplicados na

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 14 de 58

execução, tais como perdas máximas admitidas, eficiência mínima requerida, potência mínima, especificações que garantam a compatibilidade e a qualidade dos equipamentos a serem adotados;

- 4.1.1.11 Memorial descritivo de instalação do sistema fotovoltaico, com todas as diretrizes que deverão ser seguidas pela empresa executora, incluindo informações quanto ao armazenamento dos materiais e equipamentos do canteiro. Deverá conter a previsão da logística da obra, especificando como deverá ser feito o transporte vertical dos materiais e equipamentos até a cobertura da edificação, o que deverá ser considerado também na planilha orçamentária;
- 4.1.1.12 Memorial de cálculo do projeto de aterramento, contendo a especificação de todos os componentes do sistema, tais como cabos, conectores e outros componentes;
- 4.1.1.13 Revisão dos desenhos do Sistema de proteção contra Descargas Atmosféricas do engate, devido as modificações realizadas por conta da usina fotovoltaica;
- 4.1.1.14 Revisão dos esquemas unifilares de baixa tensão da estação, devido a integração do disjuntor geral da usina no Quadro Principal de Distribuição da Subestação Auxiliar;
- 4.1.1.15 A Contratada através de software computacional deverá realizar as simulações da edificação com os métodos de análise: esfera rolante, ângulo de proteção ou das malhas conforme referenciados na norma 5419, para que o Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas seja readequado, fazendo com que a usina se mantenha dentro da zona de proteção ZPR 0b;
- 4.1.1.16 Relatório contendo os cálculos da geração prevista (mensal e anual), preferencialmente por ferramenta computacional
- 4.1.1.17 Relatório com o estudo de simulação do fluxo de potência para atender as regras de análise de fluxo de potência em sistema de geração distribuída para a Concessionária.
- 4.1.1.18 Após a montagem e comissionamento do sistema fotovoltaico, todas as informações deverão ser atualizadas, como construído “As Built” para compor a documentação técnica do projeto;
- 4.1.1.19 Memorial de cálculo de todos os elementos não referenciados nos itens anteriores;
- 4.1.1.20 Cronograma para execução dos trabalhos.
- 4.1.1.21 Toda documentação deve ser elaborada de acordo com o MAN-10-202 da companhia;
- 4.1.1.22 A contratada deve fornecer ART relativa ao projeto executivo.

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 15 de 58

4.1.1.23 Não será escopo da CONTRATADA os cálculos estruturais sobre a capacidade de carga das coberturas.

4.1.2 DOCUMENTAÇÃO PARA CONCESSIONÁRIA

4.1.2.1 A CONTRATADA será responsável por todos os trâmites relacionados à Concessionária de Distribuição (Enel), no que diz respeito à solicitação de acesso e aprovação do projeto de minigeração distribuída (caso necessário), devendo manter o METRÔ informado em tempo real de quaisquer necessidades e/ou problemas que ocorrerem durante o processo.

4.2 READEQUAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

4.2.1 Deverá ser feito o remanejamento do sistema de captação, de maneira que se adeque com a disposição dos módulos sobre a cobertura, fazendo com que se mantenha a distância segura entre o SPDA e as estruturas metálicas da usina;

4.2.2 A contratada deverá avaliar os sistemas de descida e aterramento através de medições e testes para garantir que estão em perfeitas condições de funcionamento, caso contrário, fazer as adequações necessárias;

4.2.3 Caberá à contratada o fornecimento e instalação de todos os materiais, equipamentos e acessórios necessários para que seja readequado o sistema existente, com intuito de que a usina implantada venha a ser estar protegida de descargas atmosféricas diretas;

4.2.4 Caberá a contratada obedecer a norma de segurança de trabalho em altura na readequação do SPDA.

4.3 INFRAESTRUTURA CIVIL PARA MONTAGEM, INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DA USINA FOTOVOLTAICA NAS COBERTURAS (BELÉM E BRESSER-MOOCA)

4.3.1 CARACTERÍSTICAS E CONDIÇÕES GERAIS

- Remoção da cobertura em telha amianto, bem como seu transporte e adequado descarte.
- Desobstrução e tratamento das juntas existentes.
- Tratamento e preparo do substrato da laje exposta através do hidrojateamento, recuperação de armadura exposta, regularização dos caimentos e adequação do sistema de captação.
- Impermeabilização da laje com manta asfáltica dupla aplicada a maçarico e proteção mecânica na laje exposta.

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 16 de 58

- Instalação de escada marinheiro tipo EE09 de 4,20m com guarda corpo tipo EE186 e pega mão fixado no piso.
- Reparo pontual em manta aluminizada.

A CONTRATADA deverá efetuar inspeção preliminar ao início de cada atividade, sem custos adicionais, visando reconhecimento geral, avaliação da extensão e características locais a serem impermeabilizados, previsão dos eventuais equipamentos para acesso e isolamento de áreas, programação de datas e horários em função de restrições operacionais, e estabelecimento da convivência entre a CONTRATADA, a equipe de Fiscalização, as equipes da Operação do METRÔ, bem como outras Contratadas que estejam realizando atividades na estação.

Todas as atividades deverão atender as Normas Técnicas e Ambientais inerentes às características da prestação e execução dos serviços.

A execução dos serviços, em todas as suas etapas, deverá ser realizada por profissionais habilitados ou especializados, dentro da adequada técnica construtiva e atendendo às especificações de serviços.

NOTA 01: A CONTRATADA deverá dimensionar as equipes para execução das atividades atendendo impreterivelmente prazo de execução da obra. É necessário um representante da contratada a frente de cada uma das equipes de campo durante a execução das atividades. Esse representante deve possuir suficiente autonomia administrativa à frente de cada obra em execução.

NOTA 02: Materiais e serviços danificados não serão aceitos.

Quaisquer danos efetuados às instalações em geral deverão ser reparados pela CONTRATADA, sem incidência de ônus adicionais para o METRÔ.

Todos os serviços, deverão considerar o fornecimento e/ou execução, por parte da CONTRATADA, sem incidência de ônus adicionais para o METRÔ, de:

- Plano de trabalho deve ser elaborado previamente a execução das atividades contendo informações sobre os procedimentos de todos os serviços envolvidos. As frentes de serviço somente serão liberadas com a aprovação do plano de trabalho pela fiscalização do METRÔ.
- Diário de obras deve conter informações sobre cada dia de atividade, nele é anotado tudo o que aconteceu durante a execução dos serviços: efetivo, as ocorrências que causem interrupção nos trabalhos, os acidentes no canteiro, as condições climáticas, as

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	17 de 58

locações de máquinas e equipamentos e a sua utilização no dia, etc. É obrigatório a entrega mensal do documento ao METRÔ.

- Crachá deve conter no mínimo as seguintes informações: nome da empresa, nome do funcionário, foto, normas que o funcionário recebeu treinamento e sua data da validade.
- Croquis, relatórios com fotos, e levantamentos para acompanhamentos e controles de execução dos serviços, quando necessários e/ou a critério da fiscalização do METRÔ.
- Carga, transporte, descarga de todos os materiais e equipamentos no local da obra, incluindo os custos diretos e indiretos com materiais, mão de obra, equipamentos e taxas (frete etc.) necessárias.
- Preparo das superfícies de trabalho, com ferramentas manuais ou mecânicas, quando necessários e/ou a critério da fiscalização do METRÔ, incluindo os custos diretos e indiretos com materiais, mão de obra e equipamentos necessários.
- Isolamento e proteção da área de trabalho utilizando-se de cones refletivos, bloqueios móveis e fitas sinalizadoras, quando necessário e/ou a critério da fiscalização do METRÔ, incluindo os custos diretos e indiretos com materiais, mão de obra e equipamentos necessários para sua instalação, remoção e manutenção.
- Extensões e transformadores, para ligações dos equipamentos elétricos, incluindo os custos diretos e indiretos com recursos materiais, mão de obra e equipamentos para sua instalação, remoção e manutenção.
- Conjunto de iluminação básica (extensões, lâmpadas, transformadores, equipamentos de proteção elétrica etc.) e complementar, de acordo com as normas do MT e da ABNT, incluindo os custos diretos e indiretos com materiais, mão de obra e equipamentos para sua instalação, remoção e manutenção.
- Fornecimento, manutenção e retirada de todo e qualquer elemento e instalação provisória complementar utilizada para execução dos serviços, incluindo os custos diretos e indiretos com materiais, mão de obra e equipamentos necessários.
- Remoção e retirada das dependências do METRÔ de todo material, equipamento e sujeira (limpeza constante) proveniente da execução dos serviços, incluindo os custos diretos e indiretos com materiais, mão de obra e equipamentos necessários.
- Remoção e retirada de todo entulho proveniente da execução dos serviços, incluindo os custos diretos e indiretos com materiais, mão de obra e equipamentos necessários para a carga, transporte, descarga e espalhamento, das dependências do METRÔ ao bota-

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 18 de 58

fora (até 50 km de distância), com exceção para os resíduos perigosos, que deverão receber tratamento adequado.

- Fornecimento de todos os equipamentos e materiais para proteção individual e coletiva necessários para realização das atividades com segurança, bem como todos os indicados pela fiscalização do METRÔ.
- Encargos e adicionais relativos aos trabalhos em ambientes perigosos ou insalubres.
- Custos diretos e indiretos com materiais, mão de obra, equipamentos, ferramentas, acessórios e transporte envolvidos em deslocamentos e preparação para início dos serviços.
- Custos diretos e indiretos com materiais, mão de obra e equipamentos referentes a tempos improdutivos, inerentes às condições operacionais e de segurança das áreas de trabalho, bem como à ocorrência de condições climáticas desfavoráveis.
- Mão de obra especializada ou não, materiais, acessórios e equipamentos previstos no item 4.3, bem como os não previstos, mas necessários ou complementares à execução dos respectivos serviços, considerando-se tanto os custos diretos quanto os indiretos.
- Disponibilizar técnico de segurança para acompanhamento das atividades das frentes de trabalho, principalmente durante todo o serviço de remoção das telhas de amianto até seu descarte adequado.

4.3.2 SERVIÇOS COBERTURA DE LAJE COM TELHA DE AMIANTO

4.3.2.1 RETIRADAS E REINSTALAÇÕES/RECOLOCAÇÕES

4.3.2.1.1 Remoção de telha em amianto

Deverão ser removidas, onde existir, a cobertura em telha amianto bem como suas estruturas de fixação e apoio, prevendo também a remoção das estruturas presas a laje de modo que se obtenha uma área limpa para a preparação da superfície para receber a impermeabilização, deverá estar incluso toda carga, transporte e descarga para aterros especializados, conforme orientação CONAMA.

A Contratada deverá prever o plano de transporte horizontal e vertical para a remoção definitiva das telhas, devendo prever desde o acondicionamento provisório até o transporte para o local de descarte do resíduo em local apropriado.

Na remoção da telha é preciso tomar todo o cuidado e evitar a quebra do material e eventual contaminação pelas fibras do amianto, assim será necessário o acompanhamento de um

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 19 de 58

técnico em segurança do trabalho durante todo o processo de remoção das telhas até o descarte adequado do material.

4.3.2.2 REMOÇÃO DE SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Neste item está previsto a remoção de todo sistema de impermeabilização existente sobre a estrutura que será tratada, incluindo o hidrojateamento ou jateamento de ar. É escopo do serviço:

Remoção de proteção mecânica: Deverão ser prevista remoções de proteção mecânica conforme orientação da fiscalização do METRÔ deverá estar incluso toda carga, transporte e descarga dos materiais provenientes dos serviços executados para bota fora, autorizados pela Prefeitura. Também estão inclusas as remoções das bases de apoios das tubulações/cabos do sistema SPDA (Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas) situadas sobre a laje de cobertura para execução da impermeabilização.

Remoção de impermeabilização: Deverão ser prevista remoções de impermeabilização conforme orientação da fiscalização do METRÔ deverá estar incluso toda carga, transporte e descarga dos materiais provenientes dos serviços executados para bota fora, autorizados pela Prefeitura.

