

MARINHA DO BRASIL

ESCOLA NAVAL

APÊNDICE AO TERMO DE REFERÊNCIA Nº 139/2026

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA ADEQUAÇÃO DA USINA FOTOVOLTAICA AO REGIME GRID ZERO

Processo Administrativo nº 63099.005948/2026-77

1 OBJETO E APLICAÇÃO

Estabelecer os requisitos de projeto, fornecimento, instalação, manutenção preventiva, parametrização, comissionamento e regularização da usina fotovoltaica da Escola Naval para operação em paralelo com a rede da Light, com autoconsumo e limitação ativa de exportação de potência, no regime denominado Grid Zero ou injeção zero.

A solução deverá aproveitar a instalação existente, controlar a potência dos inversores conforme o consumo instantâneo e desligar fisicamente a interligação da UFV quando houver condição de proteção. A operação permanece on-grid; não se prevê conversão para sistema isolado, armazenamento de energia ou fornecimento às cargas durante falta da rede.

Integram o escopo o controlador de potência, a medição bidirecional, a proteção de potência reversa, os transformadores de instrumentos necessários, o disjuntor de acoplamento, a alimentação auxiliar supervisionada, o painel, os alarmes e as interligações. Todos os componentes deverão ser fornecidos ou tecnicamente validados para reaproveitamento, com rastreabilidade e compatibilidade demonstradas.

1.1 Vinculação documental

Este apêndice complementa o TR 139/2026.

As fichas de requisitos deste apêndice não substituem as folhas de dados dos fabricantes. O SEL-751 é o único modelo de equipamento novo expressamente identificado na proposta comercial. As demais seleções deverão ser documentadas pela contratada antes da aquisição, conforme a seção 10.

A referência ao SEL-751 serve à identificação da solução cotada. Não estabelece exclusividade de marca, em atendimento ao item 4.2 do TR. A aceitação de qualquer equipamento depende dos requisitos funcionais, do projeto aprovado e das exigências da Light.

2 CARACTERIZAÇÃO DA INSTALAÇÃO EXISTENTE

O levantamento inicial deverá reconciliar os documentos históricos com o cadastro efetivamente instalado. Os valores abaixo são registros documentais, e não confirmação de placa ou dimensionamento executivo.

Aspecto	Registro documental	Verificação exigida
Potência da UFV	TR e DFD: 160 kWp. Memorial: título de 160 kWp, tabela de 114,66 kWp e quatro inversores de 40 kW.	Separar potência CC dos módulos, em kWp, e potência nominal CA dos inversores, em kW.

Aspecto	Registro documental	Verificação exigida
Módulos	Memorial: 600 módulos de 335 W, equivalentes a 201,00 kWp por cálculo. Unifilar: 576 módulos e 192,96 kWp.	Inventário físico por arranjo e string, fotografias das placas e potência total instalada.
Inversores	Memorial e unifilar: quatro DEYE SUN-40K-G. Planta de situação: referência a PHB85K-MT.	Marca, modelo completo, número de série, quantidade, firmware e interfaces de controle de cada unidade.
Transformação da UFV	Memorial: transformação 380/220 V. Planta: dois autotransformadores identificados como 90 kW, 380/220 V.	Confirmar quantidade, potência de placa em kVA, impedância, relação, ligações, neutro e aterramento.
Conexão da Light	PT: premissa de alimentação da concessionária em 220/127 V. Unifilar: entrada Light e rede interna em 13,8 kV, com conexão da UFV à Sub 6.	Definir o PCC real, a fronteira de medição e o ponto de atuação das proteções; não confundir barramento interno BT com ponto de entrega.
Proteções existentes	Unifilar: TPs de 13,8 kV/115 V, TCs 300/5 A e sistema auxiliar de 48 Vcc na entrada.	Confirmar propriedade, uso, estado, exatidão, cargas secundárias e possibilidade autorizada de reaproveitamento.

A definição do PCC e a identificação dos inversores condicionam a escolha dos TCs, TPs, do medidor, do controlador e das interfaces. A seleção não poderá apoiar-se apenas na potência de 160 kWp indicada no objeto.

O diagnóstico deverá verificar sua situação atual, especialmente aterramento, sinalização, SPDA, corrosão, estruturas e documentação.

3 ARQUITETURA E DESEMPENHO FUNCIONAL

3.1 Controle ativo da geração

O medidor deverá medir potência ativa com sinal de importação e exportação no PCC aprovado. O PPC deverá processar essa medição e comandar todos os inversores para adequar a geração à carga, incluindo perdas e margem de importação. Quando faltar consumo, a geração disponível deverá ser reduzida; autoconsumo não significa aproveitamento integral da energia solar potencial.

A comunicação, o tempo de atualização e a resposta dos inversores deverão ser comprovados para o conjunto instalado. A simples existência de RS-485 ou Modbus RTU não demonstra compatibilidade de registros, comandos, firmware ou controle simultâneo de várias unidades. Não será aceita ligação com múltiplos mestres em um mesmo barramento sem solução validada pelo fabricante.

