

## GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC

### CONSTRUINDO A SUBESTAÇÃO *FULL DIGITAL* - APLICAÇÃO DA NORMA IEC 61850

PABLO HUMERES FLORES (1); JOÃO GABRIEL FADEL DA COSTA (2); MATEUS ALEXANDRINO (3)  
CGT ELETROSUL

#### RESUMO

O trabalho apresenta a estratégia de implementação de Subestações *Full Digital* na CGT Eletrosul. A empresa formalizou um Grupo de Trabalho para definir um *Roadmap*, levando em consideração a avaliação das tecnologias envolvidas na implantação de uma subestação digital, a implementação de projetos piloto através de parcerias para avaliar soluções, tecnologias e a maturidade dos produtos disponíveis, o planejamento e a proposição de estratégias de implantação, a definição dos requisitos funcionais, a avaliação dos impactos nos processos da empresa, a recomendação de um plano de qualificação das equipes, e o acompanhamento e avaliação das normas e dos procedimentos definidos pelos órgãos reguladores.

#### PALAVRAS-CHAVE

Proteção, Automação, IEC 61850, Barramento de Processo, Subestação *Full Digital*

#### 1.0 INTRODUÇÃO

A norma IEC 61850 revolucionou a maneira como implementamos os sistemas de proteção, automação e controle de uma instalação. A configuração do sistema baseada num modelo de dados e em protocolos de comunicação muda radicalmente a infraestrutura: de cabos elétricos para rede *Ethernet*. Isto impacta nos equipamentos primários, na infraestrutura civil, no tempo de implantação e na forma de projetar, manter e operar o sistema. A aplicação destas tecnologias já vem acontecendo em diversas empresas do Brasil e do mundo. No momento atual, a regulação do setor se prepara para este cenário, com revisões nos procedimentos de rede e em aspectos regulatórios.

As mudanças trazidas pela norma impactam a base de conhecimento das equipes, a organização e os processos das empresas. Temos o impacto da convergência tecnológica entre a tecnologia da informação (TI) e a tecnologia de operação (TO). Por isso, não basta a tecnologia estar disponível – as empresas precisam de uma estratégia para que a implantação seja feita de maneira segura e se apoderando das vantagens da subestação *Full Digital*. Na CGT Eletrosul, desde 2004, soluções baseadas na norma IEC 61850 passaram a ser adotadas na sala de controle (*Station Level*). O segundo passo - a implementação da norma no pátio da subestação (*Process Level*) - tem um impacto muito maior, pois implica que os sinais de tensão, corrente, estados e comandos, até então elétricos, passam a ser adquiridos por comunicação (rede *Ethernet*). Teremos dispositivos eletrônicos no pátio, instrumentos de medição baseados em conversão óptica e uma infraestrutura muito mais simples em termos de cabeamento.

O presente trabalho visa apresentar a estratégia de implementação de Subestações *Full Digital* na CGT Eletrosul, que formalizou um Grupo de Trabalho para definir um *Roadmap*, levando em consideração:

- Avaliação das tecnologias envolvidas na implantação de uma subestação digital;
- Projeto piloto, em parceria, para avaliar soluções, tecnologias e maturidade dos produtos disponíveis;
- Proposição de estratégias para aplicar tecnologias digitais nas subestações;
- Recomendação e definição dos requisitos funcionais para implementação de subestações digitais;
- Avaliação dos impactos nos processos de projeto, manutenção e operação na empresa;
- Recomendação de um plano de qualificação para as equipes envolvidas com subestações digitais;
- Acompanhamento e avaliação das normas e dos procedimentos definidos pelos órgãos reguladores.

O trabalho apresenta o planejamento desse projeto de transformação, que foi dividido nos seguintes eixos de atuação: Definição das Tecnologias Disponíveis; Requisitos Funcionais; Impactos nos Processos; Avaliação de Riscos; Avaliação de Custo; Estratégias de Implantação; Validação das Soluções; Projetos Piloto e Plano de Qualificação dos Recursos Humanos.

## 2.0 PLANEJAMENTO DO PROJETO

O projeto foi estruturado considerando-se a complexidade de coordenar uma equipe formada por profissionais de diferentes áreas da empresa (projeto, engenharia de operação e engenharia de manutenção - cada qual contribuindo com as suas especialidades). Essas áreas são geridas por gerentes distintos e são subdivididas em divisões e setores, nos quais estão distribuídos os membros da equipe. Sendo assim, ocorre uma natural disputa na alocação dos recursos entre as atividades das áreas da empresa - muitas vezes consideradas como prioritárias - e as atividades do projeto em questão. Por isso, definiu-se claramente o escopo (o que seria entregue) e as atividades que seriam de responsabilidade de cada membro da equipe. Acordou-se, com as gerências, o tempo de dedicação mínimo semanal às atividades do projeto. Essas e as demais partes interessadas que poderiam afetar ou serem afetadas pelo projeto foram identificadas e avaliadas em relação ao seu poder e influência no projeto. Os principais riscos foram identificados e analisados em relação à probabilidade e impacto.

A Figura 01 apresenta, através de um PM CANVAS, o pré-projeto, com a definição dos produtos, requisitos, entregas e recursos, dentre outros.