Remoção de argamassa de regularização: Deverão ser prevista remoções de argamassa de regularização em locais com estado de deterioração e conforme orientação da fiscalização do METRÔ deverá estar incluso toda carga, transporte e descarga dos materiais provenientes dos serviços executados para bota fora, autorizados pela Prefeitura.

4.3.2.3 DEMOLIÇÃO CONTROLADA DE CONCRETO ARMADO

Corte controlado em concreto com máquina e disco diamantado;

A demolição controlada deverá ser procedida com máquina de corte com disco diamantado que se utilize de fixação em estruturas conjugadas para alinhamento da direção de corte e profundidade. Desta forma o corte manterá o padrão de alinhamento com a geometria da peça limitando excessos de demolição dentro da região previamente demarcada. Está incluso neste serviço a remoção de entulho de construção gerado pela operação do corte de concreto através de armazenamento em embalagem apropriada (ex.: sacos de ráfia) e transporte até descarte de resíduos de construção apropriado.

Após atingida a profundidade necessária de corte, o concreto deverá sofrer remoção das irregularidades, pontas e arestas.

4.3.2.4 TRATAMENTO DE JUNTA DE DILATAÇÃO

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	20 de 58

Em região de vias deverão ser previstas toda a mão de obra, materiais e equipamento necessários para a desobstrução de juntas e preparo do substrato para garantia da aderência do sistema de impermeabilização que será executado após a desobstrução o preenchimento com mastique elástico.

4.3.2.5 PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE

A superfície a ser impermeabilizada deverá estar limpa, seca e isenta de partículas soltas.

A impermeabilização e eventual proteção mecânica existente deverão ser removidas, bem como a camada de regularização, nas regiões que estiver destacada trincada, etc.

4.3.2.5.1 Hidrojateamento

Nos casos de superfície de calhas de concreto, com aplicação impermeabilização por cristalização, e outros casos, a critério da fiscalização do METRÔ, deverá ser efetuada limpeza com hidrojateamento, estando incluso a raspagem com espátulas, de forma a retirar toda sujeira e partículas soltas da superfície.

O serviço consiste na limpeza de superfícies com hidrojateamento, seguido de secagem.

Deverá ser realizada em área isolada, sob a orientação da Fiscalização, atentando para evitar a interferência com usuários (respingos, pisos molhados).

A CONTRATADA deverá cuidar para que haja o correto esgotamento da água de lavagem para ralos ou saídas das instalações do METRÔ, bem como sinalizar o local e secá-lo após o término da atividade.

A CONTRATADA deverá fornecer a máquina de hidrojateamento completa, incluindo mangueiras de extensão, depósitos de água (tambores), extensões e cabos elétricos, bem como mão de obra para transportes horizontal e vertical, operações, mobilizações e desmobilizações do conjunto.

4.3.2.5.2 Recuperação de concreto (armadura exposta)

Nas áreas a serem impermeabilizadas, em casos em que for necessário o tratamento de armaduras expostas oxidadas, deverá ser feita demolição do concreto deixando-se livre todo o perímetro da armadura, permitindo através de processo manual de raspagem e lixamento com escova de aço, a remoção de toda impureza das barras bem como aplicação de uma demão de primer rico em zinco (Ref. Denverprimer zinco da Denver ou equivalente), para proteção das armaduras.

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	21 de 58

Após o tratamento das armaduras deverá ser aplicada argamassa polimérica (Ref. Denvertec 100 da Denver ou equivalente), sobre a área tratada. Sempre que necessário executar o complemento da armadura.

4.3.2.5.3 Regularização de superfície com argamassa de cimento e areia

Nos locais onde houver a necessidade de remoção da camada de regularização, inclusive quando existir empoçamento d'água, deverá ser executada nova regularização com caimento mínimo de 1% em direção aos pontos de escoamento de água, preparada com argamassa de cimento e areia média, traço 1:3, adicionando-se 10% de emulsão adesiva acrílica na água de amaciamento para melhor aderência ao substrato.

O acabamento da argamassa deverá ter consistência bastante compacta, não devendo existir vazios, com sua superfície desempenada de textura rústica. A argamassa deverá possuir espessura mínima de 2,5 cm e média de 6,0 cm.

Promover hidratação da argamassa de regularização para evitar fissuras de retração e destacamento durante sua cura. Fazer teste de escoamento, identificando e corrigindo possíveis empoçamentos.

Os cantos e arestas (verticais e horizontais) deverão ser arredondados em meia cana ($R=8,0$ cm), sempre que possível.

Quando necessário prever a adaptação da estrutura para executar a plena captação das águas pluviais. Poderá ser necessário a execução:

4.3.2.5.4 Fornecimento e instalação de drenagem de águas pluviais

O serviço visa a complementação do sistema de drenagem pluvial através da instalação de rede de captação de água em PVC reforçado branco de diâmetro nominal 100 mm. O serviço

inclui a fixação e embutimento dos tubos prevendo rede desde ralos na laje onde haverá remoção da cobertura de telhas e nova impermeabilização até a ligação da tubulação na rede coletora existente nos pilares de concreto da estação prevendo-se todas as conexões e fixações necessárias.

4.3.2.6 APLICAÇÃO DE MATERIAL IMPERMEABILIZANTE

4.3.2.6.1 Impermeabilização com manta asfáltica

Aplicar sobre a regularização uma demão de primer de solução asfáltica com rolo ou trincha e aguardar a secagem, no intervalo mínimo de 2 horas.

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	22 de 58

Iniciar a aplicação da manta pelas laterais e nas emendas das mantas deverá haver sobreposição mínima de 10cm, que receberá biselamento para proporcionar perfeita vedação. Para a segunda camada instalar a manta desencontrando das emendas da primeira com a mesma sobreposição usada na primeira camada.

A manta asfáltica será aplicada pelo processo de colagem a maçarico a gás (GLP).

Este serviço inclui a execução de teste de estanqueidade, realizado conforme NBR 9574 (sem ônus para a CMSP).

As superfícies impermeabilizadas serão submetidas a um teste de estanqueidade de acordo com a NBR 9574, antes de se iniciar a proteção mecânica.

Os bocais dos tubos de escoamento deverão ser usados bota de mantas ou PU asfáltico.

As eventuais infiltrações detectadas deverão ser eliminadas, procedendo-se novo teste de estanqueidade até que a total impermeabilidade das superfícies seja comprovada, sem custos adicionais ao METRÔ.

4.3.2.7 SERVIÇOS ASSOCIADOS

4.3.2.7.1 Proteção mecânica

Sobre a impermeabilização deverá ser aplicada camada separadora com manta geotêxtil em poliéster, referência Bidim RT-21 da Bidim Mexichem, ou equivalente.

4.3.2.7.2 Fornecimento e aplicação de Manta Geotêxtil

Consiste no fornecimento de toda mão de obra, equipamentos e materiais necessários para fornecimento e aplicação com manta geotêxtil em poliéster, referência Bidim RT-21 da Bidim Mexichem, ou equivalente, conforme solicitação da fiscalização do METRÔ.

4.3.2.7.3 Proteção com argamassa

Em áreas horizontais, sobre a impermeabilização, executar a proteção mecânica na laje de cobertura plana, rodapés e muretas, com argamassa de cimento e areia no traço 1:4, espessura média de 5 cm em quadros de no máximo 1,5m x 1,5m.

As juntas entre as placas e juntas perimetrais, deverão ter largura de 2 cm e serão ser preenchidas com argamassa betuminosa (cimento areia e emulsão asfáltica ref. Vitkote da Viapol ou equivalente, traço 1:8:3) formando juntas.

Nas áreas verticais, de rodapés e muretas, sobre a impermeabilização executar uma chapisco de cimento e areia média (traço 1:3), seguido de uma argamassa desempenada

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 23 de 58

de cimento e areia no traço 1:4 estruturada com tela de nylon ou galvanizada, espessura média de 3 cm.

4.3.3 SERVIÇOS COBERTURA DE CONCRETO PROTENDIDO COM TELHA TIPO W

4.3.3.1 Impermeabilização com manta asfáltica auto protegida com lâmina de alumínio

A manta aluminizada será aplicada quando necessário para reparo após a fixação dos perfis sobre a telha W.

Manta impermeabilizante pré-fabricada com espessura de 4,0 mm, deverá ter composição a base de asfalto modificado com incorporação de polímeros do tipo APP (Polipropileno Atático), deverá obedecer ao tipo III, conforme definição de Mantas Asfálticas NBR 9952. Deverá ser estruturada em filamentos contínuos de poliéster, não tecida, previamente estabilizada.

A manta asfáltica será aplicada pelo processo de colagem a maçarico a gás (GLP).

4.3.4 RECURSOS COMPLEMENTARES DE APOIO EM GERAL

Consiste no fornecimento unitário de materiais, mão de obra (pedreiro e ajudante) e equipamentos destinados à execução de serviços e atividades previstas no item 4.3.

Exemplos de serviços eventualmente necessários:

- remoção de interferências;
- desmontagem de gradis e grelhas para acessos em geral;
- confecção de dispositivos;
- adaptações em geral;
- etc.

Recursos complementares somente poderão ser utilizados em casos eventuais de necessidade específica, e a critério da Fiscalização da CMSP, sendo que:

fornecimento de mão de obra, apropriada por hora efetivamente disponibilizada, equipada com as ferramentas manuais, necessárias e típicas de cada categoria profissional;

fornecimento de equipamento de apoio necessário para o desenvolvimento das atividades, através de locações, apropriados unitariamente conforme norma de medição específica;

fornecimento de materiais apropriados unitariamente conforme norma de medição específica.

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	24 de 58

A mão de obra fornecida deverá atender às qualificações necessárias, estando devidamente registrada conforme legislação em vigor, uniformizada e de posse de EPI's e das ferramentas usuais necessárias à execução de serviços de sua categoria profissional.

Os equipamentos serão disponibilizados em perfeitas condições de uso, sob a responsabilidade da CONTRATADA e incluindo sua manutenção e fornecimento de seus consumíveis respectivos.

No que se refere à proteção de obras de arte, será permitida a permanência da proteção durante todo o período de execução do serviço desde que esta seja de material transparente (lona ou encerado).

4.3.5 DESCARTE DOS RESÍDUOS PERIGOSOS CLASSE 1

Caberá à CONTRATADA a destinação e o descarte final dos resíduos perigosos classe I provenientes das atividades do item 4.3 para fora das dependências do METRÔ, em local apropriado e autorizado pelos órgãos competentes, com ciência e aprovação do METRÔ.

Entende-se por “descarte dos resíduos perigosos de classe I (NBR 10004:2004)” a realização de todas as ações pertinentes ao descarte e gerenciamento dos serviços em todas as etapas do processo, desde o acondicionamento até o transporte à unidade de destinação final e a própria destinação / destruição / transformação adequada à classe de resíduo, decorrente da execução de serviços de modernização de pisos nas dependências do METRÔ.

Esta atividade inclui a prestação dos seguintes serviços abaixo listados, segundo regulamentação ambiental vigente, compreendendo gerenciamento, transporte e destinação final de resíduos perigosos de classe I (NBR 10004:2004), como segue:

- Preparar toda a documentação e obtenção dos Certificados de Autorização de Destinação de Resíduos Industriais (CADRIs), com recolhimento das respectivas taxas.
- Exigir das empresas prestadoras envolvidas no armazenamento, transporte e destinação final, todas as licenças ambientais e alvarás necessários para o exercício de atividades, para sua habilitação e para constituir contrato de prestação de serviços.
- Toda documentação necessária para transporte das remessas (lotes) de resíduos perigosos, apontando seus quantitativos.
- Elaborar e apresentar Plano Logístico de movimentação e transporte.
- Elaborar e apresentar Manual de Procedimentos Operacionais e de atendimento às emergências – ver item 4.3.5.2 desta Especificação.