O controlador deverá operar localmente, sem dependência de internet, nuvem ou supervisão SCADA. A dispensa de SCADA indicada na proposta não dispensa o PPC exigido no TR. O quadro metálico, por si só, não executa a função de gerenciamento de potência.

3.2 Proteção independente e estado seguro

O relé deverá obter as grandezas elétricas necessárias à proteção e atuar por circuito físico sobre o disjuntor de acoplamento. A função de potência direcional ajustada para o sentido de exportação constituirá a proteção de retaguarda. A função 32 não substitui as proteções contra falta da rede e ilhamento, que deverão ser coordenadas com as funções dos inversores e com as exigências da Light.

Perda de comunicação, dados de medição inválidos, falha do controlador, perda de alimentação auxiliar ou indisponibilidade da proteção deverão produzir redução segura de geração e/ou abertura do acoplamento, segundo a matriz de causa e efeito aprovada. O desligamento de segurança não poderá depender exclusivamente do mesmo controlador ou enlace cuja falha originou a condição.

3.3 Limites e critérios de projeto

Em regime permanente, não deverá ocorrer exportação de potência ativa no PCC, considerada a convenção de sinais e a incerteza de medição declaradas. O projetista deverá fixar margem de importação, patamar e temporização da função 32, tempo máximo de comunicação, tempo total de eliminação da condição e regras de reconexão. Esses parâmetros serão submetidos à fiscalização e à Light antes do comissionamento.

Variações abruptas de carga produzem resposta dinâmica. O projeto deverá quantificar os possíveis transitórios e demonstrar atendimento aos limites aceitos pela Light, sem prometer atuação instantânea ou adotar tolerância de exportação não autorizada. A desconexão deverá abranger todos os caminhos capazes de manter a UFV em paralelo.

Deverão ser verificados os geradores de emergência e as transferências existentes. O paralelismo entre UFV e gerador permanecerá bloqueado, salvo solução expressamente projetada e aprovada para essa condição.

4 RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E FORNECIMENTOS

Item	Componente	Quantidade e enquadramento
E01	Relé digital multifunção	1 unidade. Referência comercial: SEL-751; configuração completa a definir. PC, item 1.
E02	PPC e integração de controle	1 sistema. PC, item 2; TR 5.5.3.1. Confirmar controlador, software, licenças e capacidade de comando.
E03	Medidor bidirecional	1 unidade na PC, item 4; ampliar somente se o projeto aprovado exigir múltiplos pontos de medição.
E04	TCs de proteção e medição	1 conjunto na PC, item 3. Número de TCs/núcleos e relações definidos no projeto; não equivale a uma única peça.
E05	TPs de proteção e medição	Integrantes do conjunto da PC, item 3, quando necessários. Quantidade e relações conforme PCC e entradas dos equipamentos.
E06	Disjuntor de acoplamento e acessórios	Conjunto necessário à desconexão da UFV, com dois meios de abertura conforme TR 5.5.3.6 e 5.5.4.
E07	Alimentação auxiliar e supervisão	Fonte/carregador, reserva quando necessária, supervisão Vcc e circuito independente de desligamento.

Item	Componente	Quantidade e enquadramento
E08	Painel de proteção e controle	1 conjunto novo ou adequação do existente tecnicamente comprovada; invólucro não se confunde com PPC.
E09	Sinalização e comandos locais	Lâmpadas, alarme sonoro, reconhecimento, rearme, sinalização de estados e comandos previstos no projeto.
E10	Cabos, comunicação e montagem	Conjunto completo de cabos, bornes, blocos de teste, conversores, proteção de circuitos, conectores, suportes e identificação.

Os itens E01 a E05 correspondem aos equipamentos discriminados na planilha comercial. Os itens E06 a E10 decorrem também do escopo técnico e das exigências expressas do TR. O orçamento executivo deverá identificá-los de forma individualizada, esclarecendo inclusão, reaproveitamento, quantidade e responsabilidade de fornecimento.

A configuração contratada deverá incluir todos os acessórios necessários ao funcionamento e aos ensaios. O reaproveitamento dependerá de inspeção, ensaios, documentação e aprovação, inclusive quanto à reserva de capacidade, ao estado de conservação e à compatibilidade com os novos circuitos.

Serviços associados: levantamento e diagnóstico; projeto e ART; estudo de curto-circuito e seletividade; manutenção preventiva; instalação; parametrização; testes; treinamento; documentação conforme construído; e regularização junto à Light.

5 FICHAS DE REQUISITOS DOS EQUIPAMENTOS

5.1 E01 Relé de proteção digital multifunção

Aplicação: detecção de exportação e atuação independente sobre o disjuntor de acoplamento. Quantidade de referência: uma unidade. Modelo de referência: SEL-751, da Schweitzer Engineering Laboratories. A configuração ofertada deverá ser comprovada pelo código completo de encomenda.

