



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GDS/07
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – X

GRUPO DE ESTUDOS DE SEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS- GDS

**AValiação DO IMPACTO DA CONEXÃO DE CENTRAIS EÓLICAS AOS SISTEMAS ELÉTRICOS –
EXPERIÊNCIA DO CIGRE GT-C4-BR.03**

**Gilson Paulillo (*)
ENERGISA SA**

**Paulo F. Ribeiro
UNIFEI**

**Ricardo Penido D. Ross
ELETROBRAS CEPEL**

**Miguel Pires De Carli
ELETROBRÁS
ELETROSUL**

RESUMO

Este artigo tem por objetivo apresentar ao setor elétrico brasileiro o conteúdo dos trabalhos que vem sendo conduzidos no âmbito do GT C4.03 BR – Tratamento da Distorção Harmônica da Rede Elétrica, do Comitê de Estudos C4, do CIGRE Brasil. Estes trabalhos são decorrentes da necessidade de se aprimorar e estabelecer procedimentos de estudos prévios para se quantificar o potencial impacto decorrente da integração de parques eólicos no sistema elétrico brasileiro. Este documento apresenta os principais aspectos que serão tratados por este GT, que envolve o estudo das principais referências e experiências internacionais, os principais aspectos para a definição de uma metodologia de estudos, os procedimentos para validação por meio de medições nos parques eólicos e os estudos de caso para a consolidação e validação dos trabalhos.

PALAVRAS-CHAVE

Harmônicos, Eólicas, Conexão, Monitoramento, Limites, Indicadores.

1.0 - INTRODUÇÃO

Dentre as atividades desenvolvidas no âmbito do CIGRE BRASIL, uma das mais importantes trata do trabalho dos Comitês de Estudo, estruturados para discutir e propor soluções para os diversos problemas enfrentados pelo Sistema Elétrico de Potência, tanto a nível nacional com a nível internacional. Como consequência destas atividades, os Comitês de Estudo, por meio da participação ativa de seus membros, estimula a formação de Grupos de Trabalho com profissionais especialistas do setor para discutir, analisar e debater estes problemas e propor soluções, sendo que muitas vezes os documentos técnicos resultam na proposta de normas técnicas de importantes entidades internacionais, tais como a IEC e o IEEE.

No contexto destas ações, encontra-se o Comitê de Estudos C4, que trata do Desempenho de Sistemas Elétricos. Em seu escopo, este Comitê estuda métodos e ferramentas para análise de sistemas de potência, com ênfase nos regimes dinâmicos e transitórios e nas interações entre o sistema de potência com seus equipamentos e subsistemas, bem como com outras instalações. Um dos temas tratados atualmente trata da questão da interconexão de centrais eólicas à rede elétrica, particularmente do impacto decorrente da distorção harmônica produzida por conversores de potência utilizados por tais sistemas. Esta ação decorre da atual necessidade de se adotar procedimentos de estudo que possam avaliar previamente o impacto desta distorção em função da diversidade de fabricantes, topologias, sistemas conversores e potências utilizadas no Brasil, a discussão internacional sobre diversos métodos e abordagem utilizadas para analisar esta conexão, as características intrínsecas aos sistemas e subsistemas elétricos de transmissão e subtransmissão onde tais sistemas estão instalados e, por fim, como efetuar a modelagem adequada e o procedimento de estudo para mitigar eventuais

problemas decorrentes deste procedimento. Destaca-se a importância deste trabalho pelo expressivo crescimento das fontes eólicas na matriz energética nacional, cuja previsão é alcançar cerca de 13.983 MW instalados até 2023, o que equivale a uma Itaipu espalhada pelo país [1].

Este artigo tem por meta compartilhar com o setor elétrico os temas que serão trabalhados no âmbito do Grupo Técnico GT C4.03 BR - Tratamento da Distorção Harmônica na Rede Elétrica, do Comitê de Estudos C4, do CIGRE Brasil.

O objetivo do GT é: “Investigar o impacto da geração renovável, inicialmente de centrais eólicas, na rede elétrica nos níveis de distorção harmônica, sem perder a composição e a influência das demais fontes não lineares, o próprio sistema elétrico e seu respectivo detalhamento”. Vale destacar a composição e o perfil técnico do grupo, que tem a participação expressiva de profissionais oriundos das universidades, centros de pesquisa, fabricantes de equipamentos e de aerogeradores e do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Como resultado dos trabalhos, encontra-se em elaboração uma Brochura Técnica (BT) cuja estrutura é apresentada neste trabalho.