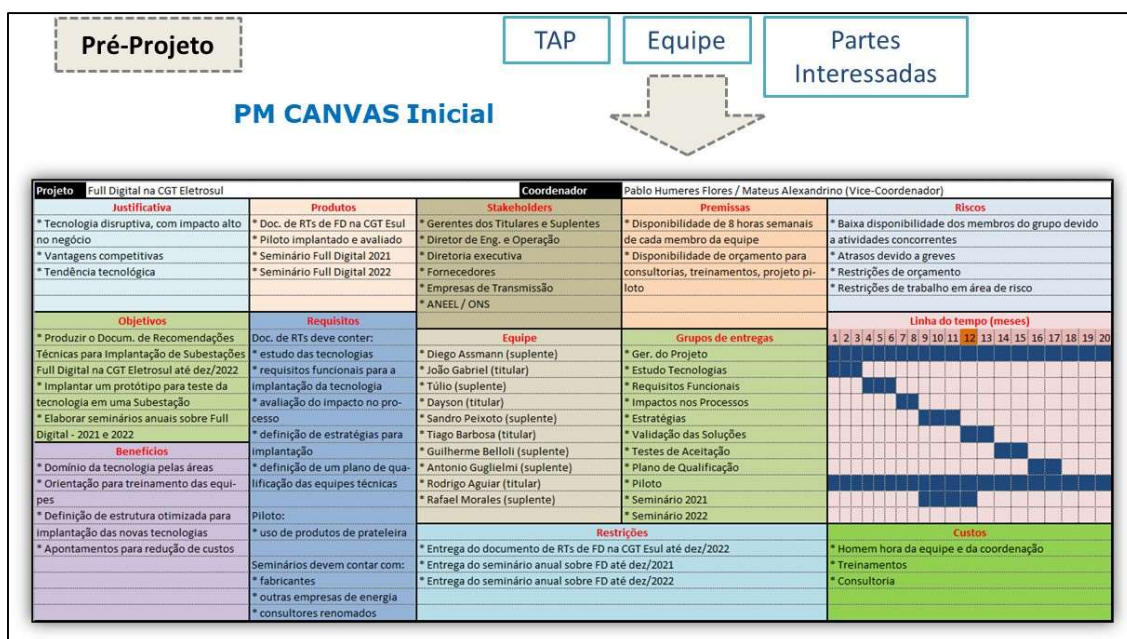


Figura 01 – Planejamento do projeto

As entregas do projeto foram decompostas em grupos de planejamento e em pacotes de trabalho (nível mais baixo da Estrutura Analítica do Projeto - EAP). Os pacotes de trabalho foram então decompostos nas atividades, que foram sequenciadas e então estimadas em relação à sua duração (em homem-hora), dando origem ao cronograma do projeto. A Figura 02 apresenta o fluxo de planejamento aqui descrito; a Figura 03 apresenta os marcos do projeto.

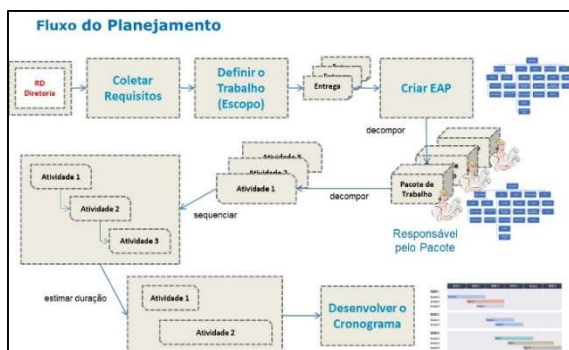


Figura 02 – Fluxo de planejamento do projeto

Marcos	Data
Kickoff do Projeto	24/03/2021
Documento: Aspectos Tecnológicos	14/06/2021
Documento: Avaliação dos Riscos	25/06/2021
Documento: Estratégias de Implantação	30/11/2021
Conclusão Seminário 2021	16/12/2021
Piloto PAC em Operação	04/02/2022
Documento: Impactos nos Processos	25/02/2022
Documento: Requisitos Técnicos	15/03/2022
Piloto LPIT em Operação	25/03/2022
Documento: Avaliação de Custos	11/04/2022
Conclusão Piloto	09/05/2022
Documento: Compilação final	12/05/2022
Conclusão Seminário 2022	27/05/2022
Fim do Projeto	31/05/2022

Figura 03 – Marcos do Projeto

A aplicação de Gerenciamento de Projetos permitiu um melhor entendimento dos objetivos, dos benefícios e dos produtos, proporcionando também uma melhor previsibilidade em relação às datas das entregas. Análises de riscos

do projeto apontaram para a ameaça da não priorização das atividades do projeto nas diferentes áreas da empresa, assim como possíveis atrasos na implantação do projeto piloto do LPIT – *Low Power Instrument Transformer*, pelo fato de se tratar de um parceiro internacional e implicar em serviços no pátio da subestação.

### 3.0 ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA SUBESTAÇÃO DIGITAL

Os aspectos tecnológicos consistem na terminologia, nas referências técnicas (normas, livros e artigos) e nas tecnologias consideradas numa subestação digital, o que inclui:

- *Process Level* - rede *Ethernet* e sincronismo de tempo;
- Dispositivos de Pátio - sinais analógicos/digitais, produtos, viabilidade, tecnologias e projetos reais;
- Sistema de Proteção, Automação e Controle (PAC) - premissas, dispositivos, projeto e requisitos técnicos;
- LPIT (*Low Power Instrument Transformers*) - TC e TP Óptico, produtos;
- Gestão de Ativos - transformadores, disjuntores, chaves seccionadoras, banco de capacitores, para-raios, gerador diesel, tratamento de óleo e sistema PAC.

