AVALIAÇÃO DOS INVESTIMENTOS PRUDENTES PARA A LICITAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSMISSÃO GARABI I E II - PROCESSO Nº 48340.004748/2019-75

JUNHO/2021

Empresa de Pesquisa Energética
Praça Pio X, n. 54
Centro – Rio de Janeiro – RJ
CEP: 20091-040

Operador Nacional do Sistema Elétrico
Rua Júlio do Carmo, 251 - Cidade Nova
20211-160 – Rio de Janeiro – RJ
Tel (+21) 3444-9400 Fax (+21) 3444-9444

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

© 2021/ONS
Todos os direitos reservados.
Qualquer alteração é proibida sem autorização.

NT-ONS DPL 0062/2021

NT EPE-DEE-RE-051/2021-r0

AVALIAÇÃO DOS INVESTIMENTOS PRUDENTES PARA A LICITAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSMISSÃO GARABI I E II - PROCESSO Nº 48340.004748/2019-75

JUNHO/2021

Rev. 0

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Sumário

1	Introdução	4
2	Descrição do Projeto	4
3	Reuniões com a Enel CIEN	5
4	Reuniões com fabricantes	12
5	Referências internacionais	17
6	Conclusões e recomendações	19
7	Referências	21
8	Equipe	22

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

1 Introdução

Conforme o Ofício referenciado em [a], foi solicitado ao ONS e à EPE que procedessem uma avaliação sobre as informações encaminhadas pela Enel CIEN para as indicações de ativos e investimentos necessários para a continuidade da operação das instalações das Conversoras Garabi I e II, sob responsabilidade desta empresa, para um horizonte compatível com o fim da vida útil da maior parte dos ativos dessas instalações, estimado em cerca de 10 anos, devendo esta análise se ater apenas a aspectos técnicos.

2 Descrição do Projeto

O empreendimento de Garabi é composto por duas estações conversoras de 50/60 Hz, com capacidade total de 2.200 MW, divididas em quatro blocos de 550 MW cada, e um sistema de transmissão associado composto por duas linhas de transmissão em 525 kV de 740 km de extensão até a subestação (SE) Itá, com seccionamento na SE Santo Ângelo. As estações conversoras estão localizadas no município de Garruchos, RS, próximas à fronteira do Brasil com a Argentina, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Vista aérea do empreendimento

A Conversora Garabi I começou a sua operação comercial em 2000, enquanto a Conversora Garabi II em 2002. Em 2020, houve o término do contrato de concessão de Garabi I, que hoje opera no regime de designação. Em 2022, haverá o término do contrato de Garabi II.

O Brasil conta com alguns projetos em corrente contínua com longos sistemas de transmissão associados, que é o caso dos projetos dos bipolos de Furnas/Itaipu, Madeira e Belo Monte, de larga escala em potência transmitida.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Conta ainda com conversoras *back-to-back*, incluindo neste caso o próprio projeto de Garabi, o *back-to-back* de Porto Velho, parte do projeto do Madeira.

Uma importante particularidade do projeto de Garabi é que, similarmente ao projeto do Madeira, este *back-to-back* é do tipo CCC (*Capacitor Commutated Converter*). Esse tipo de tecnologia é específico para aplicações em locais onde a potência de curto-circuito é muito baixa para a utilização de HVDC convencional. Além desses dois projetos CCC no Brasil, ainda existe um terceiro projeto, denominado *Rapid City*, nos EUA.

No caso das conversoras de Garabi, pelo menos do lado de 60 Hz, com a evolução da rede brasileira, essa restrição de baixo nível de curto-circuito já não existe atualmente.

Todos esses projetos CCC foram fornecidos por um único fabricante (ABB), o que lhe propicia maior competitividade para a realização da modernização, em comparação com outros fabricantes.

3 Reuniões com a Enel CIEN

A partir de reuniões realizadas com a Enel CIEN [c], onde vários tópicos sobre as necessidades apontadas por essa empresa visando a continuidade da operação das conversoras de Garabi foram apresentados e discutidos, entende-se que o processo proposto de modernização dessas conversoras está ligado diretamente às partes componentes descritas a seguir.

3.1 Sistema de Supervisão, Proteção e Controle (SPC)

Esse sistema compreende a aquisição, o tratamento e a transferência dos sinais para o processamento final das ações necessárias, podendo ser subdividido em: (i) subsistemas (I/O) e (ii) sistema principal.

(i) Subsistemas (I/O)

A foto abaixo, Figura 2, reproduzida da apresentação realizada pela Enel CIEN, ilustra as divisões desses subsistemas, específicos para cada componente ou função dentro das conversoras.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