2.0 - CAPÍTULO 1 – EXPERIÊNCIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

Este capítulo tem por objetivo realizar um levantamento acerca das principais referências técnicas que, de uma forma ou de outra, tratam o tema. Isso inclui os seguintes documentos: Códigos de rede, limites e metodologias adotadas em outros países para a avaliação do impacto de usinas eólicas; Normas e Padrões; Metodologias utilizadas nos EUA e na EUR, principalmente destacando-se a diferença entre as abordagens e critérios e os pros e contras em cada uma das metodologias; Critérios de representação das fontes / cargas, incluindo-se os métodos de agregação de diversas fontes; Representação dos harmônicos de “background”, ou seja, os pré existentes na rede; Indicadores e limites de tensão ou corrente; Métodos e técnicas de medição de harmônicos em parques eólicos, incluindo-se a análise qualitativa das grandezas medidas e a correlação entre as mesmas nos moldes.

Dentre o conjunto de referências, vale mencionar como exemplo a BT 468, do Cigré, intitulada “*Review of Disturbance Emission Assessment Techniques*”. Pode-se, ainda, considerar metodologias de determinação do sentido de correntes harmônicas no processo de medição; Soluções – critérios de especificação de filtros – considerar uma abordagem conceitual.

Neste trabalho, vale ressaltar os seguintes aspectos:

2.1 Background – Histórico

Esta BT fará um histórico dos principais documentos internacionais, destacando-se: 1967 – *Limits for Harmonics in the United Kingdom Electricity Supply System, The Electricity Council, Engineering Recommendation G.5/2*; 1976 - *Limits for Harmonics in the United Kingdom Electricity Supply System, The Electricity Council, Engineering Recommendation G.5/3*; 1982 - *EN 61000-3-2 - Harmonic Emissions Standards*, publicado como *IEC 55-2 1982*, e aplicado para *household appliances*; 1992 - *IEEE 519 United States Standards on Harmonic Limits*; 2005 - *ER G5/4-1 Planning Levels for Harmonic Voltage and the Connection of Non-linear Equipment to Transmission Systems and Distribution Networks in the United Kingdom, Energy Networks Association; IEC Standards 61000; IEEE 519 2014*. Dentre as referências nacionais, vale mencionar: Grupo Tração - GCOI – GCPS – CIGRE 36.05 – Procedimentos de Rede – PRODIST – ABEeólica.

2.2 Comparação dos limites e metodologia adotados em outros países para a avaliação do impacto de usinas eólicas

Dentre os aspectos que serão tratados, têm-se as diferenças entre as abordagens e critérios adotados nas metodologias dos EUA e da EUR, os conflitos e paradigmas filosóficos entre os limites imputados para os acessantes, tais como tensão versus corrente, limites global versus local, ponto de acoplamento comum versus ponto de conexão (ICG), equipamento versus sistema, planejamento versus operação, os diferentes tipos de estudos de acesso e a importância das medições e a natureza variante no tempo e demais aspectos probabilísticos (95% e não no valor máximo – probabilidade de contingências – outros cenários). Destaca-se, ainda, a distorção de background - revisão da norma IEC 61400-21; instabilidade harmônica em múltiplos conversores, flexibilidade e compatibilidade dos mesmos; Representação das fontes / cargas: Fontes (incluindo a agregação): T&D - Representação dos harmônicos de “background”, ou seja, os pré existentes na rede – Referência: WG B4.47.

2.3 Overview: Resultados e experiências da integração dos parques à rede

Nesse tópico serão tratadas as diferenças filosóficas e conceituais (harmônicos) adotadas nos EUA, EUR, Irlanda, e Japão, incluindo-se aí os pros e contras nas diversas abordagens.

De forma prática, como os limites e indicadores preconizados e associados a tensão ou corrente, as formas e metodologias de agregação em parques; os métodos e técnicas de medição, incluindo-se a análise qualitativa das grandezas medidas e a correlação entre as mesmas nos moldes. Cita-se como exemplo a BT 468, do Cigré,

intitulada “*Review of Disturbance Emission Assessment Techniques*”. Pode-se, ainda, considerar metodologias de determinação do sentido de correntes harmônicas no processo de medição e, no âmbito de potenciais soluções para a mitigação dos problemas, os critérios de especificação de filtros, sendo que neste caso a abordagem a ser adotada será apenas conceitual.

3.0 - CAPITULO 2 - MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

3.1 Introdução

A adequada modelagem da rede elétrica é fundamental para a obtenção de resultados confiáveis nas simulações para a obtenção das distorções de tensão ou correntes harmônicas de penetração produzidas por parques eólicos ou qualquer outra fonte não linear. Ou seja, independente do método de análise harmônica ou da técnica de simulação utilizada, as fontes de correntes harmônicas e as impedâncias da rede, que são dados de entrada para os cálculos, devem representar da melhor forma possível tanto a injeção harmônica da fonte não linear como a dependência dos parâmetros da rede CA com a variação da frequência.