A pesquisa realizada mostrou que existe uma sólida base teórica (norma IEC 61850) e ampla literatura de referência, compreendendo aspectos técnicos e experiências práticas. Avaliou-se a maturidade atual da tecnologia de Barramento de Processo para sua aplicação nas instalações, assim como o seu impacto nos projetos, nas obras e nas rotinas de manutenção e de operação. O trabalho envolveu o estudo aprofundado dos dispositivos de comunicação disponíveis no mercado, verificando-se a existência de soluções que atendem plenamente aos requisitos da aplicação com uso de PRP (*Parallel Redundancy Protocol*), HSR (*High-availability Seamless Redundancy*) e RSTP (*Rapid Spanning Tree Protocol*). As possíveis arquiteturas de comunicação foram avaliadas.

Foram verificados os dispositivos disponíveis no mercado para aquisição dos sinais no pátio (SAMU - *Stand Alone Merging Unit*, RIO – *Remote Input Output* e PIU - *Process Interface Unit*) - GOOSE e *Sampled Value*. Também foram avaliados dispositivos de sala de controle, o sistema PAC (IED – *Intelligent Electronic Devices*) e a infraestrutura (Switches, GNSS - *Global Navigation Satellite System* e RDP - Registrador Digital de Perturbações), incluindo a solução para o Sincronismo de Tempo – PTP (*Precision Time Protocol – IEEE 1588*). Constata-se, em relação ao sistema PAC, que o uso de Barramento de Processo permitirá painéis mais simples, definição mais rápida da fiação elétrica, menor tempo de substituição, facilidades para o *retrofit* e maior potencial para o trabalho remoto.

Foram também avaliados os sistemas de suporte, que compreendem a segurança cibernética, o monitoramento dos sinais e as infraestruturas primária e secundária, assim como malas de teste IEC 61850. A aplicação da tecnologia permitirá uma melhor gestão dos ativos (equipamentos primários, dispositivos no pátio e da sala de controle) contribuindo para uma maior confiabilidade e uma gestão mais eficiente da manutenção. Foram levantadas as implementações reais de *Process Bus* em operação no Brasil e no mundo. Também foi avaliada a tecnologia de LPIT (TC e TP). Esse tipo de instrumento tem grande potencial de aplicação, apresenta diversas vantagens e será, sem dúvida, parte da solução em subestações *Full Digital*. No entanto, ainda é uma tecnologia em fase de amadurecimento e que precisa de uma melhor definição por parte dos órgãos de regulação.

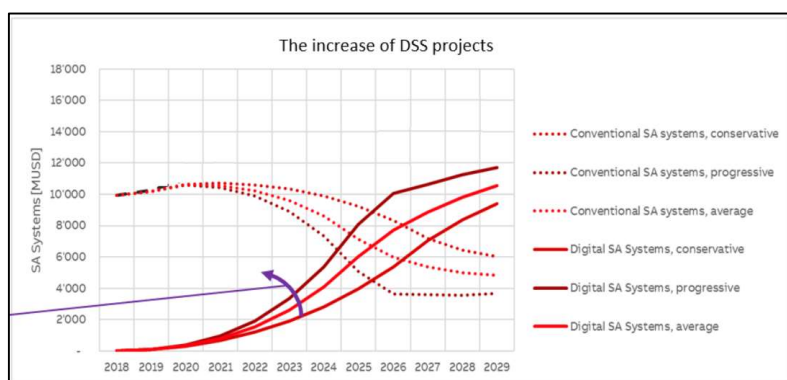


Figura 05 – Evolução de implantação de subestações digitais [Fonte ABB Suíça]

A evolução da implementação de subestações digitais no mundo pode ser verificada na Figura 05. Nela, fica clara a tendência desta tecnologia se tornar a solução padrão até 2025. Sendo assim, as ações de preparação para esta mudança devem acontecer imediatamente, de forma que as empresas possam se apoderar das vantagens tecnológicas e agregar valor aos seus processos.

### 4.0 ESTRATÉGIAS DE IMPLANTAÇÃO

As etapas de implantação podem ser definidas em três ciclos principais:

**Ciclo 01** - Implantação do barramento de estação (*Station Bus*), que significa a aplicação da norma IEC 61850 na sala de controle, com aplicação de dispositivos inteligentes (IEDs): Relés de proteção, Unidades de Controle e SCADA (IHM - Interface Humano Máquina) conectados à rede *Ethernet*, aplicando-se uma modelagem das funcionalidades da subestação. Os protocolos de comunicação MMS - *Manufacturing Message Specification* (vertical) e GOOSE - *Generic Object Oriented Substation Event* (horizontal) fazem parte desta etapa;

**Ciclo 02** – Implantação do barramento de processo (*Process Bus*), com o uso de dispositivos inteligentes no pátio da subestação: SAMU, RIO, PIU. A rede *Ethernet* substitui os cabos elétricos, até então responsáveis pelo envio dos sinais de medição, estados e comandos. Os sinais, agora digitalizados, são enviados pela rede através de protocolo de comunicação (GOOSE para estados e comandos e *Sampled Values* para as medições), chegando até os dispositivos na sala de controle;

**Ciclo 03** – Implantação da digitalização dos equipamentos primários: Transformadores de Instrumentos de Baixa Potência (LPIT) - ou seja, TC e TP ópticos - e dispositivos inteligentes instalados nos armários dos equipamentos de pátio (transformadores, reatores, disjuntores, banco de capacitores e chaves seccionadoras), entregando sinais digitais de estados e medidas no barramento de processo.