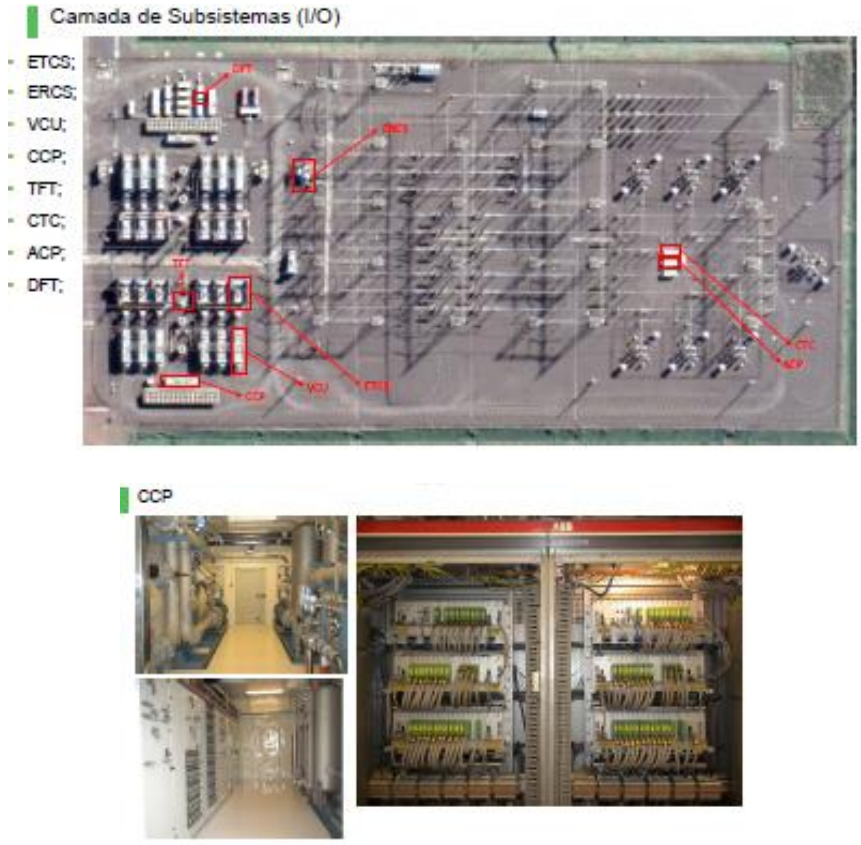

Figura 2: Vista geral da Camada de Subsistemas (I/O), com exemplo do Sistema de Resfriamento de Válvula (CCP).

Descrição das siglas para cada subsistema discutido:

- ETCS – Electronic Transformer Control and Supervision
- ERCS – Electronic Reactor Control and Supervision
- VCU – Valve Control Unit
- CCP – Cooling Control and Protection
- TFT – Transformer Field Termination
- CTC – ConTune Control
- ACP – AC Control and Protection
- DFT – DC Field Termination

De acordo com as informações da Enel CIEN, esses subsistemas se encontram em boas condições de operação e sem maiores dificuldades de reposição de placas para a sua adequada operação dentro do período determinado. Também foi informado que

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

os equipamentos de medição se encontram em bom estado, com relativa facilidade de manutenção ou reposição de sobressalentes.

Entende-se que, no processo de modernização, algumas poucas placas necessitam de substituição para permitir a comunicação com o sistema principal.

Por outro lado, esses sistemas possuem na totalidade um número elevado de 5720 placas. Estima-se que algo entorno de 40% necessitará ser substituído, conforme informado pela Enel CIEN, embora esse percentual não seja definitivo e sim um indicativo de necessidade, devendo ser confirmado durante a elaboração da especificação técnica.

Exceção deve ser considerada para as unidades de controle de válvula (VCU) de Garabi I, Figura 3, que se encontram defasadas (Mach 1) em relação ao que o fabricante da solução utiliza nos seus projetos mais recentes (Mach 2 / Mach 3), cuja integração não é recomendada. Elas não são mais produzidas, mas existem unidades reservas reparadas que vêm suprindo as necessidades. Como são unidades externas ao contêiner das válvulas, também ficaram sujeitas à exposição contínua ao tempo, o que pode afetar a sua vida útil. A sua substituição completa é relativamente simples.

Figura 3: VCU – Unidade de controle de válvula

Embora Garabi II possua VCU mais atualizada (Mach 2), também é recomendada a sua substituição para compatibilização com o sistema do SPC atualmente em uso pelo fabricante (Mach 3) por causa da engenharia de software necessária, que além de ser mais custosa, necessitaria de maior tempo de implantação pela alteração do controle, o que facilitaria a integração entre essas partes mais vitais no projeto (SPC e válvulas).

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

(ii) Sistema principal

Essa parte, responsável final pelo processamento de todos os sinais recebidos dos subsistemas e ações consequentes, realiza as operações vitais da conversora. De acordo com as informações recebidas, o seu defasamento é crítico, não só pelas máquinas responsáveis pelas principais funções, envolvendo também a obsolescência de placas e processadores, afetando o seu tamanho e a sua velocidade de comunicação.

Esse sistema não atende aos requisitos atuais dos Procedimentos de Rede, já que as funções de proteção e controle estão juntas em uma mesma máquina. Qualquer parada implica na perda desses dois sistemas ao mesmo tempo, ou melhor, a manutenção de um dos sistemas implica na perda da redundância do outro, até o chaveamento para a redundância existente.

No campo, esse sistema está representado pela Figura 4 abaixo.

Figura 4: Camada de Proteção e Controle

Descrição das siglas para cada subsistema discutido.

- BCP – Bus Control and Protection

- PCP – Pole Control and Protection

- FOX – Teleproteção

A Figura 5 ilustra uma comparação da diferença de tamanho entre os equipamentos novos (propostos pela ABB, detentora da solução original) relacionados com controle e proteção, com os equipamentos em operação de Garabi.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Figura 5: Comparação entre as soluções atuais do fabricante (à esquerda) e aquelas aplicadas em Garabi (à direita).

Resumidamente, a Figura 6 abaixo apresenta um esboço de modernização para esse item. A parte da direita representa os subsistemas, que devem ser mantidos, com poucas modificações, com exceção da troca das VCUs, e a parte da esquerda que representa o sistema principal, que deve ser totalmente substituído.

Figura 6 – Substituição da plataforma MACH2 (ABB, final dos anos 90) pela plataforma MACH3 (ABB, atual) no SPC.