Os objetivos do estudo, o tipo de fenômeno a ser estudado e as características e requisitos de desempenho da rede definirão se as análises deverão ser realizadas no domínio do tempo ou da frequência, se as modelagens devem ser monofásicas ou trifásicas, se as características não lineares dos equipamentos devem ser representadas, qual o melhor tipo de simulação e o horizonte do estudo, entre outros. Ferramentas de análise no domínio do tempo não são adequadas para estudos sistemáticos para obtenção de envelopes de impedância harmônica. Todavia, tais ferramentas são úteis quando se deseja simular detalhadamente alguns casos específicos, para entender melhor comportamentos extremos (e.g., ressonâncias) ou mesmo para validar modelos no domínio da frequência.

Neste sentido, este capítulo abordará aspectos da modelagem da rede CA incluindo características particulares das redes internas dos parques eólicos, da representação das fontes harmônicas dos aerogeradores, bem como dos métodos de análise e tipos de simulação que podem ser utilizadas para a avaliação do desempenho harmônico. Por fim, será apresentado um estudo de caso com o objetivo de avaliar as diferenças que se obtêm nos resultados dos estudos quando se utilizam diferentes métodos de análise.

Nas próximas seções são apresentados brevemente os principais temas abordados.

3.2 Métodos de Análise Harmônica

Nesta seção serão discutidas as vantagens e desvantagens das análises no domínio do tempo e da frequência, bem como as aplicações indicadas para cada um dos métodos. Algumas das principais ferramentas para estudos harmônicos, tais como o HarmZs, o PSCAD e o ATP/EMTP serão apresentadas discutindo as suas funções específicas para os estudos em questão.

Os modelos dos componentes da rede CA serão apresentados, destacando os aspectos relevantes na representação da impedância harmônica das Linha de Transmissão, dos Cabos Isolados, dos Geradores, dos Transformadores, dos Capacitores e Reatores, das Cargas Lineares e Não Lineares. Serão discutidos ainda métodos para representação da variação da resistência com a frequência para os principais componentes da rede. Os principais tipos de Envelopes de Impedância representativos da rede CA serão apresentados com destaque para os avanços desta representação apresentados na BT 553 do Cigré.

3.3 Modelagem da Fonte Harmônica

Os principais tipos de geradores e conversores empregados nos aerogeradores serão descritos, preferencialmente com a ajuda dos fabricantes, sempre visando estabelecer qual a melhor representação de sua máquina para estudos de distorção harmônica (e.g. fonte de corrente ideal, equivalente de Norton, etc). Aspectos da Norma IEC 61400-21 serão discutidos, inclusive a utilização de outros fatores de agregação diferentes dos clássicos para as correntes de diversos aerogeradores. A influência das distorções pré-existentes nas medições de corrente também serão tratadas.

3.4 Representação da Rede Interna

Um dos pontos importantes e tem impacto nos resultados dos estudos e simulações computacionais, encontra-se na influência da representação e modelagem dos cabos subterrâneos, dos filtros internos e estator dos aerogeradores. Estes são os tópicos tratados neste item, sendo que serão apresentados exemplos das diferenças na impedância da rede interna dos parques quando de considera modelagens diferentes. Ademais, efeitos de amplificações das correntes serão apresentados.

3.5 Métodos de Avaliação das Distorções

Em relação aos métodos de avaliação das distorções será realizada uma pesquisa de como são realizados os estudos de avaliação das distorções harmônicas em diferentes países, considerando os objetivos da avaliação, ou seja, se são para a análise de uma situação específica ou para solicitação de um acesso à rede. Métodos com limites de corrente, fluxo harmônico e do Lugar Geométrico serão abordados.

3.6 Estudos de Caso

Por fim, será realizado um estudo de caso com as seguintes análises:

- Caso 1: obtenção do limite de aerogeradores que poderiam ser conectados em um determinado ponto da rede, seguindo os limites e metodologia de estudo de algum país que adote limite de corrente;
- Caso 2: cálculo das distorções provocadas por um parque eólico conectado no mesmo ponto da rede do caso 1, utilizando o programa HarmZs com a rede interna conectada a externa;
- Caso 3: cálculo das distorções provocadas por um parque eólico conectado no mesmo ponto da rede do caso 1, utilizando metodologia semelhante a do Lugar Geométrico, mas neste caso calculando as distorções diretamente nos pontos das impedâncias calculadas;
- Caso 4: cálculo das distorções provocadas por um parque eólico conectado no mesmo ponto da rede do caso 1, utilizando metodologia do Lugar Geométrico, possivelmente com variações do tipo de LG.