Para cada ciclo, é necessário um conjunto de tecnologias e soluções. Isto significa que, além das definições da norma IEC 61850 a respeito das funcionalidades, é preciso que existam soluções de mercado (produtos e sistemas) que funcionem adequadamente. Neste sentido, para o Ciclo 01, já existem soluções aplicadas no Brasil e no mundo há mais de 15 anos em operação e, portanto, bastante consolidadas. Para o Ciclo 02, já existem diversas soluções e produtos, além de implementações em subestações em operação ou pilotos, no Brasil e no mundo, mas pouco tempo de experiência. Para o Ciclo 03, há produtos e soluções em desenvolvimento que mostram grande potencial de aplicabilidade. Especialmente no caso do LPIT, além de proporcionarem maior segurança elétrica nas instalações, trazem benefícios significativos para os sistemas de proteção e controle.

Quando consideramos a aplicabilidade destes ciclos, é importante considerarmos as seguintes premissas:

- Existirem produtos disponíveis, e não apenas protótipos dos dispositivos e sistemas;
- Existirem condições regulatórias que permitam a aplicação da tecnologia e que definam claramente as condições de aplicabilidade, ciclo de vida, restrições e aspectos econômicos;
- A evolução tecnológica deve contribuir para melhorar as soluções atuais, o que significa ter uma estratégia para apropriar-se das suas vantagens, e não adicionar novos problemas às fases de implantação e operação.

Para o bom desenvolvimento e domínio das novas tecnologias pelas empresas, é de fundamental importância a capacitação das equipes. Projetos piloto também são necessários, porque avaliam o desempenho dos produtos e sistemas do mercado, assim como suas vantagens ou limitações, contribuindo também para o conhecimento e qualificação das equipes. Com o a experiência adquirida em projetos piloto, torna-se viável aplicar a tecnologia em um primeiro projeto real, pioneiro, onde se dará o aprendizado dos processos de projeto, operação e manutenção. Desta forma, serão definidos padrões de projeto, processos e procedimentos que permitirão o ganho de escala e a apropriação das vantagens tecnológicas.

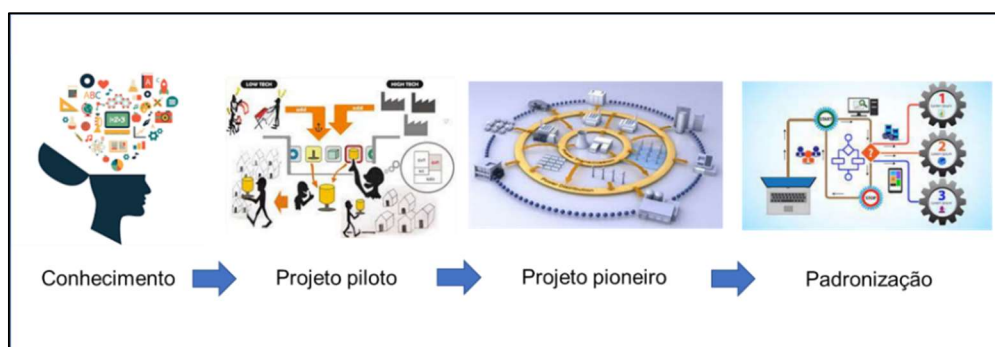


Figura 06 – Fluxo de Implantação

A estratégia de desenvolvimento tecnológico nas empresas deve seguir o fluxo de implantação apresentado na Figura 06. Obviamente que, a partir da fase de Padronização, estabelecemos um processo de melhoria contínua dos processos, alimentado pelas experiências das equipes, cujo conhecimento evolui ao longo do tempo.

## 5.0 PLANO DE QUALIFICAÇÃO

O domínio das equipes de projeto, manutenção e operação sobre a tecnologia é fundamental para a mitigação dos riscos associados à implementação de subestações digitais. No histórico da digitalização de subestações, este sempre foi um desafio. A construção do domínio tecnológico passa especialmente pelos seguintes pilares:

- Formação técnica adequada: nível de curso técnico, engenharia e/ou pós-graduação, de acordo com as atividades desempenhadas pelo profissional;
- Treinamento formal: conhecimentos teóricos das tecnologias envolvidas - modelo de dados, redes *Ethernet*, norma IEC 61850 e protocolos de comunicação;
- Treinamento em produtos e sistemas: softwares de configuração de IEDs, dispositivos de rede, sistemas de supervisão, sistemas de monitoramento e ferramentas de diagnóstico.

A favor da construção deste conhecimento, temos os numerosos treinamentos realizados na própria empresa no processo de implementação do barramento de estação ao longo dos últimos quinze anos, além das experiências obtidas no projeto, operação e manutenção destas instalações. Soma-se a isso a participação ativa do corpo técnico em seminários e grupos de discussão relacionados à Subestação Digital, especialmente no CIGRÉ. Para avançar na implantação do barramento de processo, serão necessárias ações mais robustas que acelerem o processo de qualificação das equipes, permitindo a implementação da tecnologia de forma mais madura. Nesse sentido, serão importantes:

- Treinamento formal e continuado, de acordo com cada especialidade e área de responsabilidade;
- Criação de uma infraestrutura permanente para testes e aprendizado: Laboratório de Subestação Digital, com IEDs, dispositivos de rede, mala de teste e ferramentas de software;
- Aquisição das ferramentas de software necessárias às equipes de projeto, manutenção e operação.