Deve ser notado que nessa etapa a substituição do HMI (Interface Humano-Máquina), na sala de controle, está igualmente prevista.

O histórico dos sistemas SPC desenvolvidos pela ABB, conforme sua informação, está mostrado abaixo na Figura 7.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

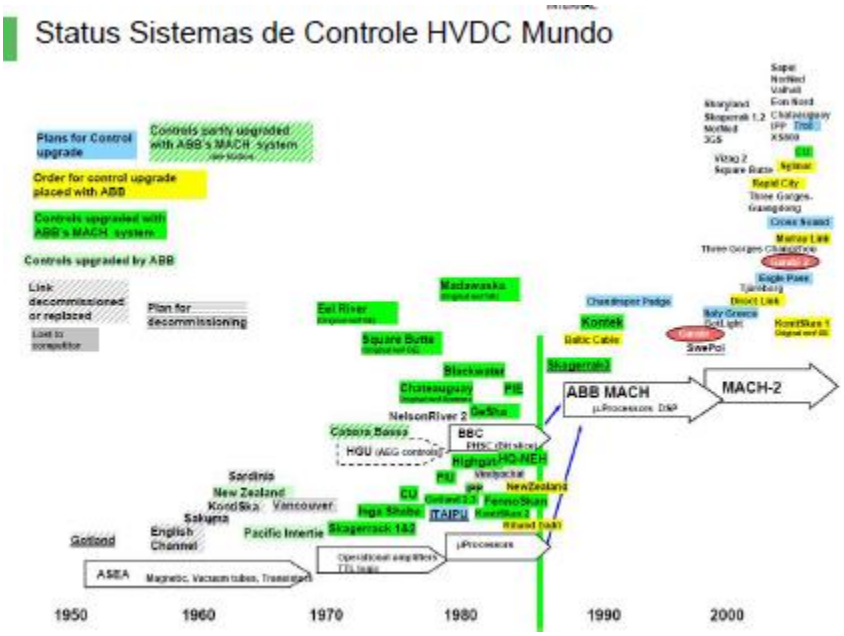

Figura 7: Evolução do sistema de controle ABB

3.2 Teleproteção - FOX

Esse subsistema, após o processamento pelo BCP sobre eventos, se comunica com a SE Santo Ângelo para as devidas ações de proteção da linha CA e vice-versa, vide Figura 8. Apesar da existência de peças sobressalentes, existe a obsolescência de peças de reposição.

Figura 8: Sistema de teleproteção

3.3 HV Link

O pátio CA abriga uma solução compacta para os equipamentos de manobra CA. Os disjuntores e as chaves se encontram dentro de processo regular de manutenção.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Entretanto a parte eletrônica associada ao DOCT (*Digital Optical Current Transformer*), localizado no topo do isolador (vide Figura 9), está descontinuada, bem como o sistema de fibra ótica, hoje localizado no interior do isolador supramencionado, e que leva as informações desse elemento até o painel de comando dessa estrutura.

Figura 9: Disjuntor compacto

Essa solução compacta e particular da ABB, compreendendo disjuntores combinados com chaves seccionadoras e TCs, pode trazer dificuldades de substituição por outros fornecedores, uma vez que existe restrição de espaço físico.

3.4 Equipamentos CC

Não foram discutidos exaustivamente. Entende-se que existem reservas suficientes e que não foi demonstrado pela Enel CIEN que o histórico de falhas e o regime operacional intermitente da conversora justifiquem providências adicionais.

Entende-se que os quantitativos para trocas de diversos equipamentos principais foram definidos como um “fator de segurança” no levantamento da Enel CIEN, sem base na experiência de falhas ao longo da vida útil, mas apenas como uma estimativa orçamentária.

3.5 Equipamentos CA

As discussões ficaram mais focadas nos reatores de linha, dado que estavam relacionados no escopo inicial da Enel CIEN. Uma parte dos reatores da SE Itá já foi substituída, em função de problemas decorrentes do enxofre corrosivo no óleo

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

isolante. Entende-se que não há histórico de falhas ou evidências apontadas na manutenção dos mesmos que indique a possibilidade de problemas futuros, sendo que estes equipamentos se encontram com monitoramento adequado.

Entende-se que os quantitativos para trocas de diversos equipamentos principais foram definidos como um "fator de segurança" no levantamento da Enel CIEN, sem base na experiência de falhas ao longo da vida útil, mas apenas como uma estimativa orçamentária.

4 Reuniões com fabricantes

Foram realizadas reuniões com três dos principais fornecedores de soluções HVDC (Hitachi/ABB, Siemens e NR Eletric/NARI), que expuseram suas considerações e interesse sobre a participação nesse processo de modernização, para operação por mais 10 anos.

4.1 ABB

Como fornecedor original de Garabi, a ABB possui o maior conhecimento sobre os detalhes do projeto e já realizou discussões mais avançadas com a Enel CIEN.