Requisito	Especificação para fornecimento
Proteção	Função ANSI 32 ajustada para potência ativa reversa; 27/59, 81 sub/sobrefrequência e 25 conforme estudo e exigências de conexão. Funções de ilhamento e falha de disjuntor conforme projeto.
Grandezas de entrada	Entradas trifásicas de corrente e tensão, compatíveis com os TCs/TPs ou com a medição direta autorizada. Confirmar relações, polaridade, faixa e precisão no menor patamar de exportação a detectar.
Saídas e lógica	Contatos físicos de abertura, alarme e estado saudável; entradas para posição do disjuntor e intertravamentos. Dimensionar capacidade de fechamento e interrupção das bobinas, usando relé auxiliar quando necessário.
Registros	Eventos com data e hora, registros de atuação e disponibilização dos ajustes. Entregar arquivos editáveis de parametrização, lógica e registros de ensaio.

Requisito	Especificação para fornecimento
Comunicação	Modbus RTU, conforme PC. O meio físico e os opcionais necessários deverão constar do código de fornecimento. A atuação de proteção será independente da comunicação supervisória.
Alimentação e ambiente	Alimentação compatível com o sistema auxiliar, autossupervisão e comportamento seguro na sua perda. Adequação ao ambiente salino por instalação e proteção apropriadas.

5.1.1 Dados confirmados na ficha oficial da família SEL 751

A folha oficial 751_DS_20260327, revisão de 27/03/2026, apresenta função 32 nas configurações com entradas de tensão; verificação de sincronismo como opcional; Modbus RTU; opções EIA-232/EIA-485; entradas convencionais de tensão de até 300 Vca fase-neutro; e fontes nominais 24-48 Vcc ou 110-250 Vcc/110-240 Vca. As alternativas não são cumulativas nem automaticamente incluídas em qualquer unidade.

O modelo base apenas com entradas de corrente não atende à medição direcional de potência exigida. A contratada deverá comprovar, no código de encomenda e na folha do fabricante, as entradas de tensão, interfaces, alimentação, entradas/saídas e opcionais efetivamente fornecidos. A indicação isolada “SEL-751” não basta para essa comprovação.

5 FICHAS DE REQUISITOS DOS EQUIPAMENTOS

5.2 E02 Controlador de potência da usina

Requisito	Especificação para fornecimento
Função	Controle local e contínuo da potência ativa de todos os inversores a partir da medição no PCC; limitação global da exportação, com margem de importação parametrizável.
Compatibilidade	Lista dos inversores, modelos completos, firmware, interfaces e comandos suportados. Apresentar mapa de registros/protocolo e evidência de integração do conjunto proposto.
Desempenho	Declarar ciclo de aquisição, cálculo e envio de comandos, atraso máximo da rede, tempo de resposta dos inversores e erro em regime permanente. Dimensionar para os testes da seção 8.
Falhas	Supervisão de dados inválidos e congelados, perda de comunicação com qualquer inversor e falha interna. Definir redução segura, sinalização, temporizações e intertravamento físico com a proteção.
Fornecimento	Hardware, interfaces, conversores, software, licenças e programação necessários, com memória não volátil, cópia de segurança e operação sem internet.
Identificação	Fabricante e modelo não informados na PC. Entregar ficha oficial, manual funcional, arquitetura e relação dos componentes efetivamente ofertados.

5.3 E03 Medidor bidirecional de energia e potência

Requisito	Especificação para fornecimento
Grandezas	Potência ativa instantânea com sinal, potência reativa, tensões, correntes, frequência e energia importada/exportada. Medição trifásica adequada à topologia do PCC.
Exatidão	Classe 0,5S ou melhor para energia ativa, comprovada em norma aplicável. Declarar separadamente a exatidão e resolução da potência instantânea, principalmente próxima de zero.
Entradas	Medição por TCs e TP's conforme necessidade. Entradas diretas de tensão somente quando admissíveis no ponto escolhido; vedada ligação direta à média tensão.
Comunicação	RS-485/Modbus RTU conforme proposta, com protocolo, escala, sinal, endereço, velocidade e tempo de atualização compatíveis com o PPC.
Aplicação	Comprovar a precisão da cadeia completa, incluindo sensores. Distinguir este instrumento de controle do medidor de faturamento da Light, cujo uso depende de autorização.
Identificação	Uma unidade na PC; fabricante, modelo e código não informados. Ficha oficial e mapa de comunicação deverão integrar o projeto.

A ficha pública de medidores divulgada pela Deye relaciona versões com classe 1; ela não comprova atendimento à classe 0,5S exigida. A seleção não poderá ser feita apenas por compatibilidade de marca ou de interface.