Criou-se um método para a definição de um plano de qualificação, considerando-se os diferentes perfis profissionais afetados pela adoção da nova tecnologia. O escopo do método são as equipes de engenharia de aplicação, engenharia de manutenção, engenharia de operação e as equipes executivas de campo (manutenção e operação). O método consiste nos seguintes passos:

1. Avaliação das disciplinas envolvidas em Subestações Digitais;
2. Avaliação das possíveis formas de treinamento dessas disciplinas;
3. Avaliação das aptidões e perfis dos colaboradores de cada setor;
4. Avaliação da capacidade técnica esperada de cada setor;
5. Autoavaliação de capacidade técnica dos colaboradores dos setores;
6. Identificação das necessidades de capacitação de cada setor;
7. Definição do plano de qualificação para cada setor.

As disciplinas básicas incluem: normas (especialmente conceitos da IEC 61850 e dos arquivos de configuração); redes de computadores (abordando conceitos sobre rede *Ethernet*, arquiteturas de rede e equipamentos de comunicação); protocolos de comunicação; analisador de tráfegos e sinais; sincronismo de tempo; aquisição de sinais no pátio e na sala de controle; malas de teste IEC 61850; conceitos de segurança de rede (*Cybersecurity*); e TP e TC ópticos (LPIT). Definiu-se que os treinamentos seriam formais e *on job* (cursos e workshops para troca de conhecimentos).

Criou-se uma escala de 1 a 5 para definir o nível de conhecimento desejável para as equipes (onde 1 indica baixa necessidade de conhecimento, enquanto 5, alta necessidade), considerando as atividades sob sua responsabilidade. Ao mesmo tempo, foi aplicado um questionário de autoavaliação acerca de conhecimentos, a ser respondido pelas equipes, utilizando a mesma escala (1 a 5).

Foi definido então o "Foco", que indica a necessidade de qualificação da equipe em um determinado conhecimento e que pode ser Alto, Médio ou Baixo. A Tabela 01 apresenta o tipo de qualificação associada a cada Foco. A Tabela 02 determina qual o foco de qualificação a ser empregado, a partir do "Nível de Conhecimento Desejável" e da "Razão" (entre "Nível de Conhecimento Autoavaliado" e o "Nível de Conhecimento Desejável").

Tabela 01 - Foco *versus* Tipo de Qualificação

Tabela 02 – Determinação do Foco de Qualificação



Foco	Tipo de Qualificação
Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>treinamento intensivo sobre o tema</li> <li>necessário teoria e prática</li> </ul>
Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>treinamento de intensidade moderada sobre o tema</li> <li>necessário somente teoria</li> </ul>
Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>sem necessidade de treinamento sobre o tema</li> </ul>

Nível Desejável	Razão (Autoavaliado / Desejável)	Foco
4 ou 5	menor ou igual a 0,5	Alto
	entre 0,5 e 0,75	Médio
	igual ou maior que 0,75	Baixo
3	menor ou igual a 0,5	Médio
	maior que 0,5	Baixo
1 ou 2	qualquer	Baixo

A Tabela 03 exibe o resultado da autoavaliação realizada pelos colaboradores, assim como o valor desejado para cada conhecimento. Ela evidencia as diferenças entre o nível atual (autoavaliado) e o nível desejado de competência, servindo de ponto de partida para a elaboração de um plano de qualificação adequado para cada equipe.

Tabela 03 – Relação de autoavaliação e o valor desejado de domínio

	Conhecimento	SETOR A		SETOR B		SETOR C		SETOR D	
		Auto-avaliado	Desejável	Auto-avaliado	Desejável	Auto-avaliado	Desejável	Auto-avaliado	Desejável
NORMA	Conhecimento geral sobre a Norma IEC 61850	2,7	4	2,8	4	2,0	4	1,5	4
	Linguagem SCL (Substation Configuration Language), descrita na norma IEC 61850	1,9	4	2,0	4	1,0	2	1,0	2
EQUIP. PÁLIO	Low Power Instrument Transformer (TP e TC ópticos)	1,9	2	2,1	2	2,0	2	2,5	5
	Dispositivos de aquisição (SAMU, MU, RIO ou I/O Box, PIU, PMU)	1,6	3	2,4	5	1,0	5	1,5	5
REDES	Rede Ethernet: MAC, ARP, Switch, VLAN, IP, Máscara, Roteador, Firewall, Topologias (Arquiteturas de Rede)	4,3	5	3,3	3	3,0	3	3,0	2
	Protocolos de rede estrela e anel: RSTP, PRP, HSR	3,0	5	2,6	3	1,0	3	1,0	2
	Analisadores de tráfego de rede (Sniffers)	3,3	5	2,5	4	1,0	3	1,5	2
	Segurança de rede (Políticas, Procedimentos, Ferramentas)	3,1	5	2,4	4	1,0	2	1,5	4
PROTOCOLO	Protocolo de comunicação para Station Bus: MMS (IEC 61850)	2,4	5	2,9	4	1,0	4	1,0	3
	Protocolos de comunicação para Process Bus: GOOSE e Sampled Values (IEC 61850)	2,1	4	3,0	5	3,0	4	1,0	4
	Protocolo para monitoramento de ativos: SNMP	3,0	5	2,4	5	1,0	2	1,0	5
	Protocolos de sincronismo de tempo: NTP e PTP	3,0	5	3,0	5	2,0	4	1,3	4
FERRAMENTAS FABRICANTE	Ferramentas dos fabricantes para configuração de IEDs IEC 61850 (Datasets, Report Control Block, GOOSE Control Block, Publisher e Subscriber)	1,7	3	3,3	5	1,0	4	1,3	4
	Ferramentas para gerenciamento de SSD e SCD	1,9	5	2,3	5	1,0	4	1,0	4
SIMULAÇÃO E TESTE	Softwares simuladores de dispositivos IEC 61850	1,5	5	1,9	5	2,0	4	1,0	4
	Malas de teste para geração de GOOSE e Sampled Values	1,4	3	1,5	5	3,0	4	1,0	4
	Execução de testes em subestações IEC 61850 utilizando Modo Teste	1,4	3	1,8	5	3,0	4	1,0	3
MONITORAMENTO	Monitoramento de IEDs IEC 61850 via protocolo MMS (ex: IEC Browser)	1,7	5	2,6	4	1,0	4	1,0	4
	Monitoramento de dispositivos (IEDs, Servidores, Switches, etc.) via protocolo SNMP (ex: IReasoning)	2,7	5	2,1	5	1,0	2	1,0	5