A reunião foi realizada no dia 18.05.2021, contando com a participação do ONS, EPE e ABB Brasil e Suécia. Os principais pontos destacados dessa reunião são:

- Projetos HVDC podem tipicamente durar na faixa de 30-40 anos.
- Equipamentos podem falhar e devem ser trocados individualmente. Sistemas podem ser trocados integralmente.
- Componentes eletrônicos, apesar de durarem muito, possuem um tempo de obsolescência muito rápido (5-10 anos). Assim, placas que fazem parte de sistemas não costumam durar como os equipamentos de potência do projeto e necessitam ser substituídas. De acordo com o relatório TC 115 / WG12 da IEC, citado por esse fabricante, sistemas de Controle e Proteção (C&P) devem durar de 15 a 20 anos e HMI na faixa de 7 anos.
- A empresa possui 26 projetos concluídos de modernização relativos a Controle e Proteção e 2 projetos em andamento.
- Conforme citado no item 2, o projeto de *Rapid City*, EUA, similar ao projeto de Garabi, foi modernizado no final de 2020. Observa-se que *Rapid City* (operação em 2003) é uma conversora *back-to-back* CCC mais nova que as conversoras de Garabi I e II.
- Proposta de modernização:
  - ✓ Substituição da VCU, por obsolescência de Garabi I, ainda operando com a solução Mach 1 (proprietário ABB). A operação consiste na retirada do rack e a colocação de outro novo. Posteriormente, confirmou que processo similar, simplificado, deve ser aplicado também para Garabi II.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

- ✓ Substituição do sistema de SPC, mantendo-se todos os subsistemas existentes, com a troca de placas de comunicação entre o sistema SPC com esses subsistemas, conforme mostrado na Figura 6. O HMI está incluído.
- ✓ Modernização do HV Link, com a substituição da parte eletrônica, obsoleta, e a passagem da fibra ótica até o painel de comando externamente, conforme a Figura 10 abaixo.

Figura 10: Solução para passagem da fibra ótica no HV Link

- ✓ Equipamentos CC

Foi levantada a possível necessidade de substituição dos reatores controlados dos filtros *ConTune* por elementos fixos e o aumento dos correspondentes capacitores, de forma a manter a sintonia adequada. Após a constatação de que havia em campo unidades completas desses elementos e que os filtros só operaram até agora por um tempo bastante reduzido e só são utilizados quando as conversoras estão operando, a ABB retirou a necessidade. Indicou ainda que numa eventual substituição de uma unidade desses filtros, que já não mais são fabricados, partes do substituído poderão se tornar sobressalentes para os demais filtros nos pátios de 50 Hz ou 60 Hz.

O fabricante levantou ainda a típica necessidade de substituição dos capacitores dos circuitos de amortecimento das válvulas. Como foi apurado que esses componentes já são do tipo seco, sem o risco de eventual vazamento e possível incêndio nas válvulas, a necessidade foi retirada.

Entretanto, como já foi constatada a danificação de reatores do circuito de amortecimento das válvulas, a ABB indicou a compra de unidades reserva.

- ✓ Equipamentos CA

Além do que já foi apresentado sobre o HV Link, este fabricante não apontou nenhuma necessidade adicional.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

- O prazo para finalização do projeto, em campo, envolve cerca de 2 semanas para cada conversora.

4.2 Siemens

A reunião foi realizada no dia 21.05.2021, contando com a participação do ONS, EPE e Siemens Brasil e Alemanha. Os principais pontos destacados dessa reunião são:

- A empresa possui vários projetos concluídos de modernização.
- Já realizou projetos de modernização envolvendo o sistema de proteção e controle (SPC) da própria ABB na Índia e na Nova Zelândia.
- A Siemens confirmou que a ABB utiliza tecnologia de tiristores baseada no seu controle de disparo por meio de pulso elétrico e o seu é de natureza ótica (disparo por luz) e que o controle das válvulas passa por dois processamentos: o primeiro de nível mais geral no VCU (*Valve Control Unit*) e o segundo mais específico no GCU (*Gate Control Unit*).
- Entende que a modernização de equipamentos ABB seria possível, no caso de manutenção do VCU e do GCU do fornecimento inicial ABB. A interface do VCU com o GCU é um problema que a empresa não conseguiria resolver no curto prazo, necessitando de um programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).
- No entanto, de acordo com a informação recebida da Enel CIEN, os VCUs de Garabi I necessitam de troca, por estarem expostos ao tempo e ao sol em caixas externas, e terem um histórico que indica a necessidade de troca e a sua modernização. Nesse caso, os controles da Siemens não teriam hoje como conversar com os GCUs de disparo elétrico.
- A Siemens esclareceu que, quando comparada com a tecnologia LCC tradicional, a tecnologia CCC aplicada em Garabi impõe novos condicionantes aos sistemas de Controle e Proteção, dentre os quais os controles das válvulas, incluindo novos algoritmos para o cálculo de parâmetros, como, por exemplo, o ângulo de extinção e de disparo.
- Finalizando, a Siemens informou que, como não possui projetos ou mesmo experiência com a tecnologia CCC empregada no projeto de Garabi, haveria necessidade de empreender um projeto de P&D para desenvolver esse assunto, o que em sua opinião não se justifica pela falta de mercado para esse tipo de aplicação, além do tempo necessário. Sendo assim, considerando a necessidade da entrega de um novo SPC que contemple as necessidades de um CCC, considera improvável a sua participação no certame.

4.3 NR Electric/NARI

A reunião foi realizada no dia 26.05.2021, contando com a participação do ONS, EPE e Nari Brasil e NR Electric China. Os principais pontos destacados dessa reunião são:

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

- A empresa possui 3 projetos concluídos de modernização, sendo 2 de fornecimento original ABB, mas nenhum deles com solução *back-to-back* ou mesmo CCC.
- Estiveram em Garabi em 2017 para conhecer o projeto, por solicitação da Enel CIEN, que expressou a possibilidade de modernizar a instalação por um período de 30 anos.
- O ONS e a EPE esclareceram que, tendo em vista o final do período de concessão de Garabi, receberam do MME a solicitação para avaliar um escopo técnico mínimo para uma modernização com a finalidade de assegurar uma operação segura e confiável desses equipamentos por mais 10 anos (até 2032) [a], lembrando que as conversoras *back-to-back* têm apenas 20 anos e operam de forma intermitente e, por muitas vezes, abaixo de sua potência máxima.
- A NR informou que tem interesse e determinação em participar desse processo de modernização.
- Precisa de pelo menos 6 meses de preparação para participar desta licitação, no estudo de uma proposta técnica e também para assimilar a tecnologia CCC.
- Questionada como se posicionaria em relação as dificuldades associadas à manutenção da tecnologia CCC, assim como da sua particular filosofia de proteção e controle, a NR expressou que isso não seria um impedimento.
- Entende que seria mais prudente manter as VCUs para reduzir o tempo de parada das unidades. No caso de retirada das VCUs, entendem que o correto seria trocar as TCUs (*Thyristor Control Units*) também por conta da comunicação entre elas.
- Segundo a NR, a manutenção das TCUs, em caso de troca das VCUs, demandaria um esforço de desenvolvimento, para que pudessem entender corretamente a troca de sinais entre a VCU e a TCU. Entretanto, segundo a NR, isso seria contornável.
- A NR Electric entende que algumas partes do sistema de controle e proteção da refrigeração das válvulas necessitam ser trocadas.
- Procederão análises de desempenho dos filtros CA para avaliar a necessidade de alguma possível modificação, em função da evolução do sistema CA nos últimos 20 anos.
- Confirmaram a necessidade de trocar partes do HV Link, em função do relato de problemas com o DOCT.
- Informaram sobre a obsolescência dos computadores que hoje realizam os processos de controle e proteção. Chamaram também a atenção para o uso obsoleto de ventiladores para resfriamento dos componentes/computadores existentes. Hoje essas máquinas são projetadas sem esses ventiladores. Observa-se que as máquinas sem ventiladores apresentam taxa de falha menos expressiva.
- O ONS e a EPE consultaram a NR Electric se ela estava ciente de que, de acordo com os Procedimentos de Rede vigentes, que o controle e a proteção deviam ser tratados de forma independente e que as instalações de Garabi hoje não atendem

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

a este requisito. Em função disso, perguntou como isso seria tratado. A NR Electric ficou de verificar, mas não respondeu durante a reunião.

- O ONS e a EPE solicitaram, durante a reunião, que a NR apresentasse o escopo do que acredita ser necessário para garantir o funcionamento adequado dos *back-to-backs* de Garabi por mais 10 anos.
- Posteriormente à reunião, em 27.05.2021, a NR Electric enviou em [e] a sua previsão de modernização, solicitando sigilo do material enviado:
  - ✓ As VCUs serão mantidas, bem como os equipamentos de medição.
  - ✓ Substituição do sistema de SPC, mantendo-se todos os cubículos dos subsistemas existentes, com a troca de todas as interfaces (I/O) dentro deles. O HMI está incluído. O sistema principal terá redundância.
  - ✓ O DOCT no pátio dos filtros será substituído.
  - ✓ Equipamentos CC mantidos.
  - ✓ Equipamentos CA mantidos.
- De maneira a ter uma ideia mais abrangente, esse fabricante informou por meio de tabelas a sua solução de modernização, como reproduzido a seguir.

- Garabi I

No	System or device	Note
1.	All Operator/Engineering workstations	Removal, Replaced by new
2.	Laser printer	Removal, Replaced by new
3.	Staion LAN	Removal, Replaced by new
4.	SCM	Removal, Replaced by new
5.	Station Clock	Removal, Replaced by new
6.	Pole control and protection system	Removal, Replaced by new
7.	AC yard control and protection system	Removal, Replaced by new. The outdoors cubicles will be used, and the original cubicles which have some primary equipment will be used.
8.	Auxiliary system interface	Removal, Replaced by new
9.	Cooling control and protection	Removal, Replaced by new
10.	All I/O interface	Removal, Replaced by new
11.	Control bus	Removal, Replaced by new
12.	OCT in the AC Filter Yard	Removal, Replaced by new
13.	Valve Control	Remain
14.	DC measurement	Remain
15.	Energy Metering	Remain

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

- Garabi II

No	System or device	Note
1.	Pole control and protection system	Removal, Replaced by new
2.	AC yard control and protection system	Removal, Replaced by new. The outdoors cubicles will be used, and the original cubicles which have some primary equipment will be used.
3.	Bus control and protection system	Removal, Replaced by new. Including AFP system.
4.	Auxiliary system interface	Removal, Replaced by new
5.	Cooling control and protection	Removal, Replaced by new
6.	All I/O interface	Removal, Replaced by new
7.	Control bus	Removal, Replaced by new
8.	OCT in the AC Filter Yard	Removal, Replaced by new
9.	Valve Control	Remain
10.	DC measurement	Remain
11.	Energy Metering	Remain

- O prazo para finalização do projeto, em campo, envolve 15 semanas para cada conversora, sendo bastante maior do que o prazo mencionado pela ABB de 2 semanas. Entretanto, a forma como esse trabalho será realizado não ficou clara no material enviado.