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 25 de 58

- Emissão de termo de recebimento, da CONTRATADA para o METRÔ, para cada remessa (lote) enviada, retratando a condição de chegada na unidade de destinação final, apontando possíveis regularidades, caso hajam.
- Implementar, monitorar e controlar o Plano logístico de movimentação e transporte e o Manual de Procedimentos Operacionais e de atendimento às emergências.
- Adoção de medidas para antecipar, reconhecer, avaliar, regularizar e controlar a ocorrência de aspectos ambientais existentes ou que venham a existir, visando a eliminação ou a mitigação de impactos ambientais adversos ao meio ambiente interno e externo às dependências do METRÔ.
- Cumprir os preceitos legais relativos às legislações ambientais no âmbito federal, estadual e municipal, pertinentes à proteção do Meio Ambiente.
- Fornecer os documentos comprobatórios de atendimento às legislações, quando solicitado pelo METRÔ, incluindo outorgas, licenças e outros documentos pertinentes.
- Fornecer contenedores apropriados para o armazenamento dos resíduos, em material compatível com os mesmos, que garantam sua integridade e estanqueidade.
- Rotular todas os contenedores conforme normas vigentes.
- Condicionar, armazenar (NBR 12235:1992) e transportar (NBR 13221:2010) os resíduos perigosos classe I.
- Elaborar e manter, junto às cargas e veículos transportadores, placas de simbologia de risco, envelope contendo fichas de emergência (elaborada conforme norma NBR 7503:2008 – deve constar todos os telefones úteis em caso de acidente, tais como, corpo de bombeiros, defesa civil, polícia rodoviária, CETESB, proprietário da carga e fabricantes dos produtos), além dos demais documentos previstos em lei.
- Efetuar os transportes somente com empresas possuidoras de RTB e que possuam os veículos compatíveis com o estado físico e o tipo de embalagem dos resíduos a serem destinados, de modo a garantir a integridade e estanqueidade dos contenedores e evitar o espalhamento do resíduo durante o transporte.
- Somente efetuar o transporte com pessoas treinadas para casos de acidentes e que disponham de EPI's.

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 26 de 58

- Providenciar a manter atualizados, para cada remessa de resíduos, registros da movimentação, do carregamento nos locais de armazenamento, e do descarregamento na unidade de destinação final.
- Destinar adequadamente os resíduos e seus contenedores (bombonas, tambores, pallets, caixas de madeira etc.) com correspondentes “Certificados de Destinação Final”.
- Fornece para o METRÔ, cópias autenticadas de todas as notas fiscais de transporte e os vistos de recebimento dos resíduos pelo responsável pela destinação final.
- Fazer constar nas notas fiscais discriminação sucinta dos materiais classificados como perigosos.
- Atender à convocação do METRÔ para prestar informações e participar de reuniões técnicas e deliberativas sobre as questões de proteção ao Meio ambiente.
- Implementar de imediato as ações de correção dos aspectos ambientais, quando propostos pelo METRÔ.
- Impedir ou responder por atos ou omissões dos empregados, subcontratados e visitantes, quanto ao descumprimento das rotinas de controle dos aspectos ambientais, nos termos das legislações vigentes.
- Responsabilizar-se pelo ensaio e classificação dos resíduos conforme NBR 10004:2004 ou outras legislações aplicáveis, atendendo à mais restrita.
- Fazer uso de tecnologias que visem a redução do consumo de água e energia, minimização na geração de resíduos, racionalização do uso de matérias primas, redução da emissão de poluentes, adoção de tecnologias menos agressivas ao meio ambiente e utilização de produtos de baixa toxicidade.
- Comunicar de imediato ao METRÔ, em qualquer circunstância, a ocorrência de acidente ambiental, bem como providenciar sua imediata remediação.
- Executar o Plano de remediação de áreas contaminadas/degradadas quando as causas forem de sua responsabilidade.
- Atender às emergências químicas.

4.3.5.1 Plano logístico de movimentação e transporte

Consiste em relatório prévio contemplando:

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	27 de 58

- A sistemática adotada para a retirada e movimentação da carga, especialmente para carga mista com diferentes contenedores.
- A logística utilizada no tratamento/destinação final dos resíduos, incluindo o plano de queima dos resíduos.
- O transporte até a unidade de destinação final.
- As soluções adotadas para a destruição dos contenedores e paletes.
- As ações no caso de acidentes com emergências químicas durante o transporte.
- O fluxograma de tarefas/responsabilidades envolvendo o gerenciamento dos serviços.

4.3.5.2 Manual de Procedimentos Operacional e de atendimento às emergências

Consiste em relatório prévio contemplando orientações sobre os aspectos operacionais, envolvendo a identificação dos resíduos, recursos para movimentação e armazenagem, aspectos administrativos do envio de lotes, de compatibilidade de carga, de armazenamento (NBR 12235:1992), de segurança do trabalho e de riscos ambientais.

Deverá conter as justificativas do tratamento/destinação final mais adequado a cada grupo de resíduos com a indicação dos aspectos operacionais e fluxograma das atividades desenvolvidas dentro da unidade de processamento. As rotas de percurso dentro e fora da Região Metropolitana de São Paulo devem também ser apresentadas.

Os resíduos perigosos classe I a serem gerados na execução dos serviços constantes no item 4.3 podem ser inicialmente classificados em três grupos (quanto aos critérios de incompatibilidade, processos de descarte e risco bacteriológico), conforme sugestões abaixo:

Grupo A – descarte por co-processamento, calcinação ou incineração convencional, embalados em “big bags” de base fechada com liner de proteção interna e bombonas de 20 litros, este último para materiais em estado líquido:

- Líquidos resultantes de lavagem de ferramentas e utensílios.
- Restos de tintas, solventes, óleos.
- Estopas e panos com graxas/óleos/tinta/solventes.
- Contenedores e embalagens plásticas/metálicas utilizadas ou contaminadas.
- Ferramentas, pincéis, rolos.
- EPI's utilizados (máscaras, filtros, luvas etc.).

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	28 de 58

- Outros.

Grupo B – descarte por processo de autoclavagem e incineração convencional, embalados apropriadamente para material biológico com risco bacteriológico:

- Fezes, penas, ninhos, vermes e sujidades em geral provenientes de pombos e outras aves, bem como todos o ferramental e elementos utilizados na sua remoção, limpeza, acondicionamento e higienização.

Grupo C – descarte em aterro industrial classe I, embalados em caixas de madeira revestidas internamente com lona, altura máxima de 1,50 metros:

- Produtos de cimento, com incorporação de fibras de asbesto/amianto em sua formulação.

4.4 FORNECIMENTO DE ESTRUTURA DE FIXAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA COBERTURA DE LAJE COM TELHA DE CIMENTO AMIANTO

- 4.4.1 Fornecimento de todas as partes inerentes aos diversos dispositivos, acessórios, e suportes para montagem em cobertura de laje, até e inclusive a regularização, furação, vedação, e tratamento químico, necessários para recompor as intervenções ou danos causados nas estruturas da obra civil durante a montagem, instalação e execução dos serviços;
- 4.4.2 Fornecimento de perfis de alumínio para apoio dos módulos fotovoltaicos, dimensionado de acordo com projeto executivo da usina e disposição dos arranjos fotovoltaicos;
- 4.4.3 Fornecimento de suportes metálicos em alumínio ou aço carbono para fixação em laje de concreto, do tipo em triângulo ou separados, com ajuste de inclinação;
- 4.4.4 Fornecimento de emendas ou junções, grampos (clamps) intermediários e finais para fixação dos módulos nos perfis, terminais, suportes verticais, parafusos autotravantes; etc;
- 4.4.5 Fornecimento de todos os manuais necessários para a correta instalação da estrutura de fixação;
- 4.4.6 Os equipamentos, materiais e acessórios que não foram citados neste item e que se façam necessário para o empreendimento, deverão ser fornecidos à custa da CONTRATADA dentro das normas aplicáveis e de acordo com os padrões exigidos pela contratante.

4.5 FORNECIMENTO DE ESTRUTURA DE FIXAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA COBERTURA DE TELHA DE CONCRETO PROTENDIDO TIPO “W”

- 4.5.1 Fornecimento de todas as partes inerentes aos diversos dispositivos, acessórios, e suportes para montagem em cobertura com telha de concreto protendido tipo W, até e inclusive a

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	29 de 58

regularização, furação, vedação, pintura e recuperação de estruturas de concreto necessários para recompor as intervenções ou danos causados nas estruturas da obra civil durante a montagem, instalação e execução dos serviços.

- 4.5.2 Fornecimento de perfis de alumínio para apoio dos módulos fotovoltaicos, dimensionado de acordo com projeto executivo da usina e disposição dos arranjos fotovoltaicos;
- 4.5.3 Fornecimento de suportes de fixação em aço para travamento na junta de dilatação das telhas de concreto protendido, ou seja, com processo de fixação entre telhas;
- 4.5.4 Fornecimento de suportes de fixação em aço para fixação em vigas de concreto;
- 4.5.5 Fornecimento de emendas ou junções, grampos (clamps) intermediários e finais para fixação dos módulos nos perfis, terminais, suportes verticais, parafusos autotravantes; etc;
- 4.5.6 Fornecimento de todos os manuais necessários para a correta instalação da estrutura de fixação.
- 4.5.7 Os equipamentos, materiais e acessórios que não foram citados neste item e que se façam necessário para o empreendimento, deverão ser fornecidos à custa da CONTRATADA dentro das normas aplicáveis e de acordo com os padrões exigidos pela contratante.

4.6 FORNECIMENTO DO GERADOR FOTOVOLTAICO DE 274 kWp

Os sistemas, materiais e equipamentos descritos a seguir deverão ter fornecimento completo, com a respectivas interligações de força e controle, acessórios e interface necessárias para o perfeito funcionamento dos sistemas e conforme diretrizes e requisitos técnicos estabelecidos no item 6 desta especificação:

- 4.6.1 Fornecimento de módulos fotovoltaicos sobre as coberturas;
- 4.6.2 Fornecimento de inversores para aplicação solar específicos para configuração do tipo conectado à rede (grid tie), do tipo string, ou seja, com múltiplas entradas MPPTs e proteção anti-ilhamento;
- 4.6.3 Fornecimento de quadros de proteção de corrente contínua, com seccionamento, fusíveis gPV e dispositivos de proteção contra surtos para aplicação CC (caixas de proteção ou string box) na cobertura da estação, próximos aos módulos fotovoltaicos e resistentes às intempéries;
- 4.6.4 Fornecimento de quadros de proteção de corrente contínua, com seccionamento, fusíveis gPV e dispositivos de proteção contra surtos para aplicação CC (caixas de proteção ou

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	30 de 58

string box) na Subestação Auxiliar da estação próximo aos inversores on grid; podendo ser integrado ao inversor;

- 4.6.5 Fornecimento de monitoramento das strings nos quadros de proteção de corrente contínua próximos ao inversor, podendo ser integrado ao mesmo;
- 4.6.6 Fornecimento dos acessórios, dispositivos, jumpers, cabos, clip, terminais para aterramento entre as estruturas e os módulos, dos módulos ao quadro de baixa tensão;
- 4.6.7 Fornecimento de cabos de força para alimentação elétrica, com as respectivas emendas, conexões e terminais exclusivos para aplicações fotovoltaicas e necessários ao correto funcionamento e desempenho dos sistemas e equipamentos;
- 4.6.8 Fornecimento de leitos, eletrocalhas, bandejamento, eletrodutos, suportes e estruturas de fixação para os cabos deste sistema, inclusive em shafts, prumadas de cabos e porão de cabos, contemplando adaptações na obra civil que se fizerem necessárias para o completo caminhamento e fixação dos equipamentos;
- 4.6.9 Os equipamentos, materiais e acessórios que não foram citados neste item e que se façam necessário para o empreendimento, deverão ser fornecidos à custa da CONTRATADA dentro das normas aplicáveis e de acordo com os padrões exigidos pela contratante.