## 6.0 AVALIAÇÃO DOS RISCOS

A avaliação de riscos é um aspecto muito importante na aplicação de tecnologias disruptivas. A tecnologia não é um fim, mas um meio de melhorar soluções e processos. O desafio da evolução tecnológica coloca algumas questões importantes na gestão de sua implementação:

- Projeto precisa ter conhecimento das novas tecnologias e de sua aplicabilidade para gerar especificações técnicas que garantam a correta aplicação e atendimento aos requisitos operacionais e de manutenção;
- Projeto deve considerar não apenas a implementação, mas todo o ciclo de vida da instalação;

- Equipes de manutenção devem ter domínio sobre as tecnologias aplicadas, para que possam realizar as manutenções preventivas e corretivas com segurança e eficiência;
- Equipes de operação devem ter o conhecimento necessário para que possam tomar decisões de tempo real, analisar intervenções e realizar avaliações pós-operação;
- Gestão de ativos deve garantir a remuneração dos ativos e a gestão adequada do seu ciclo de vida.

Cada tecnologia foi avaliada em relação à sua maturidade, condição de aplicabilidade e grau de risco. A gestão tecnológica implica em aplicar as novas tecnologias de uma forma que permita extrair as suas vantagens, no momento mais adequado – mitigando riscos. A Tabela 04 lista a aplicabilidade das tecnologias e as respectivas ações de mitigação dos riscos associados a elas:

Tabela 04 – Avaliação de Risco tecnologias

Tecnologia	Horizonte de Aplicabilidade	Mitigação do Risco
Process Bus – Rede Ethernet no pátio	Imediata	- Especificação Técnica correta
Aplicação de Modelo de Dados – SCL	Imediata	- Padronização das funcionalidades
Ferramentas de Configuração Projeto	Imediata	- Aquisição softwares necessários para projeto - Treinamento equipe de projeto
Ferramentas de Manutenção	Imediata	- Definição na especificação técnica das ferramentas de manutenção necessárias - Malas de teste com recursos para teste - Qualificação das equipes de manutenção e operação
TC e TP ótico – LPIT Low Power Instrument Transformers	8 anos	- Aplicação de projeto piloto - Qualificação das equipes de projeto e manutenção
Digitalização dos Equipamentos Primários (IEDs no painel de pátio)	5 anos	- Definição de requisitos de projeto - Planejamento e negociação com fornecedores

Foi criada uma matriz de riscos contemplando os itens Gestão Tecnológica, Domínio Tecnológico, Cenários Operativos, Aspectos Regulatórios, Segurança Cibernética e Sincronismo de Tempo. Identificaram-se as ameaças relacionadas a cada item, assim como a probabilidade de ocorrerem e os seus respectivos impactos (para o projeto, a qualidade e o cronograma de implantação). O produto entre probabilidade e impacto definiu um ranking de ameaças. Foram definidas as respostas aos riscos, que implementam uma estratégia (ação) para lidar com a ameaça, definindo-se um responsável. Das 38 ações levantadas, podemos destacar aquelas que endereçam as ameaças do topo do ranking:

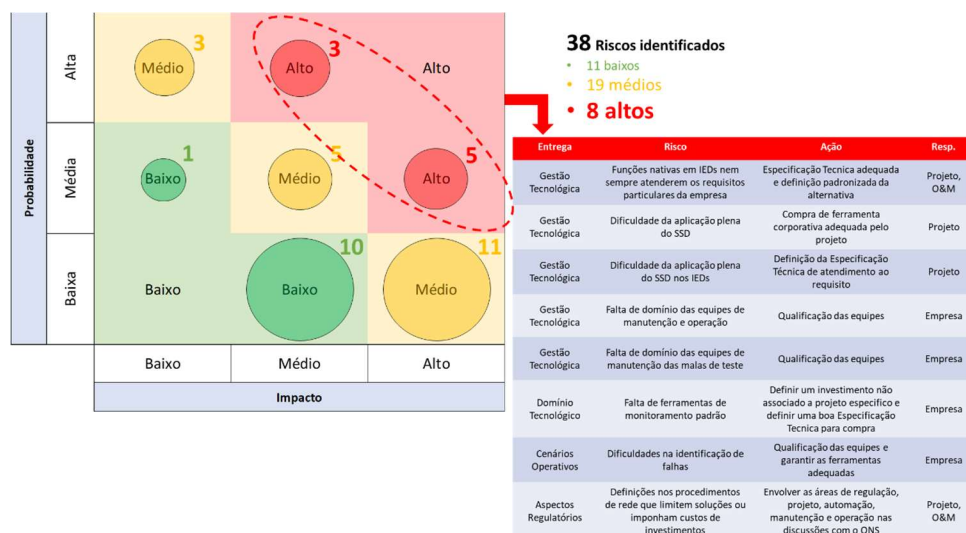


Figura 07 – Principais riscos na implantação de Subestação Digital

Existem, portanto, oito riscos altos que envolvem, especialmente, a qualificação das equipes – relacionados ao domínio tecnológico e à disponibilidade de ferramentas adequadas ao projeto e à manutenção dos sistemas. A análise aponta para a necessidade de investimento da empresa neste sentido, fazendo o planejamento e a execução de um programa de treinamento e de compra das ferramentas. São ações viáveis e necessárias para a implementação de subestações digitais.