5.4 E04 Transformadores de corrente

Especificar quantidade, núcleos e secundários. Dimensionar pela corrente máxima no ponto de medição e pela sensibilidade à exportação. Na aplicação abrangida pela NT-GD-BT 2026, observar três TCs de medição, exatidão 0,3% ou 0,6%, conforme aprovação da Light.

Parâmetro	Exigência de projeto e comprovação
Relação e entradas	Relação primária/secundária calculada para a corrente máxima do ponto e compatível com as entradas dos aparelhos; secundário de 1 A ou 5 A conforme equipamento selecionado.
Núcleos e exatidão	Especificar núcleo de medição e núcleo de proteção, ou demonstrar atendimento conjunto. Declarar classe, carga nominal, faixa útil, erro de relação e erro angular.
Proteção e saturação	Comprovar comportamento sob curto-circuito, fator-limite de exatidão ou parâmetros equivalentes da classe adotada, corrente térmica e dinâmica suportáveis.
Isolamento e montagem	Classe de isolamento, tensão suportável, dimensões, abertura para barramento/cabos, fixação, polaridade e adequação a BT ou MT conforme ponto aprovado.
Circuito secundário	Calcular carga dos instrumentos e cabos, prever bornes de curto-circuito e ensaio, aterramento conforme projeto e identificação. Não abrir secundário de TC com primário energizado.

Parâmetro	Exigência de projeto e comprovação
Reaproveitamento	Inspecionar e ensaiar relação, polaridade, isolamento e carga. Não interferir nos circuitos de faturamento sem autorização.

5.5 E05 Transformadores de potencial

Em MT, prever transformação e isolamento compatíveis; eventual dispensa em BT exige aprovação. Na aplicação da NT-GD-BT, observar três TPs, quando utilizados, com secundário em estrela aterrada e tensão mínima de 115 V.

Parâmetro	Exigência de projeto e comprovação
Relação e configuração	Tensões primária/secundária, frequência de 60 Hz e esquema de ligação definidos no projeto. A indicação histórica 13,8 kV/115 V não autoriza seleção automática.
Exatidão e carga	Classes e carga nominal em VA conforme funções alimentadas; verificar consumo dos instrumentos e queda de tensão nos circuitos.
Segurança	Classe de isolamento, tensão suportável, fator de tensão, proteções primária/secundária, seccionamento de ensaio, polaridade e aterramento especificados.
Documentação	Ficha oficial, desenhos e ensaios de cada unidade. Fabricante e modelo dos novos TPs não estão definidos na proposta.

5 FICHAS DE REQUISITOS DOS EQUIPAMENTOS

5.6 E06 Disjuntor de acoplamento e circuitos de abertura

O conjunto de desconexão deverá abrir todos os caminhos elétricos pelos quais a UFV possa permanecer em paralelo. A localização do disjuntor, ou dos disjuntores coordenados quando necessários, será definida pelo projeto, evitando desligamento indevido das cargas essenciais e assegurando a função de proteção aprovada pela Light.

Parâmetro	Especificação mínima funcional
Capacidade elétrica	Tensão, frequência, corrente nominal, número de polos, capacidade de interrupção e suportabilidade dimensionados para o local. A corrente de 800 A do documento histórico não será adotada automaticamente.
Abertura principal	Bobina de abertura comandada pelo relé, com tensão, consumo, regime e tempo de operação declarados. Verificar a capacidade dos contatos e a necessidade de relés intermediários.
Abertura por falha auxiliar	Segundo meio conforme TR: bobina de disparo Vca comandada por supervisão Vcc, ou bobina de mínima tensão Vcc, dedicada à falha auxiliar. Não adotar mínima tensão Vca como equivalente automático.
Supervisão	Contatos auxiliares para posições aberto/fechado, estado de disparo e intertravamentos; supervisão dos circuitos críticos e indicação de falha de abertura conforme projeto.

Parâmetro	Especificação mínima funcional
Operação	Comando local, bloqueio para manutenção, identificação, prevenção de fechamento indevido e rearme conforme matriz de causa e efeito aprovada.
Coordenação	Estudo de curto-circuito, seletividade e coordenação com proteções existentes. Declarar o tempo total entre detecção e eliminação do paralelismo.
Documentação	Folha oficial do disjuntor e de cada bobina/acessório, curvas e comprovação da combinação permitida pelo fabricante. Apresentar esquema completo de trip.

Duas bobinas alimentadas pelo mesmo circuito indisponível não demonstram independência funcional. O projeto deverá comprovar que a falha da fonte auxiliar do relé não impeça a abertura exigida. A alternativa com bobina de mínima tensão Vcc deverá corresponder ao item 5.5.4.3 do TR e à configuração aprovada.

A proposta técnica admite disjuntor/contator, mas o TR exige disjuntor de acoplamento. Um contator isolado não será aceito como substituição automática. Qualquer solução equivalente dependerá de avaliação formal de atendimento ao TR e de aceitação pela Light.