5 Referências internacionais

De maneira a subsidiar a posição do ONS/EPE sobre os itens propostos pela Enel CIEN, foi realizada uma busca na literatura e encontrada a publicação TB 649 da Cigré, "*Guidelines for life extension of existing HVDC systems*", de 2016, onde uma pesquisa empreendida com projetos ao redor do mundo, Figura 11, apontaram as seguintes diretrizes:

	HVDC Equipment Lifetimes	
	Note: Excludes design and production run quality issues	
	HVDC Station Design life 35 to 40 years	
Equipment	Lifetime (Years)	Comments
Converter Transformer	40	
AC Bushings	25-30	25 OIP , 30 RIP
DC Bushings	30-35	30 OIP, 35 RIP - DC bushings have more insulation
Tapchanger	30	or 350 000 Operations, Seals and springs
Coolers	25	
Thyristor Valves	35	
Thyristors	35	
Valve Reactors	30	
Tubing	25	
Fiber Optics	35	
Damping Capacitor	30	
Damping Resistor	30	

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Electronic cards	25 - 30	
Coolers	25	
HVDC Controls (analogue)	35	
HVDC Controls (digital)	12 - 15	
HMI	7	
DC Smoothing Reactor (oil)	35	Bushing may have a shorter life
DC Smoothing Reactor (air core)	35	
Optical DCCT	30	Electronics may have a shorter life
DC Voltage Divider	30	
DC Surge Arrestors	35	
DC Insulators	35	
DC Wall Bushings	30-35	30 OIP, 35 RIP - DC bushings have more insulation
DC Switching Equipment	35	
DC Buswork, structures	50	
Ground Electrode	40 - 50	Normal Design Life
Civil Work	50	
Communications Systems	15	

Figura 11: Reproduzido da Brochura nº 649, de 2016, da Cigré

Os pontos destacados em vermelho indicam que, por pelo menos 30 anos, os componentes principais de instalação HVDC devem permanecer em funcionamento sem maiores eventos. Entretanto, alguma atenção deverá ser dada para os sistemas de refrigeração das válvulas e transformadores conversores.

Por outro lado, os sistemas SPC, bem como o sistema HMI, terão uma vida bem mais curta, conforme já discutido anteriormente.

A título de comparação com o tempo estimado de substituição de componentes e sistemas dentro de um projeto de HVDC, é apresentado abaixo, na Figura 12, um gráfico que retrata o tempo real de utilização das conversoras de Garabi desde a sua entrada em operação.

Observa-se um tempo bem reduzido de utilização das conversoras. Se calculada uma média de 2006 até 2020, o tempo de utilização da conversora é por volta de 17%.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

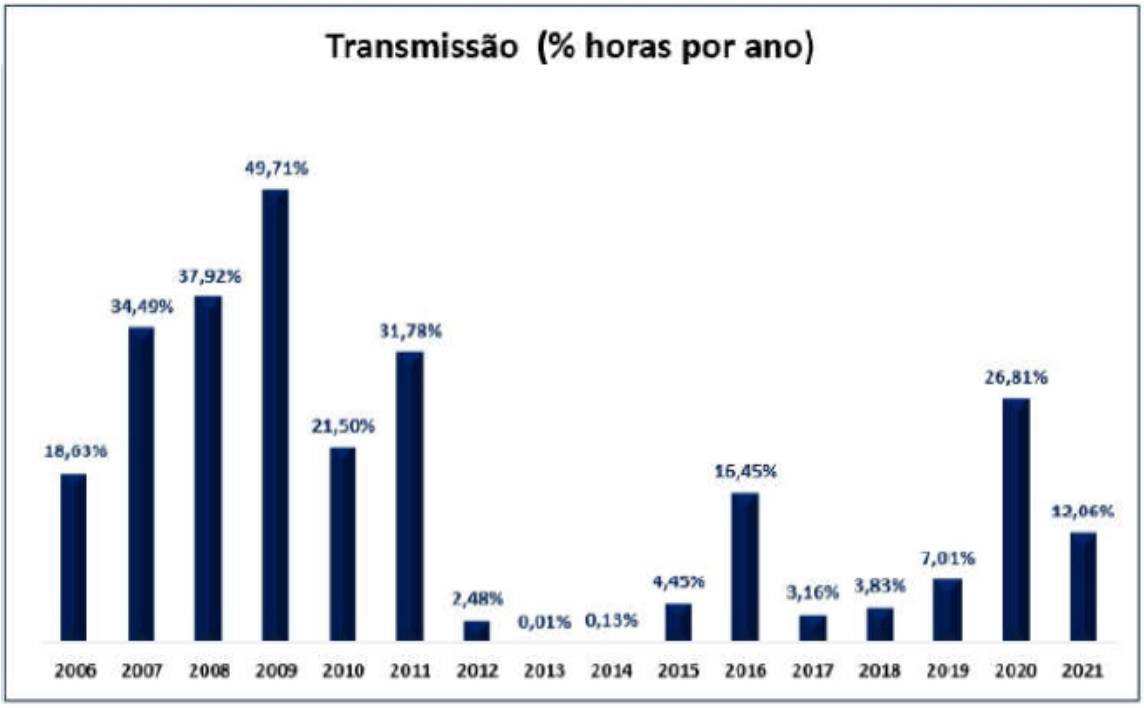

Figura 12 - Gráfico com a utilização de Garabi no período de 2006 a 2021

Notas: - A Enel CIEN não possuí o acompanhamento para o período de 2000 a 2005.

- Para o período de 2006 a 2010, quando a Enel CIEN não era equiparada à Transmissora, os dados são aproximados.