## 7.0 REQUISITOS TÉCNICOS

A definição dos requisitos técnicos de uma subestação digital vem sendo construída, na empresa, nos últimos anos. O trabalho em andamento pretende consolidar as discussões técnicas e os documentos existentes, que aproveitaram a experiência da implantação de um projeto piloto de barramento de processo aplicado em 2013 na Subestação Palhoça em um vão de 138 kV.

O trabalho produzido pelo Grupo define os seguintes requisitos técnicos:

- **Redes Ethernet:** requisitos de rede que devem ser atendidos pelos equipamentos (individualmente) assim como pela solução como um todo (arquitetura integrada);
- **Sincronismo de tempo:** requisitos básicos para os sistemas de sincronismo de tempo adotados no barramento de processo e no barramento de estação;
- **Ferramentas de Configuração:** recursos necessários em softwares de configuração de dispositivos PAC e de dispositivos de rede. Isto inclui softwares de configuração do projeto IEC61850;
- **Ferramentas de Teste:** recursos (dispositivos e softwares) necessários para teste e diagnóstico aplicados ao sistema PAC, incluindo as redes de comunicação;
- **Arquivos de Configuração:** definição dos tipos de arquivo aceitáveis (ex: SCD, SSD, ICD, CID, IID) e o conteúdo que eles devem conter, além da forma de gestão desses arquivos pelas equipes de engenharia e de manutenção. A formalização de um conjunto de regras para preparação e utilização dos arquivos SCL, para documentar fielmente as soluções instaladas, integrando dados de múltiplos fabricantes, se necessário;
- **LPIT:** definição dos tipos, formatos e conteúdo dos documentos necessários para fabricação dos LPIT, assim como testes de aceitação em campo (TAC);
- **Projeto Fabril:** definição dos tipos, formatos e conteúdo dos documentos necessários para os projetos do sistema PAC relacionados ao projeto fabril dos painéis de proteção e controle;
- **Projeto Executivo:** definição dos tipos, formatos e conteúdo dos documentos necessários para a realização dos projetos executivos (elétricos) do SPSC;
- **Requisitos dos Sistemas de Suporte:** definição dos requisitos do sistema de gestão de ativos e da infraestrutura de suporte remoto.

Estes documentos serão a referência técnica para futuros projetos de subestações digitais.

## 8.0 IMPACTO NOS PROCESSOS

Como já destacado anteriormente, a aplicação das subestações digitais impactam na organização, domínio e rotina das equipes. Este impacto nos processos deve ser considerado e gerenciado, adequando-se a empresa a esta nova realidade. Nesse sentido, realizou-se uma avaliação de todos os processos da empresa impactados pela nova tecnologia e quais ações serão necessárias. Os principais processos impactados são:

- Especificação Técnica, Projeto Fabril e Projeto Executivo do Sistema PAC;
- Testes de Aceitação de Fábrica (TAF) e de Campo (TAC) do Sistema PAC;
- Testes de Aceitação de Fábrica (TAF) e de Campo (TAC) do Sincronismo de tempo;
- Testes de Aceitação de Fábrica (TAF) e de Campo (TAC) de Redes e Desempenho (*Ethernet*);
- Testes de Aceitação de Fábrica (TAF) e de Campo (TAC) do LPIT;
- Manutenção do Sistema PAC, do Sistema de Supervisão (SCADA) e do Sistema de Suporte e da Rede;
- Operação do Sistema PAC: Estudos, Ocorrências, Pós-Operação, Normativos, Supervisão e Operação Local;
- Gestão de Ativos.

A partir deste diagnóstico, as áreas realizarão as mudanças necessárias e a empresa tomará as decisões de gestão, o que resultará em novos processos e funções.

## 9.0 PILOTOS

O objetivo dos projetos piloto é conhecer e validar soluções reais de aplicação de Subestação Digital. Foram planejados dois projetos. O primeiro, do Sistema PAC, contempla os dispositivos da sala de controle e de aquisição no pátio. Construiu-se uma parceria com diferentes fornecedores (GE, SEL, Schneider, Omicron, BitStream e Nilko), que emprestaram seus equipamentos para a execução de testes em laboratório e em campo. Os testes em laboratório envolveram uma infraestrutura para testes, com montagem em painel dos equipamentos e interligados em rede, realizando-se simulações com mala de teste IEC 61850. Para os testes em campo, os equipamentos foram instalados na Subestação Palhoça (CGT Eletrosul), em um vão de 138 kV.

O segundo piloto, do LPIT, aplica um Transformador de Instrumento Combinado (TC e TP) fornecido pela empresa parceira Profotech (Rússia). O instrumento será instalado no mesmo vão de 138 kV na Subestação Palhoça. A Figura 09 mostra o LPIT a ser aplicado.

Será avaliado o desempenho dos pilotos PAC e LPIT, comparando-os com o sistema de proteção em operação. Serão publicados relatórios mensais do comportamento do sistema em função dos requisitos técnicos definidos.