5.6.1 Reconexão

A reconexão somente será permitida após restabelecimento da rede, alimentação auxiliar saudável, comunicações válidas, ausência de bloqueios e cumprimento do tempo aprovado. Falhas internas de proteção, manutenção ou atuação que exija investigação terão rearme controlado. A função 25 será prevista quando necessária à arquitetura; não dispensa os intertravamentos.

5 FICHAS DE REQUISITOS DOS EQUIPAMENTOS

5.7 E07 Alimentação auxiliar supervisionada

Deverá ser fornecido sistema que mantenha a proteção e o comando nas condições previstas e conduza o acoplamento ao estado seguro em sua falha. A tensão de projeto será compatível com relé, PPC, medidor, bobinas e alarmes, sem assumir que o sistema histórico de 48 Vcc esteja disponível para a nova carga.

Componente	Requisitos e documentos
Fonte ou carregador	Potência, tensão, corrente, regulação, isolamento e proteções conforme balanço de cargas permanentes e transitórias. Prever capacidade para acionamento das bobinas e demais cargas simultâneas.
Reserva de energia	Quando necessária ao esquema, dimensionar bateria/UPS para autonomia e desligamento seguro, considerando envelhecimento, temperatura e corrente de pico. Entregar memória de cálculo, manutenção e ficha oficial.
Supervisão Vcc	Monitorar tensão, falha da fonte, alimentação do relé e condições críticas do circuito de abertura. Prever alarme em primeiro estágio e trip em segundo estágio, com valores e temporizações aprovados.

Componente	Requisitos e documentos
Desligamento independente	Comprovar a abertura na perda total da alimentação principal, inclusive energia disponível, lógica, relé auxiliar e segunda bobina ou bobina de mínima tensão.
Ensaio e identificação	Informar modelos de todos os componentes; testar falta de CA, queda/perda de Vcc, recuperação, autonomia quando aplicável e comportamento dos alarmes.

5.8 E08 Painel de proteção e controle

Painel próprio ou retrofit do existente, com projeto construtivo, segregação de circuitos de potência e sinais, barramento de proteção, placa de montagem, identificação permanente, bornes acessíveis e reserva adequada de espaço. As partes metálicas deverão ser equipotencializadas.

Definir grau de proteção, dissipação térmica, ventilação ou climatização, vedação, prensa-cabos e medidas contra condensação segundo a instalação. Materiais e acabamento deverão resistir ao ambiente salino da Ilha de Villegagnon, observando o item 4.1.1 do TR. O grau IP do invólucro não comprova, isoladamente, resistência à corrosão.

A documentação do painel deverá incluir arranjo interno, lista de componentes, diagramas, identificação dos bornes, verificações aplicáveis ao conjunto e identificação do montador. Um painel fabricado sob encomenda exige documentação própria; catálogo de caixa vazia não substitui sua folha técnica.

5.9 E09 Alarmes e comandos locais

Prever indicação de alimentação normal, falha auxiliar, proteção atuada, falha de comunicação e posição do disjuntor, além de alarme sonoro por falta de alimentação auxiliar, conforme TR. Reconhecimento poderá silenciar o som, mas não apagar a indicação da causa ainda presente. Tensões, proteção ambiental e reserva de alimentação deverão ser compatíveis com o esquema de segurança.

6 INTERLIGAÇÕES E SERVIÇOS DE ENGENHARIA

6.1 E10 Cabos e acessórios

Fornecer cabos de potência, comando, instrumentação e comunicação, eletrodutos/eletrocalhas, terminais, bornes, blocos de teste, proteções auxiliares e ferragens necessários. Seções, comprimento, isolamento, capacidade de corrente, queda de tensão, suportabilidade ao curto-circuito e condições de instalação deverão constar das memórias de cálculo.

A rede RS-485 terá topologia, impedância do cabo, terminação, polarização, blindagem, equipotencialização e distâncias conforme os fabricantes. Prever isolamento, repetidores ou fibra óptica com conversores quando o percurso ou as diferenças de potencial o exigirem. Identificar e documentar todos os endereços e parâmetros; impedir conexões que afetem a independência da proteção.

Não são fixadas metragens ou bitolas sem levantamento. A lista de materiais deverá conter marca, código, unidade e quantidade dos itens selecionados, inclusive dos acessórios normalmente omitidos na descrição do conjunto.

6.2 Projeto executivo e responsabilidade técnica

O projeto deverá conter levantamento cadastral, delimitação do PCC, balanço de cargas e geração, estudo de curto-circuito, coordenação/seletividade, dimensionamento dos instrumentos e condutores, lógica do PPC, memória dos ajustes e matriz de causa e efeito. Deverão ser emitidas as ARTs de projeto e execução previstas no TR, por profissionais habilitados para as atividades correspondentes.