4.7 FORNECIMENTO DE INFRAESTRUTURA ELETROELETRÔNICA DA USINA FOTOVOLTAICA

- 4.7.1 Fornecimento de quadro elétrico autoportante;
- 4.7.2 Fornecimento de disjuntores trifásicos termomagnéticos a seco do tipo caixa moldada;
- 4.7.3 Fornecimento de transformadores de potencial e de corrente;
- 4.7.4 Fornecimento de multimedidor de grandezas elétricas;
- 4.7.5 Fornecimento de cabos de força para alimentação elétrica, com as respectivas emendas, conexões e terminais;
- 4.7.6 Fornecimento de leitos, eletrocalhas, bandejamento, eletrodutos, suportes e estruturas de fixação para os cabos deste sistema, inclusive em shafts, prumadas de cabos e porão de cabos, contemplando adaptações na obra civil que se fizerem necessárias para o completo caminhamento e fixação dos equipamentos.
- 4.7.7 Fornecimento de cabos de comando, controle e comunicação, com as respectivas conexões e terminais e necessários ao perfeito funcionamento e desempenho dos sistemas e equipamentos;

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	31 de 58

- 4.7.8 Fornecimento dos dispositivos de proteções contra surtos para aplicações em corrente alternada;
- 4.7.9 Fornecimento de barramentos de cobre para interligações internas do Quadro Geral de baixa tensão da usina (QGBT);
- 4.7.10 Fornecimento de todos os cabeamentos de interligação entre os inversores e o QGBT, assim como o QGBT e o Quadro Principal de Distribuição (Subestação Auxiliar da estação), onde será o ponto de conexão;
- 4.7.11 Fornecimento de barramentos de cobre para adequação do Disjuntor geral da usina a seco do tipo aberto extraível com o Quadro Principal de Distribuição na sala de baixa tensão;
- 4.7.12 Fornecimento de disjuntor a seco do tipo aberto extraível, para quadro elétrico, equipado com bobina de abertura, bobina de fechamento, motor de carregamento de mola, contador de operações, contatos auxiliares, bloqueio, relé de proteção, partes fixas e todos os acessórios para instalação desse disjuntor em compartimento vago;
- 4.7.13 Os equipamentos, materiais e acessórios que não foram citados neste item e que se façam necessário para o empreendimento, deverão ser fornecidos à custa da CONTRATADA dentro das normas aplicáveis e de acordo com os padrões exigidos pela contratante;
- 4.8 INSTALAÇÃO DE ESTRUTURAS DE FIXAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS SOBRE AS COBERTURAS**
- 4.8.1 A contratada deverá seguir o manual de instalação entregue pelo fornecedor das estruturas e realizar em conformidade;
- 4.8.2 Instalação de todos os itens mencionados na seção 4.4 para instalação em cobertura de laje com telha de cimento amianto;
- 4.8.3 Instalação de todos os itens mencionados na seção 4.5 para instalação em cobertura de concreto protendido telha tipo W;
- 4.8.4 Instalar as estruturas obedecendo todos as normas de segurança de trabalho em altura;
- 4.8.5 A contratada deverá obedecer às recomendações descritas no item 6.10;
- 4.8.6 Todas as ferramentas, instrumentos, materiais e acessórios, qualquer atividade de içamento. necessários para montagem e instalação das estruturas serão de responsabilidade da contratada, sem gerar ônus à contratante;
- 4.8.7 Providenciar as extensões de luz e força até o local da montagem, consultando previamente o METRÔ;

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	32 de 58

4.9 INSTALAÇÃO DO GERADOR FOTOVOLTAICO E INFRAESTRUTURA ELETROELETRÔNICA DA USINA

- 4.9.1 Instalar todos os equipamentos, materiais e acessórios relacionados nos itens 4.6 e 4.7 desta especificação;
- 4.9.2 Fornecer à contratante todas as licenças e/ou permissões que se façam necessárias para a fase de montagem/instalação e operação do sistema fotovoltaico, junto à Agência Nacional de Energia Elétrica e à concessionária Enel Distribuição;
- 4.9.3 Todas as ferramentas, instrumentos, materiais e acessórios necessários para montagem e instalação do sistema serão de responsabilidade da contratada, sem gerar ônus à contratante;
- 4.9.4 Providenciar as extensões de luz e força até o local da montagem, consultando previamente o METRÔ;
- 4.9.5 Instalar todos os equipamentos, materiais e dispositivos do gerador fotovoltaico e da infraestrutura eletroeletrônica da usina obedecendo todos os requisitos das normas de segurança de trabalho em altura e de trabalho com risco elétrico, conforme descrito nos itens 3.3 e 3.4 desta especificação;
- 4.9.6 A contratada deverá obedecer às recomendações descritas no item 6;
- 4.9.7 Efetuar a substituição de qualquer unidade que apresente defeito durante montagem/instalação.

4.10 REALIZAÇÃO DE TESTES E COMISSIONAMENTO

- 4.10.1 Para a realização dos serviços de testes e/ou inspeções, a Contratada deverá apresentar ao representante autorizado do METRÔ-SP toda a documentação aplicável para o desenvolvimento de cada atividade;
- 4.10.2 O Comissionamento e a avaliação de desempenho incluem uma série de ensaios, definidos na norma ABNT NBR 16274:2014, que devem ser efetuados para comprovar o correto funcionamento de todos os componentes e da planta fotovoltaica como um todo. Os ensaios de comissionamento compreendem a realização de medições por meio de instrumentos apropriados.

4.11 ELABORAÇÃO E FORNECIMENTO DE AS BUILT

- 4.11.1 Toda e qualquer alteração efetuada em campo que divergir do projeto executivo original deverá ser contemplada no “As Built”;

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	33 de 58

- 4.11.2 A CONTRATADA deverá revisar todos os documentos necessários para retratar fielmente a instalação conforme execução em campo;
- 4.11.3 Após a aprovação do “As Built” por parte do METRÔ, a CONTRATADA deverá fornecer os desenhos originais impressos em papel vegetal (uma cópia) e em papel sulfite (duas cópias), bem como os arquivos digitais em “DWG” e “PDF”, em mídia adequada;
- 4.11.4 Os demais documentos como manuais, procedimentos, memoriais, listas de materiais etc., também deverão ser entregues devidamente revisados, sendo que os originais deverão ser entregues impressos em papel sulfite (uma cópia) e os respectivos arquivos digitais deverão ser entregues em seus formatos padrões e em “PDF”, em mídia adequada.
- 4.11.5 Fornecimento de projeto simplificado das coberturas contendo disposição final da ligação da hidráulica (drenagem), impermeabilização e caimentos.

4.12 REALIZAÇÃO DE TREINAMENTO

- 4.12.1 A Contratada deverá elaborar um Programa de Treinamento para 16 (dezesesseis) treinandos, abrangendo todos os equipamentos que compõem o fornecimento. O Programa deverá ser submetido à aprovação do METRÔ-SP, reservando-se a este o direito de aprovar ou determinar alterações que julgarem necessárias, visando o alcance dos objetivos pretendidos;
- 4.12.2 Todo treinamento vinculado à contratada deverá estar em conformidade com a NOR-02-208 e a MAN-02-208 da companhia
- 4.12.3 Os treinamentos e materiais didáticos deverão estar em língua portuguesa;
- 4.12.4 Os treinamentos deverão ser subdivididos em módulos autônomos, a fim de proporcionar o aprendizado completo do equipamento/sistema referente a uma unidade;
- 4.12.5 Deverá possibilitar o perfeito entendimento do seu conteúdo de forma a capacitar e habilitar os treinandos no desempenho de suas atividades;
- 4.12.6 Deverão ser elaborados de modo a ser desnecessário o ensino de outras unidades para complementá-lo;
- 4.12.7 Deverão tratar de um equipamento/sistema específico, salvo aquelas que objetivam proporcionar uma visão geral do funcionamento de determinado subsistema;
- 4.12.8 Deverão ter carga diária máxima de 8 horas;

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 34 de 58

- 4.12.9 A Contratada deverá apresentar o local e endereço de realização dos treinamentos, ficando a critério do METRÔ-SP sua aprovação. O local deverá ser preferencialmente, na cidade de São Paulo;
- 4.12.10 Todos os treinamentos deverão ser documentados pela Contratada com recursos audiovisuais, que posteriormente deverão ser fornecidos ao METRÔ-SP. A Contratada deverá fornecer todos os recursos materiais e humanos;
- 4.12.11 Deverá constar dos seguintes tópicos o Programa de Treinamento:
- Cronograma geral dos treinamentos;
 - Objetivos de cada módulo;
 - Expectativas de aprendizagem;
 - Previsão das datas de início e término de cada módulo;
 - Previsão da carga horária de cada módulo;
 - Recursos humanos e materiais a serem empregados;
 - Pré-requisitos exigíveis dos trainandos;
 - Métodos de avaliação teórica e prática a serem aplicados;
 - Locais de realização dos treinamentos;
 - Demais informações adicionais.
- 4.12.12 A Contratada deverá apresentar previamente, para a aprovação do METRÔ-SP, o currículo do instrutor(es) que executarão os treinamentos, cuja qualificação deverá ser devidamente comprovada. Os instrutores deverão possuir conhecimento técnico da configuração do Sistema instalado e familiaridade com o assunto a ser ministrado;
- 4.12.13 A Contratada deverá apresentar uma demonstração prévia da metodologia e didática a serem utilizadas no treinamento, cabendo ao METRÔ-SP a sua avaliação;
- 4.12.14 Os materiais didáticos utilizados nos treinamentos deverão contemplar as reais configurações, instalações, esquemas e outros adotados no fornecimento, previamente aprovados pelo METRÔ-SP. Deverão ser utilizados Manuais de operação, manutenção, “hardware”, “software”, esquemas elétricos e eletrônicos, diagramas, listagens de “software” e demais documentos necessários à perfeita qualificação dos trainandos;

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 35 de 58

- 4.12.15 Deverão ser utilizados todos os recursos necessários para a perfeita compreensão do treinamento, como instrumentos, ferramentas, computadores, retroprojetores, “data show”, etc;
- 4.12.16 A Contratada poderá propor treinamento por videoaula, desde que se disponibilize recursos humanos e materiais para sanar dúvidas dos treinandos. Reserva-se o METRÔ-SP o direito em aceitar ou não tal recurso;
- 4.12.17 Recomenda-se a utilização de vídeo, “software” interativo ou outras tecnologias que facilitem o aprendizado;
- 4.12.18 O Programa de Treinamento deverá ser apresentado e consolidado na fase de aprovação do projeto;
- 4.12.19 Serão realizadas medições do nível de aprendizado dos treinandos durante o transcorrer do treinamento e, se constatado o não atendimento às expectativas de aprendizado, a Contratada deverá corrigir prontamente as deficiências de modo a evitar a interrupção do treinamento;
- 4.12.20 Caso sejam realizadas modificações no sistema, que no entendimento do METRÔ-SP forem relevantes, e que não tenham sido contempladas no referido treinamento, deverá ser realizada a devida suplementação do mesmo pela Contratada, sem ônus adicionais ao METRÔ – SP;
- 4.12.21 Os treinamentos deverão constar das seguintes fases, quando aplicável:
- 4.12.21.1 Fase Teórica: Deverão ser abordadas as tecnologias, especificações e características técnicas dos equipamentos, descrição funcional e procedimentos a serem aplicadas à operação, manutenção preditiva, manutenção preventiva e manutenção corretiva;
- 4.12.21.2 Fase Prática: Realizado na sequência do treinamento teórico, deverão ser abordados todos os itens referentes às atividades de operação, inspeção, testes, manutenção preditiva, preventiva e corretiva, bem como a compreensão global do funcionamento dos equipamentos, envolvendo verificações de sinais e simulação de falhas;
- 4.12.21.3 Os equipamentos a serem utilizados durante os treinamentos práticos devem ser equivalentes aos do fornecimento;
- 4.12.21.4 Os treinamentos teóricos devem ser divididos em grupos de no máximo 16 (dezesesseis) treinandos;
- 4.12.21.5 Os treinamentos práticos devem ser divididos em grupos de no máximo 08 (oito) treinandos;

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	36 de 58

- 4.12.21.6 A Contratada deve proporcionar o desenvolvimento e capacitação dos técnicos da Contratante nas tecnologias, métodos e processos utilizados no fornecimento;
- 4.12.21.7 Os treinamentos devem ser realizados e coordenados, de modo a atender 02 (duas) equipes distintas:
- a) Operação;
 - b) Manutenção preditiva, preventiva e corretiva em campo;
- 4.12.22 Treinamento à Operação dos Sistemas e Equipamentos.
- 4.12.22.1 O treinamento destinado à operação dos Sistemas deverá possibilitar uma visão ampla das partes integrantes dos sistemas e equipamentos do fornecimento, de maneira a possibilitar a operação dos mesmos em condições de funcionamento normal e adversa, abrangendo:
- a) Descrição funcional dos Sistemas e equipamentos;
 - b) Os procedimentos operacionais adotados;
 - c) Técnicas de identificação de falhas dos Sistemas e equipamentos.
- 4.12.22.2 O treinamento para operação deverá estar concluído antes do término da Etapa de Montagem, Instalação e Testes em Campo.
- 4.12.23 Treinamento à Manutenção Preditiva, Preventiva e Corretiva em Campo:
- 4.12.23.1 O treinamento deverá possibilitar a realização de manutenções preditiva, preventiva e corretiva do sistema e equipamentos ao nível de campo, abrangendo:
- a) Descrição funcional do sistema, equipamentos e materiais;
 - b) Configuração dos componentes do sistema e dos equipamentos;
 - c) Procedimentos de testes, ajustes, desmontagem e montagem de partes, e de manutenção adotados;
 - d) Simulação de falhas do sistema e equipamentos;
 - e) Técnicas de identificação de falhas do sistema e equipamentos;
 - f) Técnicas que permitam, através de diagnósticos dos equipamentos, a atuação da manutenção.