6 Conclusões e recomendações

Conforme a referência [a], com base nas premissas indicadas de utilização das instalações existentes por mais 10 anos, as informações prestadas pela Enel CIEN e procurando apenas os aspectos técnicos sobre a real necessidade de se proceder com os investimentos indicados para as instalações das conversoras visando à continuidade da sua operação, foram feitas várias tratativas, em destaque:

1. Reuniões com a Enel CIEN para maior entendimento da situação das necessidades da Transmissora.

2. Reuniões com três dos principais fornecedores de soluções HVDC (ABB, Siemens e NR Electric).

3. Pesquisa de referências na bibliografia internacional.

De posse de todas essas informações, a avaliação do ONS/EPE é a seguinte:

I. A Enel CIEN apresentou material mais detalhado em relação àquele de dezembro de 2020 nas últimas reuniões, englobando a utilização estratégica recente do empreendimento, seus componentes, subsistemas, condições atuais do Sistema de Controle e Proteção (SPC), necessidades de modernização e lista do que seria recomendado modernizar.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

II. Foram realizadas consultas a três dos principais fornecedores de soluções HVDC, de maneira que fosse possível confrontar o que a Enel CIEN está propondo modernizar com aquilo que os fornecedores entendem que deveria ou poderia ser feito, englobando a sua efetiva participação em futuro certame.

III. Foram feitas pesquisas nas referências internacionais para buscar relacionar o que a Enel CIEN está propondo modernizar com as práticas em projetos similares.

IV. Diante do que foi constatado, exposto e pesquisado, na avaliação conjunta ONS/EPE, a seguinte lista de itens deve ser incluída como escopo de numa futura modernização para a operação por mais 10 anos:

- ✓ **Sistema de Controle e Proteção (SPC) de Garabi I e II, incluindo o HMI**
- ✓ **Sistema de Controle de Válvula (VCU) de Garabi I e Garabi II**
- ✓ **HV Link, que incluiu a substituição da parte eletrônica do DOCT (Digital Optical Current Transformer) e a substituição da fibra que leva os sinais do DOCT até o painel de controle dos disjuntores compactos**
- ✓ **Sistema de Telecomunicação FOX**
- ✓ **Reatores reservas para o circuito das válvulas (limitação de corrente)**

Importante destacar que o processo de modernização para operação por mais 10 anos deva estabelecer estratégias de fornecimento de partes sobressalentes, para os itens descritos ou não acima, de forma a assegurar a adequada operação nesse período de 10 anos.

V. Entende-se que os seguintes componentes deverão ficar de fora desse processo de modernização, tendo em vista o seu pouco tempo de uso, ao longo desses 20 anos, manutenções preventivas realizadas, bem como as constatações das referências internacionais:

- ✓ **Equipamentos Principais CC das Conversoras Garabi I e II**
- ✓ **Equipamentos Principais CA das Conversoras Garabi I e II e Rede de Transmissão CA Associada**

Cabe esclarecer que eventuais falhas poderão acontecer nos próximos 10 anos de operação, mas as condições atuais de baixa utilização nos últimos 20 anos e em valores abaixo da sua potência nominal, com unidades reservas suficientes, deverão proporcionar uma condição operativa favorável.

VI. A avaliação não avançou no levantamento orçamentário proposto pela Enel CIEN, já que essa avaliação não foi solicitada, bem como iria requerer uma especificação técnica mais detalhada, não elaborada até o presente momento.

Além disso, os valores de custos apresentados não estão consistentes e deverão ser revisados, a partir da elaboração de especificação técnica. Dentre esses valores, todos em reais, há custos indicados que sofreram correção da variação cambial, com relação à primeira avaliação apresentada pela Enel CIEN no ano

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

passado, e outros sem correção. Segundo a Enel CIEN, vários dos custos foram estimados em reais diretamente com base na experiência prévia com a ABB.

VII. Muito do que foi apresentado pela Transmissora nasceu de conversas com a ABB, culminando com a visita de especialistas desta empresa nas instalações de Garabi e de visita da Enel CIEN à ABB – Suécia, passando por conversas com empresa que passou recentemente por processo de modernização das suas instalações na Dinamarca.

VIII. Ainda segundo a Enel CIEN, para que se possa fazer uma licitação há necessidade de que se faça previamente uma especificação técnica que ainda não foi elaborada e será necessário um prazo mínimo de 90 a 120 dias, com pelo menos duas pessoas trabalhando de forma integral, sendo uma delas um engenheiro de manutenção do seu quadro próprio. Sugeriram a contratação para compor a equipe ou mesmo execução deste trabalho por consultor externo.

IX. Com base nas informações disponíveis indicadas neste documento, a Tabela 1 anexa, reproduzida do material encaminhado pela Enel CIEN em [d], apresenta a seguinte caracterização na coluna “Avaliação ONS-EPE”.

- ✓ **Positiva**: entende-se que o sistema/equipamento **cumpre com as evidências** necessárias para a indicação de modernização para a continuação da operação por mais 10 anos.

- ✓ **Negativa**: entende-se que o sistema/equipamento **não cumpre com as evidências** necessárias para a indicação de modernização para a continuação da operação por mais 10 anos. Caberá à Transmissora apresentar um laudo de estimativa de vida útil e reservas pertinentes, levando em consideração a operação intermitente e abaixo da potência nominal dessas conversoras, a fim de futura indicação de modernização.

7 Referências

[a] Ofício-Circular nº 3/2021/DPE/SPE-MME, de 22.04.2021.

[b] Carta Enel CIEN 007-2021-RB, de 14.04.2021.

[c] Reuniões entre Enel CIEN, ONS e EPE, realizadas nos dias 11 e 13.05.2021, de esclarecimentos. Inicialmente foi feita reunião preliminar em 08.12.2020.

[d] E-mail da Enel CIEN de 20.05.2021 (tabela de investimentos revisada).