Entregar unifilar completo; trifilar de medição/proteção; diagramas funcionais e de ligação; intertravamentos com rede, inversores e geradores; projeto do painel e alimentação auxiliar; arquitetura de comunicação; lista de entradas/saídas e lista de materiais. Identificar a versão das normas e dos documentos de conexão utilizados.

6.3 Instalação e manutenção preventiva

Antes da reativação, inspecionar módulos, estruturas, fixações, cabos CC/CA, conectores, quadros, proteções, inversores e autotransformadores. Executar os serviços preventivos previstos no TR, com limpeza compatível com os fabricantes e com as condições ambientais, reaperto conforme torque especificado, verificação de continuidade e ensaios tecnicamente aplicáveis.

A avaliação de autotransformadores abrangerá relação, isolamento, ligações, temperatura e aterramento. Não aplicar ensaio de isolamento através de componentes eletrônicos ou DPS; seguir procedimentos dos fabricantes. As verificações de aterramento e SPDA deverão considerar proteção contra choque, equipotencialização e o projeto, sem reduzir a aceitação a um único valor de resistência em ohms.

Registrar defeitos preexistentes, providências e impedimentos à energização. Reparos corretivos não abrangidos deverão ser tratados formalmente, sem energizar trechos inseguros. Intervenções seguirão planejamento de desligamento, NR-10, NR-35 quando aplicável e regras de acesso da EN.

7 PARÂMETROS QUE DEVERÃO SER APROVADOS

Antes da aquisição e da programação final, a contratada deverá apresentar uma folha consolidada de parâmetros, assinada pelo responsável técnico. Cada valor deverá ser acompanhado de unidade, fundamento, tolerância e referência ao desenho ou estudo correspondente.

Grupo	Conteúdo obrigatório
Base elétrica	PCC e ponto de controle; tensão nominal; frequência; aterramento; potência CC e CA; quantidade de inversores e caminhos de conexão; demanda mínima e máxima observada.
Instrumentação	Relações e classes dos TCs/TPs; carga dos secundários; polaridades; resolução e erros da potência ativa; convenção positiva para importação e negativa para exportação.
Controle ativo	Margem de importação, limite global e por inversor, banda de controle, rampa, frequência de atualização e tempo máximo entre medição e resposta efetiva.
Proteção reversa	Patamar em potência primária e secundária, sentido de atuação, temporização, histerese, bloqueios e coordenação com o controle ativo.

Grupo	Conteúdo obrigatório
Rede e ilhamento	Ajustes 27/59, 81 e demais funções requeridas; sincronismo quando aplicável; temporização de reconexão e intertravamentos com geradores.
Falhas auxiliares	Limites de alarme e trip de Vcc, perda total da fonte, falha do relé/PPC/medidor, comunicação ausente ou congelada, falha de abertura e critérios de rearme.
Aceitação dinâmica	Cenários de degrau de carga, tempo máximo de eliminação, eventual envelope transitório expressamente aceito pela Light e capacidade de registro para comprová-lo.

7.1 Matriz de causa e efeito

A matriz deverá relacionar cada condição às ações: redução da geração, bloqueio de comandos, abertura do acoplamento, alarme, registro e permissão ou impedimento de rearme. Identificar o componente que detecta a falha e o caminho de atuação, demonstrando o estado seguro em falhas simples relevantes.

7.2 Condições para iniciar os testes

Exigir projeto aprovado, folhas técnicas dos modelos selecionados, ARTs, instrumentos de ensaio com rastreabilidade, procedimento de comissionamento, programação de desligamentos e autorização para os ensaios. Ensaios de fluxo reverso deverão ser realizados por injeção/simulação segura; exportação deliberada à rede só poderá ocorrer se expressamente autorizada pela Light.

Os limites de atuação não serão definidos apenas no dia do teste. Na falta de parâmetro aprovado necessário à segurança ou à comprovação de injeção zero, o ensaio correspondente e a energização definitiva permanecerão pendentes.

8 COMISSIONAMENTO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

Ensaio	Verificação e evidência de aceitação
Inspeção e cadastro	Conferir equipamentos e códigos contra projeto; registrar identificação, montagem, proteção ambiental, aterramento, torque e identificação dos circuitos.
TCs e TPs	Comprovar relação, polaridade, sequência de fases, isolamento e carga. Confirmar leitura de importação e exportação sem inversão de sentido.
Relé de proteção	Injeção secundária das funções habilitadas, inclusive 32, com registro de valores de atuação, retorno e tempos, dentro dos ajustes e tolerâncias aprovados.
Abertura completa	Testar cada circuito de abertura até o disjuntor, posição final e retirada de todos os caminhos de paralelismo; registrar tempo total e alarmes.
Controle permanente	Operar com carga maior, próxima e menor que a geração disponível; demonstrar limitação de todos os inversores e ausência de exportação sustentada no PCC.