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 37 de 58

4.13 FORNECIMENTO DE SOBRESSALENTES

- 4.13.1 A CONTRATADA deverá fornecer uma relação de materiais sobressalentes;
- 4.13.2 Nesta relação deve constar a discriminação do material, seu código para aquisição, o preço unitário e a quantidade das peças sobressalentes consideradas necessárias para a manutenção preventiva e corretiva do sistema ao longo de sua vida útil;
- 4.13.3 Nos itens abaixo, seguem quantidades estimadas e descrições dos sobressalentes que se julgou necessário para as manutenções da usina, os quais fazem parte do escopo desse fornecimento:
- 12 módulos fotovoltaicos monocristalinos, Half cell, bifacial, do mesmo modelo daqueles instalados no sistema de geração;
 - 36 Dispositivos de Proteção contra Surto (DPS) para instalações em corrente contínua, do mesmo tipo e modelo daqueles instalados no sistema de geração;
 - 12 Dispositivos de Proteção contra Surto (DPS) para instalações em corrente alternada, do mesmo tipo e modelo daqueles instalados no sistema de geração;
 - 36 fusíveis fotovoltaico classe gPV, do mesmo tipo e modelo daqueles instalados no sistema de geração;
 - 48 Conectores elétricos MC4 Macho 53A 4 a 6 mm², 1500Vcc;
 - 48 Conectores elétricos MC4 Fêmea 53A 4 a 6 mm², 1500Vcc;
 - 2 Disjuntor a seco do tipo aberto extraível, de 630A para quadro elétrico de 460Vca

4.14 MANUTENÇÕES DA USINA FOTOVOLTAICA

- 4.14.1 As manutenções periódicas terão que ser avisadas previamente a contratante para que sejam programadas e acompanhadas por um funcionário do Metrô-SP;
- 4.14.2 A CONTRATADA deverá prover os equipamentos e dispositivos necessários para realização da manutenção;
- 4.14.3 A CONTRATADA deverá enviar toda documentação e certificações que comprovem a capacitação e qualificação dos funcionários que irão executar a atividade;
- 4.14.4 A CONTRATADA deverá efetuar as seguintes manutenções periódicas descritas abaixo:
- 4.14.4.1 Manutenção Preventiva
- Limpeza dos módulos fotovoltaicos utilizando um pano úmido e detergente neutro ou até uma esponja macia de maneira que não arranhe os módulos;

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	38 de 58

- Limpeza dos inversores, strings box, quadro geral de baixa tensão da usina;
- Reaperto de todas as conexões do sistema, assim como das estruturas de fixação dos módulos

Nota: Essa manutenção será realizada a cada 6 meses

4.14.4.2 Manutenção Preditiva

- Inspeção visual nos módulos fotovoltaicos quanto à integridade, trincas, sujeiras;
- Inspeção visual de todas as conexões dos módulos, inversores, strings box, quadro geral de baixa tensão da usina;
- Verificação da energia gerada por cada string, analisando alguma anomalia no sistema; caso necessário, realizar uma inspeção através de câmera termográfica.

Nota: Essa manutenção será realizada a cada 3 meses

4.14.5 A contratada será responsável pela manutenção da usina por um período total de 2 anos.

5. ARMAZENAGEM, EMBALAGEM E TRANSPORTE

5.1 A contratada será responsável pelas atividades de armazenagem, embalagem e transporte de equipamentos, componentes, materiais e acessórios em geral, assim como para sobressalentes, de acordo com os Procedimentos aprovados pelo Metrô-SP, conforme segue:

5.1.1 Armazenagem

5.1.1.1 Armazenagem em Fábrica

A contratada, às suas expensas, tomará todas as precauções necessárias para armazenar os materiais que, pela sua natureza, fiquem sujeitos à espera de outros para fins de transporte ou montagem em sua fábrica antes da entrega. Essas precauções são as seguintes:

- Aluguel ou construção de armazéns;
- Conservação, manutenção e guarda dos materiais armazenados.

5.1.1.2 Armazenagem na Obra

A contratada será responsável pelos equipamentos, componentes e acessórios armazenados na obra aguardando montagem ou instalação nas datas previstas. Se, por motivos alheios à contratada, a montagem ou instalação na obra atrasar, a CONTRATADA

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 39 de 58

tomará os cuidados e realizará manutenções periódicas que deverão ser feitas no equipamento ou parte armazenados, visando sua conservação. Neste caso, após montagem ou instalação, serão realizados ensaios e inspeções iniciais na obra, conforme previstos nestas especificações técnicas; os defeitos consequentes de uma orientação inadequada de armazenagem serão suportados pela CONTRATADA.

Para a armazenagem na obra deverão ser observadas as mesmas precauções indicadas no item 1 de Armazenagem na Fábrica desta subseção. Neste caso, deverão ter local próprio, sem prejuízo do fluxo e andamento dos serviços do Metrô.

5.1.2 Embalagem

Após a emissão, por parte do Metrô-SP, do Relatório de Inspeção relacionado ao equipamento ou parte desse, conforme o caso, é que a CONTRATADA poderá iniciar o processo de embalagem para posterior transporte relativo à parte ou todo equipamento liberado.

A CONTRATADA terá a seu cargo e sob sua total responsabilidade a embalagem completa do equipamento a fornecer, para todas as modalidades de transportes, da fábrica à obra.

Os custos de embalagem estão incluídos no fornecimento.

A embalagem deverá ser adequada a cada tipo de equipamento, módulo e material, contendo todos os dados necessários à sua identificação. Pequenas peças serão identificadas através de etiqueta a elas fixadas, indicando o número do equipamento ou item ao qual pertencem. Se as peças possuírem um número de referência para montagem indicado nos desenhos, também deverá ser indicado nessas peças.

Os equipamentos deverão ser fornecidos embalados para transporte, de maneira que possam ser embarcados, na medida do possível, já montados, a fim de facilitar o seu manuseio e reduzir o tempo de montagem e instalação.

Os quadros elétricos deverão ser embalados em caixas de madeira apoiados em dispositivos adequados a fim de amortecer os choques durante o transporte.

O material elétrico será cuidadosamente protegido contra qualquer dano que lhe possa ser causado pela umidade. As peças sensíveis aos choques ou tensões internas, oriundas da embalagem, serão cuidadosamente protegidas, de modo a evitar qualquer estrago durante o transporte, carga ou descarga. As borrachas de vedação serão transportadas em caixotes de grandes dimensões para não causar tensões internas exageradas.

Os sobressalentes deverão ser encaixotados separadamente do equipamento principal

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 40 de 58

Os métodos de embalagem a serem utilizados deverão proteger adequadamente todas as partes do seu conteúdo contra possíveis danos durante o embarque, transporte e desembarque, inclusive a prova d'água e umidade. Todas as superfícies metálicas acabadas deverão ser apropriadamente encobertas ou de outra forma protegidas contra avarias durante o transporte e a instalação. Peças estruturais, de pequeno porte e outros componentes, independentes, deverão ser embaladas em caixas ou engradados, não devendo ser fixados ao equipamento correspondente por meio de arame, fita adesiva ou outro meio similar.

A CONTRATADA terá responsabilidade por quaisquer danos e perdas ocorridas em consequência de falta de cuidados, inadequação ou insuficiência na embalagem dos materiais ou equipamentos.

Todos os volumes deverão apresentar indicativo de posição e fragilidade, endereço do local de entrega e da CONTRATADA, número, equipamento e item correspondente, os pesos brutos e líquido, além de apresentá-lo sem que seja necessário abrir a embalagem.

Equipamentos e materiais, com locais de instalação distintos, deverão ser embalados separadamente. Sempre que possível todas as partes correspondentes a um mesmo equipamento ou subconjunto deverão ser embarcados ao mesmo tempo.

Todas as embalagens, quando necessário, deverão ser providas de meio para manuseio, carga e descarga, inclusive dispositivos para suspensão por guindaste, empilhadeira ou talha.

Qualquer dano ou furto ocorrido durante o transporte, armazenagem, instalação e testes dos equipamentos e materiais, será de inteira responsabilidade da CONTRATADA, incluindo os custos e consequências de eventuais atrasos de entrega e instalação.

No caso de acesso ao local de instalação ser inviável por rodovia, a CONTRATADA deverá combinar com o METRÔ-SP, com pelo menos 30 (trinta) dias de antecedência, a logística ou o esquema a ser adotado.

O METRÔ-SP deverá ser informado com antecedência de pelo menos 10 (dez) dias da chegada dos carregamentos aos locais de instalação, para que as devidas autorizações de acesso as dependências sejam providenciadas.

Os seguros relativos ao transporte, equipamentos e materiais, bem como pessoais, serão de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

5.1.3 Especificações de Transporte

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	41 de 58

O transporte dos materiais e ou equipamentos para obra serão de total responsabilidade da CONTRATADA.

A CONTRATADA terá a seu cargo e sob sua responsabilidade, o acondicionamento de peças a transportar nos caminhões ou vagões do transportador contratado, bem como o transporte e a descarga na obra.

A CONTRATADA será responsável por eventuais danos sofridos pelo equipamento, durante o transporte até a obra.