Figura 08 – Testes de Laboratório do sistema PAC

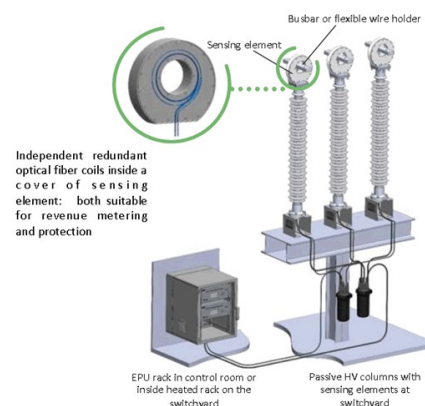


Figura 09 – LPIT do projeto piloto

## 10.0 SEMINÁRIOS

O planejamento do trabalho incluiu a realização de dois seminários, com os seguintes objetivos:

- Difundir o planejamento e conhecimento dentro da empresa;
- Oportunizar contribuições de mais pessoas no processo;
- Conhecer soluções e aplicações reais de fornecedores e parceiros;
- Fortalecer o processo de mudança como uma decisão global da empresa;
- Motivar a evolução técnica do corpo técnico e o engajamento no processo de mudança

Os eventos foram planejados para ter a maior participação possível por parte dos empregados. Estarão presentes palestrantes motivadores das mudanças e haverá oportunidade de debates entre os participantes. Os eventos também promovem a integração das equipes e a formação de redes de colaboração.

O primeiro evento, planejado para durar três dias e alcançar 100 participantes, foca no público interno; já o segundo será aberto à participação de outras empresas, especialmente as do grupo Eletrobras.

## 11.0 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou o planejamento das ações que viabilizarão a implementação de subestações *Full Digital* de forma segura na CGT Eletrosul. Muitas atividades serão desenvolvidas em função deste planejamento.

O desafio de se aplicar a tecnologia de Subestações *Full Digital* não está em decidir sua aplicação, mas “como” e “quando”. Neste sentido, o trabalho apresentou uma série de aspectos a serem considerados para que se possa adotar a tecnologia de forma segura.

Além disso, mostrou a importância de que sejam mobilizadas todas as áreas da empresa, projeto, manutenção, operação e gestão para que o movimento de mudança seja assumido por toda a organização. Também mostrou que é importante que os profissionais da empresa entendam a disrupção tecnológica e que sejam engajados positivamente no processo.

Teremos grandes desafios nesta jornada, mas também grandes conquistas. A tecnologia permitirá implementar, manter e operar de forma mais segura o sistema de potência.

## 12.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) IEC 61850: 2016 SER Series Communication networks and systems for power utility automation - ALL PARTS
- (2) Flores, Pablo H. et.al., Aplicações da Norma IEC 61850 - Sistemas de Automação Operando com Redes de Comunicação, Cigré Brasil, Rio de Janeiro, 2020.

- (3) Flores, Pablo H. et.al., Preparando o futuro: projeto piloto de barramento de processo (IEC61850-9-2) merging unit e relé de proteção na subestação de Palhoça 138 kV da ELETROSUL, in XXIII SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Foz do Iguaçu, 2015.
- (4) M. Alexandrino, G. H. Flores, L. B. Silva, P. H. Flores, T. L. Santos, V. G. Santos, V. Pietta, Requisitos Funcionais para Especificação de uma Solução *Full Digital* Baseada em IEC 61850, XIII SIMPASE – Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos. Brazil, 2019.

## DADOS BIOGRÁFICOS

### (1) PABLO HUMERES FLORES



Engenheiro Eletricista formado pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, onde também fez Mestrado em Sistemas de Potência. MBA com especialização em Mercado de Energia Elétrica, na Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI. Engenheiro da CGT Eletrosul desde 1987 atuando no projeto, manutenção e operação de sistemas de automação. Responsável pela manutenção e comissionamento de sistemas de supervisão e controle e infraestrutura de automação de subestações, usinas e Centros de Controle. Autor de trabalhos na área publicados em seminários e revistas nacionais e internacionais. Participante ativo nos grupos de trabalho, eventos e publicações do CIGRE em nível nacional e internacional.

### (2) JOÃO GABRIEL FADEL DA COSTA

Engenheiro de Controle e Automação e Mestre em Metrologia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Especialista em Gerenciamento de Projetos pela FGV. Certificado PMP e DASM pelo Project Management Institute (PMI). Atuou por 9 anos na engenharia de manutenção de sistemas SCADA da CGT Eletrosul, onde foi chefe do setor. Há 2 anos como engenheiro de manutenção de proteção e controle, na mesma empresa. Secretário do GT de Subestações Digitais da CGT Eletrosul, atuando no planejamento e controle do projeto desenvolvido pelo grupo. Diretor de Desenvolvimento Profissional no PMI - Chapter Santa Catarina.

### (3) MATEUS ALEXANDRINO

Natural de Garopaba/SC (1983), graduou-se em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (2007). Desenvolveu softwares embarcados para sistemas de telecomunicações na Siemens e Intelbras por cerca de dois anos antes de ingressar no ONS. Após dois anos de atividades de análise de intervenções e de ocorrências no SIN nas áreas de pré e pós-operação do COSR-S, ingressou na Eletrobras CGT Eletrosul em 2011 na área de projetos de proteção e controle, onde participa de análises de projetos, TAF e TAC de SPCS para funções de transmissão de 69 a 525kV.