Ensaio	Verificação e evidência de aceitação
Rejeição de carga	Aplicar cenários aprovados de redução brusca da carga, inclusive condição mínima; registrar potência e resposta do PPC, inversores e proteção de retaguarda.
Falha de comunicação	Simular falha medidor/PPC, PPC/inversores, unidade isolada e dados congelados. Verificar tempos, redução/bloqueio, abertura e indicação, conforme matriz.
Falha auxiliar	Ensaiai falta de CA, subtensão/perda de Vcc e indisponibilidade da fonte principal. Comprovar alarme e abertura independente, sem paralelismo desprotegido.
Falta da rede	Comprovar atuação das proteções aplicáveis e impedimento de ilhamento; realizar procedimentos compatíveis com a segurança e as autorizações recebidas.
Retorno e geradores	Testar retorno da rede, atraso de reconexão, bloqueios por defeito e intertravamentos com geração de emergência. Impedir reconexão com proteção indisponível.
Operação local	Verificar funcionamento sem internet, perda/retorno de alimentação do PPC, conservação dos ajustes, comandos locais e acesso às cópias de segurança.
Registro final	Entregar relatório assinado, dados brutos, eventos, medições e resultado de cada ensaio, incluindo não conformidades, correções e repetição dos testes afetados.

As medições de validação deverão ser feitas com instrumento de referência e resolução temporal suficientes para distinguir a resposta do controle da atuação de proteção. Totais de energia por intervalos longos ou telas de supervisão, isoladamente, não demonstram a inexistência de exportações rápidas.

O aceite técnico requer atendimento a todos os critérios aprovados e eliminação das pendências impeditivas. O recebimento definitivo e a regularização perante a Light observarão o TR; protocolo de documentação não será confundido com aprovação formal.

9 DOCUMENTAÇÃO DE ENTREGA E PRAZOS

9.1 Entregáveis obrigatórios

A contratada deverá fornecer o projeto executivo e o cadastro conforme construído em PDF e formato editável, com ARTs; memórias de dimensionamento e ajustes; estudos de proteção; diagramas; lista de materiais e equipamentos; fichas oficiais; certificados e relatórios de ensaios; arquivos de programação; registros do comissionamento; e documentação de regularização perante a Light.

Entregar manual de operação e manutenção em português, incluindo sequência de energização/desligamento, bloqueio e liberação, resposta aos alarmes, contingências, condições de rearme, manutenção periódica e identificação dos responsáveis pela assistência. O treinamento da equipe da EN deverá ser registrado, com conteúdo e participantes.

As credenciais administrativas, licenças necessárias, programas editáveis e cópias de segurança deverão ser entregues de forma controlada à EN. Não será admitida dependência exclusiva do integrador para alteração autorizada de ajustes ou recuperação da configuração.

9.2 Prazos do Termo de Referência

Etapa	Prazo contratual	Produto previsto
1	Até o 15º dia	Vistoria de detalhamento, projeto executivo e ART.
2	16º ao 45º dia	Fornecimento, transporte, montagem e instalação.
3	46º ao 60º dia	Parametrização, comissionamento, testes e treinamento.
4	61º ao 90º dia	Trâmites e documentação de regularização junto à Light, conforme condições do TR.

O TR prevê execução em 90 dias e vigência de 180 dias, conforme seus marcos de contagem. O cronograma estimado de 16 a 20 semanas da proposta técnica deverá ser compatibilizado com o prazo contratual, sem alteração automática deste apêndice. A contagem, os pagamentos e os procedimentos de recebimento permanecem regidos pelo TR.

Há diferença de redação entre o item 1.4.1 do TR, que menciona conclusão das instalações, testes e protocolo integral em 90 dias, e o item 5.1.4.4, que prevê obtenção da aprovação no mesmo período. O marco de conclusão e o tratamento do tempo de análise da concessionária deverão ser harmonizados no instrumento contratual, preservando o acompanhamento da regularização pela contratada.

9.3 Garantia

Garantia mínima de 12 meses, contada conforme o item 5.6 do TR, sem prejuízo das condições aplicáveis a cada fornecimento. Identificar canais de suporte, procedimentos de atendimento e condições de reparo/substituição. Alterações de firmware ou ajustes durante a garantia deverão ser registradas e submetidas à fiscalização quando afetarem as proteções.

10 CONTROLE DAS FICHAS TÉCNICAS DO FORNECIMENTO

A contratada deverá preencher e entregar o cadastro abaixo com fabricante, modelo, código completo, revisão da folha de dados, quantidade e página que comprova cada requisito. A aprovação deverá anteceder a compra. Documentos comerciais genéricos não substituem as folhas oficiais exigidas no TR.