6. REQUISITOS TÉCNICOS, CONSTRUTIVOS, FUNCIONAIS E OPERATIVOS

6.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

- 6.1.1 Deverão possuir potência nominal mínima de 450Wp;
- 6.1.2 Deverão ser acompanhados de cabo para ligação leap-frog;
- 6.1.3 Deverão ser do tipo half-cell para melhor eficiência na geração;
- 6.1.4 Deverão ser bifaciais para aproveitamento da radiação refletida no solo (Albedo)
- 6.1.5 Deverão ter células fotovoltaicas do tipo monocristalinas;
- 6.1.6 Deverão possuir eficiência maior que 20%;
- 6.1.7 Os conectores MC4 deverão ter proteção mínima IP67;
- 6.1.8 As caixas de junção deverão ter proteção mínima IP66;
- 6.1.9 Deverão possuir as seguintes certificações: IEC 61730 (Photovoltaic module safety qualification), IEC 61215 (Crystalline silicon terrestrial photovoltaic modules);
- 6.1.10 Deverão ter registro no INMETRO (Portaria INMETRO 004/2011);
- 6.1.11 Deverão possuir diodo de passagem (By-pass) já montados;
- 6.1.12 Deverão ter variação máxima de potência nominal nas STC em relação à de placa de $\pm 5\%$;

6.2 INVERSOR SOLAR

- 6.2.1 Todos os inversores deverão ser trifásicos e do tipo GRID-TIE, ou seja, projetados para operarem conectados à rede da concessionária local;
- 6.2.2 Os inversores deverão ser do tipo String para eliminação de sombreamentos parciais;
- 6.2.3 A suportabilidade térmica dos inversores deverá ser compatível com o local de instalação;

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	42 de 58

- 6.2.4 A faixa de tensão de operação nominal para cada Maximum Power Point Tracking (MPPT) será de acordo com o inversor escolhido para o arranjo ideal para o sistema;
- 6.2.5 Os inversores fornecidos deverão ter potência maior que 60kW, ficando a cargo da contratada definir o arranjo ideal para o sistema com aprovação por parte da engenharia do Metrô-SP
- 6.2.6 O local de instalação dos inversores ficará a cargo da contratada definir em projeto, com aprovação por parte da engenharia do Metrô-SP;
- 6.2.7 Deverão apresentar eficiência máxima e ponderada europeia maior que 98%;
- 6.2.8 Deverão ser capazes de operar normalmente à potência nominal, sem perdas, na faixa de temperatura ambiente de 0°C a 45°C;
- 6.2.9 Os inversores deverão ter grau de proteção mínimo IP65;
- 6.2.10 A distorção harmônica total de corrente (THDI) do inversor deverá ser menor ou igual a 3%;
- 6.2.11 O inversor deverá possuir uma memória interna ou acompanhar um datalogger para armazenamento das medições de grandezas elétricas (tensão, corrente, potência gerada) e com possibilidade de downloads dessas informações via porta de comunicação (ethernet, MODBUS, RS232, RS485 ou USB);
- 6.2.12 O inversor deverá possuir protocolo de comunicação de MODBUS TCP/IP, devendo ser fornecida a base de dados;
- 6.2.13 Os inversores deverão atender a todos os requisitos e estar configurados conforme as normas técnicas EN 50178, IEC 62109-1/-2, IEC 62116 (Proteção Anti-ilhamento), NBR 16149, NBR 16150;
- 6.2.14 Os inversores deverão incluir detecção e proteção de falha de isolamento em conformidade com o prescrito em IEC 60364-7-712;
- 6.2.15 Deverão ser apresentados todos os certificados nacionais ou internacionais emitidos pelos órgãos reconhecidos para cada requisito mencionado no item 6.2;
- 6.2.16 Os inversores deverão ter dimensões compatíveis com a área disponível para instalação.
- 6.3 CABOS DE CORRENTE CONTÍNUA**
- 6.3.1 Deverão ser resistentes a intempéries e a radiação UV;
- 6.3.2 Deverão apresentar propriedades de não propagação de chama, de auto extinção do fogo e suportar temperaturas ambientes de operação entre -40°C a 120°C;

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	43 de 58

- 6.3.3 Os condutores deverão suportar temperaturas de trabalho até 120°C em regime contínuo, 160°C em sobrecarga e 250°C em curto-circuito;
- 6.3.4 Deverão ter padrão de cores, sendo vermelha para condutor ligado ao polo positivo, preta para o condutor ligado ao polo negativo do sistema fotovoltaico;
- 6.3.5 Deverão ser flexíveis de cobre estanhado, tempera mole e encordoamento classe 5 (NBR NM 280:2011);
- 6.3.6 Todos os cabos de corrente contínua fotovoltaicos deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme prescrições das normas aplicáveis IEC 2930, EN 50618 e NBR 16612;
- 6.3.7 Os cabos deverão ser instalados em canaletas, eletrodutos ou bandejas, dependendo das condições de instalação, não sofrerem movimentação por vento e não ficar em contato com água; caso não seja possível ficarem protegidos, os cabos devem ser presos para aliviar a tensão mecânica, a fim de evitar que o cabo se solte da conexão;
- 6.3.8 Deverão ser considerados os requisitos da NBR 13570 para utilização de cabos não halogenados nas instalações em locais de afluência de público;
- 6.3.9 Os raios mínimos de curvatura na instalação dos cabos deverão seguir recomendações da norma NBR 9511
- 6.3.10 Deverão possuir a tensão de isolamento de 1,8KV DC;
- 6.3.11 Deverão apresentar garantia mínima de 5 anos, vida útil de 25 anos e certificação TUV;
- 6.3.12 Deverão obedecer aos critérios das normas aplicáveis NBR 16612.
- 6.3.13 Não deverão ser realizadas emendas em qualquer dos cabos;
- 6.3.14 Os cabos deverão ser instalados sem formar voltas abertas, como uma espira, o que apresentaria possibilidade de indução de sobretensões devidas a descargas atmosféricas.

6.4 CABOS DE CORRENTE ALTERNADA

- 6.4.1 Deverão ser flexíveis, formados por fios de cobre eletrolítico, tempera mole, revestidos de EPR, isolamento 0,6/1kV, antichamas, livre de halogênio, encordoamento classe 5, temperatura 90°C; conforme NBR NM 280
- 6.4.2 A fiação deverá correr sempre em eletrodutos, eletrocalhas ou bandejamento apropriados devendo ser de material não propagador de chama;
- 6.4.3 A temperatura ambiente a ser considerada, quando da instalação ao ar livre, em canaletas ou eletrodutos, deverá ser de 40°C;

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	44 de 58

6.4.4 A temperatura ambiente a ser considerada, quando da instalação em condutos subterrâneos deverá ser de 25°C;

6.4.5 Os raios mínimos de curvatura na instalação dos cabos deverão seguir recomendações da norma NBR 9511

6.5 CONECTOR SOLAR PARA APLICAÇÃO FOTOVOLTAICA

6.5.1 As conexões entre os módulos deverão ser realizadas com conectores solares apropriados para este tipo de instalação, do tipo macho e fêmea;

6.5.2 Os conectores macho e fêmea deverão ter a corrente nominal compatível ao ponto de aplicação do conector, tensão 1500VDC, resistentes a intempéries e radiação ultravioleta (UV), atendimento aos requisitos da norma EN 50521:2008, compatível com as seções do cabo condutor padrão solar utilizado na instalação elétrica, faixa de temperatura de -40°C a 85°C, grau de proteção IP67;

6.5.3 Todos os conectores deverão ser projetados, construídos e ensaiados conforme prescrições das normas aplicáveis IEC 60529, IEC 61140, IEC 60364-7-712 e IEC 60068-2-52.

6.5.4 Os conectores deverão ser posicionados dentro do eletroduto ou eletrocalha existente na estrutura de suporte, de modo a não sofrerem movimentação por vento e não ficar em contato com água;

6.5.5 A crimpagem somente deverá ser realizada com ferramentas apropriadas, indicadas pelo fabricante do conector e, verificada visualmente e mecanicamente;

6.5.6 Os conectores MC4 que acompanham os módulos e os fornecidos separadamente deverão ser do mesmo fabricante;

6.6 ELETRODUTOS E ELETROCALHAS

6.6.1 Todos os cabos CC e CA da instalação deverão ser instalados em eletrodutos ou eletrocalhas, de acordo com os requisitos da norma NBR 5410:2004;

6.6.2 Os eletrodutos e eletrocalhas deverão ser material galvanizado, resistente à corrosão e oxidação por um período mínimo de 25 anos e com dimensões compatíveis para a passagem de cabos;

6.6.3 Os eletrodutos e eletrocalhas deverão estar acompanhados de elementos de fixação (abraçadeiras, parafusos, buchas etc.) também feito de material galvanizado, resistente à corrosão e oxidação.

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	45 de 58

6.7 QUADROS DE CORRENTE CONTÍNUA (String Box ou Combiner Box)

- 6.7.1 A associação em paralelo das séries deverá ser feita em caixas de conexão, localizadas nas proximidades do inversor (integrada ao inversor) ou em caixas de conexão separadas, conforme necessidade do arranjo, que incluem os seguintes elementos:
- a) Todos os fusíveis do tipo gPV das séries, de acordo com a necessidade; acrescidos de porta-fusíveis;
 - b) Disjuntores de seccionamento ou chave seccionadora CC com capacidade de manobra sobre carga
 - c) Dispositivos de proteção contra Surtos (DPS), entre ambos os polos do paralelo e entre eles e o sistema de aterramento, dimensionamento conforme as características do sistema instalado e seguindo a Norma NBR IEC 61643-1 e NBR IEC 60364.
- 6.7.2 Os fusíveis e dispositivos de proteção contra surtos deverão estar em conformidade com a norma ABNT 5410, NBR 5419 e da concessionária de energia;
- 6.7.3 As caixas de conexão deverão ser no mínimo IP 65, em conformidade com as normas pertinentes e ser resistentes à radiação ultravioleta; (somente para as que ficarão expostas ao tempo)
- 6.7.4 Deverá conter adesivos para identificação dos circuitos, sendo que os componentes deverão ser identificados de acordo com a norma NBR 16274:2014;
- 6.7.5 Deverá possuir aviso de risco de choque elétrico, conforme NR-10, sendo que os componentes deverão ser identificados de acordo com a norma NBR 16274:2014. Tais avisos deverão indicar que as partes vivas, existentes no interior da caixa, ainda continuam energizadas, mesmo após a desconexão do inversor da rede elétrica ou após a rede ser desenergizada, visto que este componente é alimentado por um arranjo fotovoltaico, o qual fornece tensão/corrente quanto exposto à luz solar;
- 6.7.6 Deverá possuir barreira de proteção de elementos energizados, conforme NR-10.

6.8 QUADRO GERAL DE BAIXA TENSÃO PLANTA FOTOVOLTAICA – QGBT OU QUADRO DE PARALELISMO

- 6.8.1 Deverá ser projetado e montado conforme esquema unifilar EQ-3.81.06.XA/703-001, sendo somente orientativo, ficando a cargo da CONTRATADA o melhor dimensionamento;
- 6.8.2 Deverá ser do tipo autoportante, com grau de proteção compatível com seu ambiente de instalação,

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	46 de 58

- 6.8.3 Deverá ter dimensões que seja possível comportar toda fiação e disjuntores necessários, de acordo com o diagrama unifilar do quadro desenvolvido em projeto;
- 6.8.4 Na porta deverá possuir junta de vedação em neopreme e dotada de fecho tipo lingueta;
- 6.8.5 Na porta, internamente, deverá conter um recipiente para acomodar projetos;
- 6.8.6 Deverá conter barramentos de cobre, com seções compatíveis com a corrente nominal de saída de cada inversor, interligados ao um barramento geral que suportará a corrente da planta fotovoltaica; sendo aplicado para as 3 fases, neutro e proteção;
- 6.8.7 Os barramentos a serem adaptados deverão ser construídos de barras de cobre eletrolítico adequadamente fixadas para resistir aos esforços eletrodinâmicos decorrentes das máximas correntes de curto-circuito especificadas. Para as correntes nominais, a máxima elevação de temperatura dos barramentos deverá ser de 30°C sobre uma temperatura ambiente de 40°C. As junções deverão ser prateadas ou estanhadas.
- 6.8.8 Os barramentos, bem como os diversos elementos de ligação aos equipamentos primários, juntas e derivações deverão ser eletricamente isolados, para classe de 600 V, com material adequado tipo epóxi ou composto termo encolhível. As emendas e derivações deverão apresentar o mesmo nível de isolamento do barramento.
- 6.8.9 O material isolante a ser utilizado deverá ter propriedades elétricas e mecânicas comprovadamente satisfatórias, deverá ser não propagador de chamas, de baixa toxicidade, resistente à formação de depósitos de carbono quando exposto a descarga elétrica, e adequados às condições ambientais da instalação.
- 6.8.10 Os barramentos deverão ser identificados através de cores, conforme recomendação NBR IEC 60439-1 da ABNT:
- Fase R – azul escuro;
 - Fase S – branca;
 - Fase T – violeta;
 - Neutro – azul claro;
 - Terra – verde.
- 6.8.11 No projeto e construção, deverão ser consideradas as contrações e expansões dos materiais utilizados, sejam estes condutores ou não de corrente elétrica.