[e] E-mail da NR Electric CO., LTD de 27.05.2021.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

8 Equipe

ONS

Adriano de Andrade Barbosa
Antônio Ricardo de Mattos Tenório
Hélio Pessoa de Oliveira Junior
Márcio Nunes Accioly Lins

EPE

Daniel José Tavares de Souza
Dourival de Souza Carvalho Junior

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

F.T	PROJETO / EQUIPAMENTO	INSTALADO	SOBRESSALENTE	PREVISÃO	OBSERVAÇÃO	AVALIAÇÃO ONS-EPE
Equipamentos CC / Estação Conversora	HV Link	72	0	24	Não há mais peças de reposição tanto da coluna ótica quanto da DOCT.	**Positiva**
	UP Grade P&C Garabi	MACH 1 e MACH 2	Placas Críticas sem reposição	Revitalização Completa	Revitalização de todo o sistema de proteção, controle e medição da Conversora devido à obsolescência dos equipamentos, falta de peças de reposição e aumento de taxa de falhas.	**Positiva**
	UP Grade Teleproteção FOX	Sistema Completo	Algumas placas sobressalentes	Revitalização Completa – Pacote de Proteção e Controle	Revitalização do sistema de teleproteção FOX que coordena a troca de informações entre as subestações e a Conversora e que permite o desligamento coordenado dos terminais na ocorrência de faltas nas Linhas	**Positiva**

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

					de Transmissão. Existe obsolescência nas peças de reposição do sistema atual.	
	Serviços Auxiliares	Sistema Completo	Alguns poucos equipamentos	Revitalização Completa – Pacote de Proteção e Controle	Falta de peças de reposição e obsolescência dos equipamentos que alimentam o sistema de proteção e controle (AC e DC).	**Negativa**
	Disjuntores dos Filtros	28	2	6	Obsolescência dos equipamentos. Está sendo previsto o fornecimento de 6 fases do projeto como um todo. Os equipamentos que forem substituídos permanecerão como peças de reposição para os demais.	**Negativa**

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

	Sistema de Comunicação	Sistema Completo	Alguns poucos equipamentos	Revitalização Completa – Pacote de Proteção e Controle	Serão revitalizados permitindo as configurações, ajustes e necessidades do sistema de proteção e controle atualizado.	**Negativa**
	Sistema de Válvulas Tiristoras	48 contêineres	Alguns poucos equipamentos	24 contêineres	Previsto a substituição em Garabi 1 por estar completando os 30 anos de operação. (Todo conjunto de tiristores, unidades de disparo, reatores de amortecimento, buchas de conexão, para-raios...). Há obsolescência e dificuldade de obtenção de peças de reposição mediante falhas.	**Negativa**

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

	UP Grade do Sistema Vesda	Sistema Completo	Alguns poucos equipamentos	Revitalização Completa	Falta de peças de reposição e obsolescência dos equipamentos responsáveis pelo sistema anti-incêndio das válvulas tiristoras.	**Negativa**
	Transformadores de Corrente dos Filtros de Harmônicos	32	4	6	Considerada a compra como reserva técnica.	**Negativa**
	Disjuntores Compactos (TC + CS + DJ)	72	Nenhum	24	Equipamentos estarão completando 25 anos de operação dentro do período estendido. Considerada a compra para substituição no final do período considerado	**Negativa**
	Bancos de Capacitores dos Filtros	2184	132 células – completo com 468 latas	2184	Considerado a substituição de todos os bancos.	**Negativa**
	Equipamentos do Pátio CC	Sistema Completo	Alguns poucos equipamentos	Revitalização Parcial	Considerados valores para equipamentos de médio porte do pátio CC como bobinas de alisamento,	**Negativa**

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

					banco de varistores dentre outros como peças de reposição	
	Transformadores Conversores	24	2	9	Considerada a compra como reserva técnica.	**Negativa**
	Sistema de Resfriamento das Válvulas (Cooling)	180	16	45	Considerada a reposição do sistema para um polo completo.	**Negativa**
SE Garabi e Demais Subestações	Reatores de Potência	14 (GB e YTA)	3	8	Mesmo que sob condição, deve ser considerada pelo menos a compra de 4 equipamentos em Itá e mais 4 equipamentos em Garabi	**Negativa**
	Transformadores de Corrente	24	5	6	Considerada a compra como reserva técnica. Considerados equipamentos instalados na Conversora e também nas demais subestações.	**Negativa**
	Disjuntores isolados a SF6	81	Algumas peças de reposição (molas, resistor)	40	Considerada a compra como reserva técnica. Considerados equipamentos instalados na	**Negativa**

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

					Conversora e também nas demais subestações.	
	Para Raios	72	18	15	Considerada a compra como reserva técnica. Considerados equipamentos instalados na Conversora e também nas demais subestações.	**Negativa**
	UP Grade dos Geradores Diesel	4	0	4	Revitaliação do sistema de alimentação backup baseado em geradores diesel existente na Conversora de Garabi e nas Subestações.	**Negativa**
SE STO	Substituição TC Santo Ângelo	12	Nenhum	12	Realizar a substituição que apresentaram problemas com explosões e sinistros no Brasil nos últimos anos. Atendimento de recomendação e Ofício Circular n. 10/2019 - SFE/ANEEL.	**Negativa**

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

SE YTA	Retrofit Proteção Itá	Sistema Completo	Alguns poucos equipamentos	Revitalização Completa	Realizar o retrofit dos sistemas de proteção e controle da Subestação de Itá pois os equipamentos que atualmente estão em operação, encontram-se descontinuados, ou seja, obsoletos.	**Negativa**

Tabela 1: Avaliação ONS/EPE

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.

Este documento foi assinado digitalmente por Alexandre Nunes Zucarato.
Para verificar as assinaturas vá ao site https://portalassinaturas.ons.org.br e utilize o código 2E5C-FEE7-D775-F221.