Equipamento	Situação da identificação	Documento exigido
E01 Relé	SEL-751 identificado na PC; ficha oficial localizada.	Código completo e folha oficial da configuração, opcionais e manual.
E02 PPC	Marca/modelo não indicados; descrição comercial confunde PPC e quadro.	Ficha do controlador, manuais, interfaces, licenças e declaração de compatibilidade com os inversores.
E03 Medidor	Classe 0,5S e Modbus RTU informados; modelo não indicado.	Folha oficial com exatidão, entradas e comunicação; mapa de registros.
E04 TCs	Um conjunto indicado; relações e modelos não definidos.	Folha de cada modelo/núcleo, classes, carga, isolamento e ensaios.
E05 TPs	Integrantes do conjunto, conforme necessidade; modelo não definido.	Folha oficial e relação de transformação; ou justificativa aprovada de dispensa em BT.

Equipamento	Situação da identificação	Documento exigido
E06 Disjuntor	Fornecimento/adequação citados sem modelo; TR exige dois meios de abertura.	Folhas do disjuntor, bobinas, contatos e acessórios, incluindo combinação permitida.
E07 Sistema auxiliar	Exigido no TR; modelos não discriminados na PC.	Folhas de fonte/carregador, reserva, supervisão, relés auxiliares e memória de autonomia.
E08 Painei	Retrofit ou quadro novo a definir.	Ficha do conjunto montado, desenhos, componentes e verificações aplicáveis.
E09 Alarmes	Sinalização luminosa e sirene na PT; modelos não indicados.	Folhas de sinalizadores, alarme e comandos, com tensões e condições de instalação.
E10 Interligações	Cabos e acessórios descritos genericamente.	Folhas dos cabos, conversores e acessórios relevantes, com lista quantitativa definitiva.

A folha oficial da família SEL-751 comprova características disponíveis, mas não a configuração comercial completa que será entregue. As fichas de requisitos da seção 5 deverão orientar a complementação da relação de materiais.

11 CONDIÇÕES DE APROVAÇÃO DO PROJETO

11.1 Complementações técnicas necessárias

Antes da aprovação executiva, deverão estar resolvidos: a localização e o nível de tensão do PCC; a potência real CC e CA; a identificação dos inversores e seus protocolos; o tipo e os dados de placa dos autotransformadores; a seleção do PPC; o medidor classe 0,5S ou melhor; as relações e classes dos TCs/TPs; o disjuntor e seus dois meios de abertura; e o esquema de alimentação auxiliar.

A memória técnica deverá demonstrar que a arquitetura escolhida mede o fluxo cuja exportação se pretende impedir. Medição apenas no ramal de geração não equivale à medição do saldo de importação/exportação do PCC. Caso seja adotado ponto interno mais restritivo, demonstrar sua suficiência em todos os estados operacionais e obter a aceitação pertinente.

As fichas oficiais deverão permitir rastrear as características exigidas até os códigos efetivamente fornecidos. Valores ainda dependentes do levantamento não deverão ser preenchidos com estimativas de catálogo como se fossem dados da instalação.

11.2 Compatibilização normativa

Aplicar as normas e os procedimentos indicados no TR e no projeto aprovado, conforme sua pertinência: instalações BT e, se houver intervenção, MT; arranjos fotovoltaicos; documentação, inspeção e comissionamento; SPDA; proteção e medição; quadros elétricos; segurança NR-10 e NR-35; e interligação com a Light.

O TR referencia a IT DDE-01/19 para autoprodutores. O portal da Light também disponibiliza a NT-GD-BT 2026, com diretrizes específicas de proteção para Grid Zero. Confirmar com a distribuidora o enquadramento e as versões aplicáveis ao PCC da EN, sem transpor automaticamente requisitos de BT para MT. A injeção zero não dispensa a aprovação da interligação.

Verificar a necessidade de transformador de isolamento e o atendimento pelo transformador de força existente; o autotransformador 380/220 V não fornece isolamento galvânico. [C1, itens 3.13 e 4.3.2] Referências técnicas a considerar, conforme aplicabilidade e edição vigente: ABNT NBR 5410, NBR 14039, NBR 5419, NBR 16149, NBR 16150, NBR 16274, NBR 16690 e NBR 16612; séries de normas para transformadores de instrumentos, relés, conjuntos de manobra e disjuntores. A lista e as edições efetivamente adotadas deverão constar do projeto, sem aplicação automática de requisitos de outro nível de tensão.

11.3 Liberação e recebimento

A aquisição, a montagem, os testes e a energização observarão as aprovações e os marcos definidos no TR e no projeto. A documentação de conclusão deverá evidenciar o atendimento a este apêndice, a solução das divergências cadastrais, a execução dos testes e a regularização exigida pela Light.

O presente apêndice fixa requisitos para a contratação e para a avaliação técnica. As relações de transformação, correntes nominais, capacidades de interrupção, ajustes e temporizações definitivos serão estabelecidos nos estudos e projetos sob responsabilidade técnica, com comprovação por ensaios.

LEONARDO TORRES MASSA
Primeiro-Tenente (RM2-EN)
Equipe de Planejamento da Contratação