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	47 de 58

- 6.8.12 Deverá conter disjuntores termomagnéticos, para cada saída do inversor, tripolares CA, tensão superior a 460V, corrente nominal compatível com a corrente de saída do inversor e obedecendo o definido em projeto executivo;
- 6.8.13 Disjuntor termomagnético, para seccionamento geral da planta fotovoltaica, tripolar CA, tensão superior a 460V, corrente nominal compatível com corrente de saída da planta fotovoltaica e obedecendo o definido em projeto executivo;
- 6.8.14 Deverá conter adesivos para identificação dos circuitos, sendo que os componentes deverão ser identificados de acordo com a norma NBR 16274:2014;
- 6.8.15 Deverá possuir aviso de risco de choque elétrico, conforme NR-10, sendo que os componentes deverão ser identificados de acordo com a norma NBR 16274:2014;
- 6.8.16 Deverá possuir barreira de proteção de elementos energizados, conforme NR-10.
- 6.8.17 Deverá conter transformadores de corrente, dimensionado de acordo com projeto, para medição da corrente de cada fase da planta fotovoltaica;
- 6.8.18 Deverá conter transformadores monofásicos de potência de baixa tensão; sendo um para cada fase, com intuito de abaixar a tensão para um nível aceitável para realização de medições e alimentação dos circuitos de comando do QGBT;
- 6.8.19 Deverá conter um multimedidor de grandezas elétricas, que demonstrará os valores de tensão, corrente, potência e energia gerada (CA) da planta fotovoltaica, devendo ser do tipo painel;
- 6.8.20 Para os circuitos de que possuírem transformadores de potencial ou corrente, deverão ser utilizados bornes e terminais tipo olhal;
- 6.8.21 Os disjuntores do quadro deverão ser identificados com etiquetas de acrílico com fundo preto e letras gravadas em baixo relevo na cor branca em língua portuguesa, sendo fixadas através de rebites de plásticos;
- 6.8.22 Deverão ser previstas, no mínimo, as seguintes sinalizações/indicações no quadro:
- Estado dos disjuntores de caixa moldada:
 - Ligado;
 - Desligado;
 - Proteção atuada.
 - Tensão no barramento

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	48 de 58

- Corrente de saída.

6.8.23 O local de instalação do QGBT, será nas salas técnicas das estações objeto dessa implantação conhecida como SOT (Sala de Operação Técnica).

6.9 DISJUNTOR GERAL DA USINA – SUBESTAÇÃO AUXILIAR (QUADRO PRINCIPAL DE DISTRIBUIÇÃO)

6.9.1 Deverá ser selecionado um modelo ao qual se enquadre com os moldes do Quadro Principal de Distribuição (QPD) da estação, onde atualmente existe compartimento vago para que o disjuntor seja instalado;

6.9.2 Deverá ser dimensionado conforme cálculos apresentados no memorial e capaz de se conectar com o barramento do cubículo de baixa tensão assim como receber os cabos vindo do disjuntor geral da usina vindo do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT);

6.9.3 O disjuntor deverá ser tripolar, do tipo a seco, previstos para montagem nos compartimentos dos quadros. Deverão ser do tipo extraível, montados sobre gavetas que possibilitem sua movimentação para qualquer uma das posições “inserido”, “teste” e “extraído”. Deverão, também, ser isentos de vibrações e de excessivo desgaste das partes móveis, em qualquer condição de funcionamento e carga. A porta externa do compartimento onde está instalado o disjuntor deverá ser prevista para fechar estando o disjuntor em qualquer uma das posições descritas acima;

6.9.4 Ficará a cargo da CONTRATADA toda readequação do QPD para que o disjuntor do item 6.9.3, como: instalação de barramentos para conexão com à rede (barra existente), acessórios fixos que compõem o correto funcionamento e instalação do disjuntor no compartimento vago do Quadro, trilhos e etc;

6.9.5 O disjuntor deverá ser projetado, construído e ensaiado conforme prescrições das normas aplicáveis da ABNT NBR 5361, ANSI/IEEE-C.37.13, ANSI C.37.16 e IEC 60947-2;

6.9.6 O disjuntor deverá permitir fácil acesso aos contatos principais, tanto para manutenção como para eventuais reparos. A câmara de extinção deverá ser dotada de dispositivo eficaz para rápida desionização e extinção do arco;

6.9.7 O mecanismo para abertura e fechamento do disjuntor deverá ser constituído de molas pré-carregadas (energia acumulada), recarregadas automaticamente por meio de motor elétrico e / ou por meio de alavanca. Deverão ser dotados de botoeiras de abertura e fechamento, indicação de mola descarregada, posição do disjuntor e contador de manobras;

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 49 de 58

- 6.9.8 Deverá ser prevista com uma tampa de proteção ou capa protetora que deverá ser instalada sobre as botoeiras de acionamento (abertura e fechamento) para o disjuntor previstos no fornecimento;
- 6.9.9 Deverá ser fornecido para o disjuntor um dispositivo que possibilite efetuar a calibração, ajuste e testes dos relés de proteção previstos nos disjuntores. Deverá ser previsto no fornecimento uma unidade, que deverá ser entregue ao METRÔ, antes do início dos testes de aceitação;
- 6.9.10 Características Nominais
- Tensão Nominal conf. esq. unifilar
 - Tensão de Isolamento: 600 V
 - Frequência Nominal: 60 Hz
 - Corrente Nominal conf. esq. unifilar
 - Tensão de alimentação do motor: 125 VCC
 - Capacidade de interrupção em curto-circuito conf. esq. Unifilar
- 6.9.11 Posição dos Disjuntor
- 6.9.11.1 O disjuntor deverá se movimentar suavemente para qualquer das posições selecionadas, ser dotados de dispositivo de auto-alinhamento e auto-acoplamento, e possuir um dispositivo de acoplamento final através de manivela ou alavanca.
- 6.9.12 Posição Inserido
- 6.9.12.1 Nesta posição, os contatos principais e auxiliares deverão estar inseridos no circuito.
- 6.9.13 Posição Teste
- 6.9.13.1 Nesta posição, os contatos principais deverão estar extraídos e os auxiliares inseridos no circuito, permitindo o teste dos circuitos de comando.
- 6.9.14 Posição extraído
- 6.9.14.1 Nesta posição, os contatos principais e auxiliares deverão estar totalmente extraídos;
- 6.9.14.2 Para sinalização da posição do disjuntor, deverá ser previsto uma lógica que represente fielmente a posição do disjuntor, evitando interpretação errada do estado em que se encontra o disjuntor, ou seja:
- 6.9.15 Sinalização Local

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 50 de 58

6.9.15.1 A sinalização de posição de teste deve funcionar da seguinte forma: durante a extração do disjuntor a sinalização acende na “posição de teste”, e durante a inserção, deve permanecer acesa até que o disjuntor esteja totalmente inserido.

6.9.16 Sinalização Remota

6.9.16.1 Na movimentação do disjuntor entre as posições inserido, teste e extraído, a sinalização deverá apagar, quando o disjuntor sair da posição em que se encontra e acender somente quando chegar a nova posição. Durante a movimentação do disjuntor, a sinalização deverá permanecer apagada;

6.9.16.2 Quando o disjuntor estiver na posição “extraído”, a sinalização de disjuntor ligado e disjuntor desligado deverão estar apagadas.

6.9.17 Unidade de Controle

6.9.17.1 A Unidade de Controle deverá ser digital microprocessada, apresentar as possibilidades de ajustes abaixo relacionadas

- Ajuste de corrente do elemento de longa duração;
- Ajuste de temporização do elemento de longa duração;
- Ajuste de corrente do elemento de curta duração;
- Ajuste de temporização do elemento de curta duração;
- Ajuste de corrente do elemento instantâneo.

6.9.18 Contatos Auxiliares

6.9.18.1 O disjuntor deverá possuir contatos auxiliares em quantidade suficiente para possibilitar a sinalização local e remota, bem como para atender aos esquemas de automatismo, intertravamentos e bloqueios sem a necessidade de utilização de relés auxiliares. A utilização de relés auxiliares para as funções descritas não será aceita em nenhuma hipótese.

6.9.18.2 A capacidade dos contatos deverá ser compatível com as correntes dos circuitos e equipamentos a eles associados.

6.9.19 Bloqueio Mecânico

6.9.19.1 O disjuntor previsto, deverá possibilitar a utilização de bloqueio mecânico na posição aberto, através de cadeados, travas, ou chaves, conforme o item 10.5.1.b da Norma Regulamentadora NR-10 (impedimento de reenergização).

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	51 de 58

6.10 ESTRUTURAS METÁLICAS

- 6.10.1 As estruturas de suporte deverão estar projetadas para resistir esforços do vento de acordo com a NBR 6123 e os ambientes de corrosão compatíveis com local de instalação, em conformidade com a ISO 9223;
- 6.10.2 As estruturas deverão obedecer aos requisitos, conforme prescrições das normas aplicáveis NBR 7000 e NBR 8800;
- 6.10.3 Deverá prever pontos de fixação de suportes das caixas de proteções ou string box;
- 6.10.4 Deverá possuir perfil com canaleta apropriada para acomodação de cabos elétricos
- 6.10.5 Os parafusos, porcas e elementos de fixação em geral devem ter resistência a corrosão;
- 6.10.6 A contratada deverá tomar as precauções necessárias quanto ao contato de materiais de composições diferentes como: alumínio e aço;
- 6.10.7 As estruturas deverão ter disponível um ponto de conexão para o aterramento e sua equipotencialização;
- 6.10.8 A estrutura de suporte da cobertura de telha de concreto protendido tipo W deverá garantir que os módulos sejam instalados lado a lado, na posição vertical “retrato”, formando fileiras, com orientação aproximada do norte geográfico. As estruturas não deverão ter inclinação, ou seja, angulo de inclinação (zero graus);
- 6.10.9 Os suportes de fixação da área de telha de concreto protendido tipo W serão fixados um na terça protendida e os outros a 2 metros à direita e a esquerda da terça, devido as limitações de sobrecarga de peso sobre a cobertura, conforme desenhos ilustrativo, Figura 1 e Figura 2 do item 4;
- 6.10.10 A estruturas de suporte da cobertura de laje com telha de amianto deverá garantir que os módulos sejam instalados lado a lado, posição retrato, direcionados para o norte geográfico, com inclinação de até 10 graus, ajustável;
- 6.10.11 A instalação da estrutura de suporte deverá ser realizada de forma a garantir a estanqueidade, não permitindo o acúmulo de água;
- 6.10.12 Os furos e as aberturas, realizados em lajes, telhas ou outro elemento da edificação para fixação de estruturas de suporte ou passagem de eletrodutos e eletrocalhas, deverão receber vedação e acabamento com impermeabilizantes adequados, de modo a impedir a infiltração ou o acúmulo de água;

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	52 de 58

- 6.10.13 Furos e aberturas realizados em locais nos quais não haja possibilidade de penetração de água deverão ser fechados com material equivalente e receber acabamento adequado, conforme o local e de forma a garantir as características contrafogo originais.

6.11 SPDA E ATERRAMENTO

- 6.11.1 A conexão de aterramento de cada módulo deverá ser interligada de modo a formar uma malha única para cada string;
- 6.11.2 Os cabos de aterramento entre os módulos da string até as caixas onde estarão os DPS deverão ser de no mínimo 6 mm², se for cumprida a distância de segurança entre o SPDA e as estruturas;
- 6.11.3 Para proteger a parte CC do sistema deverá ser instalado 1 DPS tipo II para cada alimentador de cada string (positivo e negativo) e deverá ter características compatíveis com os níveis de tensão e corrente projetados para cada string;
- 6.11.4 Para proteger a parte CA do sistema deverá ser instalado 1 DPS tipo II para cada fase e neutro de saída do inversor e deverá ter características compatíveis com os níveis de tensão e corrente projetados para cada inversor;
- 6.11.5 Todas as estruturas metálicas que compõe o sistema deverão estar devidamente aterradas no potencial do Terra Externo Estrutural (TEE) que por sua vez está conectado ao aterramento de baixa tensão da estação;
- 6.11.6 Os pontos de conexão de todos os DPS's, tanto lado CC quanto CA, deverão estar conectados em barras de terra devidamente equipotencializadas em relação ao aterramento da estação;
- 6.11.7 Os DPSs deverão estar em pontos próximos ao local de instalação dos inversores;
- 6.11.8 Deverão ser instalados DPSs próximos aos subarranjos caso a distância entre os módulos e os inversores seja superior a 10 metros.
- 6.11.9 Todo o dimensionamento, projeto e instalação deverão estar elaborados e executados de acordo com a norma NBR 5419, assim como a norma NBR 5410:
- 6.11.9.1 Todos os cabos de potência dos circuitos de corrente contínua deverão estar próximos entre si e no mesmo caminhamento, não sendo permitidos que os pares caminhem por trajetos e distâncias diferentes e que formem espiras sujeitas a induções eletromagnéticas em caso de descargas atmosféricas.

6.12 COMUNICAÇÃO

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	53 de 58

- 6.12.1 O cabo de comunicação deverá ter os seguintes requisitos técnicos mínimos:
- Remendo ou tipo transversal, 100BaseTx, CAT5e (ou superior) com blindagem STP ou FTP;
 - Resistente a raios UV se usado ao ar livre;
 - Tipo de plug: RJ45 blindado metálico.
- 6.12.2 Os inversores assim como o multimedidor de energia do QGBT deverão ter comunicação com o rack da rede de monitoramento da estação, que será indicado pela engenharia do METRÔ o local adequado de conectorização.
- 6.12.3 Os equipamentos, materiais e acessórios necessários para o correto funcionamento da comunicação até o ponto de conectorização com a rede de monitoramento ficará a cargo da CONTRATADA, como por exemplo: conversores, switch e etc.

7. DESEMPENHO DO SISTEMA

7.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

- 7.1.1 Conforme a NBR 16274:2014, o desempenho é avaliado por parâmetros anuais, um dos quais é denominado desempenho global anual, correspondendo ao parâmetro tratado na literatura técnica especializada por taxa de desempenho (TD) ou, em inglês, por performance ratio (PR). Assim, o desempenho global anual deverá ser calculado segundo os procedimentos apresentados na NBR 16274:2014, Seção 10 - Avaliação de desempenho e no Anexo 3: Comissionamento e Avaliação de Desempenho. A finalidade da avaliação do desempenho é verificar se a UFV está produzindo o valor de energia (kWh) em determinado período, em função da potência instalada, conforme especificado pela CONTRATADA;
- 7.1.2 A CONTRATADA deverá garantir o valor de geração mínima e o desempenho global anual, estimados e apresentados no Projeto Executivo. Nesse contexto, destaca-se que o projeto executivo deve apresentar uma taxa de desempenho superior a 0,75;
- 7.1.3 As medições e ensaios para avaliação do desempenho serão executados pela CONTRATADA com acompanhamento de representante designado pela contratante. A CONTRATADA fornecerá todo o equipamento e medidores específicos para a realização das medições e ensaios, assim como o equipamento de proteção individual (EPI) indicado para as atividades;

CÓDIGO ES-3.81.03.XA/705-001	REVISÃO B
EMIÇÃO 12/12/2025	FOLHA 54 de 58

- 7.1.4 Após a conclusão das medições e ensaios, registro dos dados, cálculos e avaliação dos resultados a CONTRATADA deverá redigir um relatório de avaliação de desempenho da planta fotovoltaica e enviar à CONTRATANTE, para revisão, correção e posterior aprovação pelo representante. Caso os valores obtidos na avaliação de desempenho anual sejam inferiores aos apresentados pela CONTRATADA no Projeto Executivo, esta deverá realizar uma análise dos possíveis motivos, corrigi-los e apresentar um Relatório Técnico com todas as informações relativas a esse processo;
- 7.1.5 O processo de avaliação de desempenho é composto por avaliações iniciais e avaliações de desempenho anuais, conforme especificado na sequência:
- Avaliações iniciais de desempenho: a avaliação inicial de desempenho deverá ser nos primeiros 45 (quarenta e cinco) dias após o início de operação da planta fotovoltaica, utilizando, no que for aplicável, os procedimentos apresentados na norma NBR 16274:2014, Seção 10, Avaliação de desempenho. As avaliações iniciais de desempenho serão de dois tipos, realizadas com dois períodos de medição e aquisição de dados:
 - a) Avaliação de curta duração, com 2 dias de medições e dados e
 - b) Avaliação de longa duração, com 30 dias de medições e dados.
 - O teste de longa duração poderá ser iniciado logo após o período de 2 (dois) dias do teste de curta duração. Se este último for realizado com êxito, comprovando desempenho adequado, aprovado por representante da contratante, as medições e dados obtidos no período de 2 (dois) dias poderão ser considerados para o período de 30 dias do teste de longa duração;
 - Avaliações de desempenho anual: Estão previstas duas avaliações anuais de desempenho, a serem realizadas durante o período de garantia da instalação, sendo efetuadas, respectivamente, após um ano de operação e após dois anos de operação. Nas avaliações anuais será calculado o desempenho global anual do sistema, segundo os procedimentos apresentados na NBR 16274:2014, Seção 10 - Avaliação de desempenho.
- 7.1.6 Os resultados das avaliações de desempenho da UFV deverão ser apresentados em relatórios, com todos os dados de medições e ensaios realizados, conforme detalhados na Seção 10 - Avaliação de desempenho, da norma NBR 16274:2014.

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	55 de 58

8. NORMAS E APLICAÇÕES

As seguintes normas devem ser seguidas:

- UL 1703 – “Standard for Safety Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels”;
- IEC 61215:2016 – “Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval”;
- IEC 60904-3 – “Photovoltaic Devices - Part 3: Measurements principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data”;
- IEC 61730 – “Photovoltaic Module Safety Qualification”;
- IEC 62093 – “Balance-of-system components for photovoltaic systems - Design qualification natural environments”;
- IEC 62109-1 – “Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements”;
- IEC 62109-2 – “Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters (status: Final draft for international standard)”;
- EN 50524 – “Data sheet and name plate for photovoltaic inverters”;
- EN 50521 – “Connectors for photovoltaic systems – Safety requirements and tests”;
- EN 61643-11 – “Low-voltage surge protective devices. Surge protective devices connected to low-voltage power systems. Requirements and tests”;
- EN 50539-11 – “Low-voltage surge protective devices – Surge protective devices for specific application including d.c. – Part 11: Requirements and tests for SPDs in photovoltaic applications”;
- ISO 12944-2 – “Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Part 2: Classification of environments”;
- ABNT NBR 16149:2013 – “Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição”;
- ABNT NBR IEC 62116:2012 – “Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica”;

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	56 de 58

- ABNT NBR 16274 – “Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho”;
- ABNT NBR 16612 – “Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores - Requisitos de desempenho”;
- ABNT NBR 5410 – “Instalações elétricas em baixa tensão”;
- ABNT NBR 5419 – “Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas”;
- ABNT NBR 8800/86 – “Projeto e execução de estruturas de aço em edifícios”;
- ABNT NBR 6123 – “Forças devidas ao vento em edificações”;
- ABNT NBR 16690 – “Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto”;
- Norma Regulamentadora N°10 NR 10 – “Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade”;
- Norma Regulamentadora N°35 – “Trabalho em Altura”.

NOTA: As normas nacionais deverão ser sempre priorizadas. Somente na falta destas, poderão ser consideradas as internacionais. Nesse caso, na entrega da documentação deverá ser previsto o fornecimento da norma estrangeira devidamente traduzida para a língua portuguesa.

O fornecimento, além das normas já citadas, deve atender às exigências das seguintes especificações de materiais, normas e manuais do METRÔ:

- a) MAN-10-202 – “Manual de Elaboração e fornecimento da documentação Técnica de Sistemas, Equipamentos e Instalações”;
- b) MAN-02-208 – “Elaboração do Plano de Treinamento para Aquisição de Sistemas/Bens”
- c) MAN-10-200 – “Aplicação dos códigos de Trechos, Subtrechos e Unidades de Construção utilizados em documentação Técnica”;
- d) NOR-09-202 – “Instrumentos de Planejamento, Acompanhamento e Controle”;
- e) NOR-02-208 – “Treinamento Vinculado a Contrato de Aquisição de Bens ou Serviços”;
- f) NOR-13-200 – “Acesso às Áreas Operacionais”;

CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	57 de 58

- g) NOR-02-208 – “Treinamento Vinculado a Contratação, Aquisição de Sistemas/Bens”;
- h) NOR-02-238 – “Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados”;
- i) NOR-00-206 – “Diretrizes ambientais e de Segurança e Saúde Ocupacional para Contratações de Serviços”;
- j) NOR-02-233 – “Equipamentos de Proteção Individual (EPI)”;
- k) PRO-10-268 – “Entrada e tramitação de documentos técnicos originais assinados digitalmente”;
- l) MAN-10-204 – “Formatos padronizados de documentos técnicos de engenharia e arquitetura”;
- m) NOR-02-208 – “Treinamento vinculado a contratação, aquisição de sistemas e/ou bens.

9. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

9.1 DESENHOS, ESQUEMAS

- DE-3.07.02.00/6Z2-201: Instalação de SPDA de Primeiro Nivel Estação Belém – Planta e Elevação
- DE-3.07.02.00/6Z2-202: Instalação de SPDA de Primeiro Nivel Estação Belém – Acessos e Casa de máquinas
- DE-3.07.02.00/6Z2-203: Instalação de SPDA de Primeiro Nivel Estação Belém – Passarela Sul e Detalhes gerais
- DE-3.07.02.00/6Z2-204: Instalação de SPDA de Primeiro Nivel Estação Belém – Esquema Geral de Proteção.
- DE-3.07.02.00/3B2-008: Projeto Básico de Arquitetura – Plantas Mezanino e Cobertura
- DE-3.07.02.00/6Z2-201: Instalação de SPDA de Primeiro Nivel Estação Bresser – Esquema Geral de Proteção
- DE-3.07.02.00/6Z2-202: Instalação de SPDA de Primeiro Nivel Estação Bresser – Planta e Elevação Longitudinal
- DE-3.07.02.00/6Z2-203: Instalação de SPDA de Primeiro Nivel Estação Bresser – Acesso Norte e Casa de Máquinas
- DE-3.07.02.00/6Z2-204: Instalação de SPDA de Primeiro Nivel Estação Bresser – Passarela Sul e Detalhes Gerais

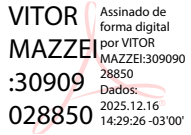
CÓDIGO	REVISÃO
ES-3.81.03.XA/705-001	B
EMIÇÃO	FOLHA
12/12/2025	58 de 58

- EQ-3.81.06.38/600-001: Quadros de Baixa Tensão - BRE
- EQ-3.81.06.38/600-002: Quadro Principal de Distribuição – 460VCA – BRE
- EQ-3.81.06.38/600-003: Quadro Principal de Distribuição – 460VCA - BRE
- EQ-3.81.06.36/600-001: Quadros de Baixa Tensão - BELÉM
- EQ-3.81.06.36/600-002: Quadro Principal de Distribuição – 460VCA – BEL
- EQ-3.81.06.36/600-003: Quadro Principal de Distribuição – 460VCA – BEL
- EQ-3.81.06.XA/703-001: Quadro Geral de Baixa Tensão da Usina fotovoltaica – Bresser e Belém.

10. ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS

- EM-9.00.00.00/6Z0-002: Perfilados e acessórios
- EM-9.00.00.00/6Z0-005: Luvas sem rosca para conexão de eletrodutos
- EM-9.00.00.00/6Z0-006: Buchas para eletrodutos
- EM-9.00.00.00/6Z0-008: Porca para eletrodutos
- EM-9.00.00.00/6Z0-009: Caixas de passagem de alumínio sem rosca
- EM-9.00.00.00/6Z0-010: Braçadeiras para fixação em estruturas tubulares
- EM-9.00.00.00/6Z0-012: Eletrodutos de PVC rígido para instalação embutida
- EM-9.00.00.00/6Z0-014: Eletrodutos de PVC rígido para instalação aparente
- EM-9.00.00.00/6Z0-016: Eletrodutos de Alumínio

11. ASSINATURAS

GESTÃO		
NOME	Vitor Mazzei	 Assinado de forma digital por VITOR MAZZEI:30909028850 Dados: 2025.12.16 14:29:26 -03'00'
RE	24537-6	
ÁREA	GSE/SEO/ESE	