Outros estudos poderão ser realizados para outras avaliações que o GT entender pertinentes.

4.0 - CAPÍTULO 3 - MEDIÇÕES

A medição dos harmônicos, o processamento dos resultados obtidos, a obtenção dos indicadores e a comparação dos mesmos com os limites estabelecidos são etapas fundamentais no gerenciamento das distorções harmônicas nos sistemas elétricos.

4.1 Processos e Procedimentos definidos atualmente no Brasil para campanhas de Medição de Harmônicos na Rede Básica e em Parques Eólicos

Atualmente a medição de harmônicos na Rede Básica é feita através de campanhas de medição com sete dias de duração no barramento da subestação que é o Ponto de Acoplamento Comum (PAC) relativamente ao local (acessante) que se deseja medir. No caso do acessante ser um parque eólico são medidas as seguintes grandezas:

- Tensão harmônica no PAC;
- Corrente harmônica no “bay” PAC - Parque Eólico; e
- Correntes harmônicas na BT em diversos aerogeradores com tecnologias que usam conversores: conversor pleno (tipo 4) e conversor no circuito do rotor para tecnologias de gerador de indução com dupla alimentação (tipo 3).

O objetivo das campanhas no PAC é verificar os níveis globais de distorção harmônica de tensão e a corrente que flui para o parque eólico em cada frequência harmônica de forma a ser possível a correlação entre tensões e correntes e entre a produção do parque eólico com grandezas harmônicas medidas.

Uma das grandes discussões que permeia o grupo de estudos diz respeito aos harmônicos pré-existentes (“background harmonics”) na rede, pois ao se efetuar as campanhas de medição as tensões e correntes medidas no PAC obviamente levam em consideração as outras fontes concentradas e distribuídas ao longo da rede. O principal impacto é relativamente aos harmônicos característicos de baixa ordem: 5^o e 7^o. Portanto, um dos principais desafios do grupo de estudos é procurar metodologias e técnicas que possam de alguma forma determinar quantitativamente ou qualitativamente se a fonte dominante de corrente harmônica é o sistema, o parque eólico ou uma interação entre ambos que propicia algum tipo de ressonância.

4.2 Normas e Recomendações Referentes a Medições de Harmônicos

As medições são executadas de acordo com a recomendação IEC-61000-4-7, que define o processo de aquisição de dados, a largura da janela para cálculo de DFT, que é definida como 12 ciclos, intervalo de agregação, consideração dos grupos harmônicos, subgrupos harmônicos e interharmônicos.

As medições também consideram a recomendação IEC-61000-4-30, que define diversas classes de exatidão: classe A para disputas entre acessantes, verificação de problemas e aderência com relação às normas; classe S para fins de vistoria e levantamentos estatísticos; e, classe B para os medidores mais antigos que não realizam a medição em janelas de 12 ciclos e cujas classes de exatidão são menores.

Além disso, também são consideradas medições de acordo com a recomendação IEC-61400-21 Ed 2 (aerogeradores), que definem como devem ser medidas as correntes harmônicas em aerogeradores, com destaque para o fato de que é necessário se dispor de pelo menos três medidas em cada faixa de potência de saída do aerogerador.

4.3 Transdutores empregados para medição de Harmônicos de Tensão e Corrente

Os transdutores são elementos importantes no processo de medição, pois são usados para baixar as tensões e correntes aos níveis em que se possam medir são partes integrantes das campanhas de medição. Os principais tipos aplicados à medição em parques eólicos são:

- Transformadores de Potencial Indutivos (TPI). Usados principalmente em sistemas de distribuição: SDAT e SDMT. Normalmente apresentam uma característica de resposta plana até aproximadamente o décimo quinto harmônico;
- Transformadores de Potencial capacitivos (TPC) são usados na rede básica. Devido ao fato de serem compostos por capacitâncias e indutâncias apresentam normalmente uma resposta em frequência pobre e muitas vezes seus resultados podem não ser exatos até para a terceira ou quinta harmônica;
- Divisores Capacitivos de Potencial (DPC) são usados principalmente em laboratórios e consistem em divisores capacitivos puros propiciando uma boa resposta em frequência. No entanto, modernamente é muito difícil sua aplicação prática na rede básica para medição de harmônicos, pois devido a ao desconto da remuneração da transmissora relativa à parcela variável em caso de indisponibilidade de algum equipamento as concessionárias preferem não instalar equipamentos externos em suas redes mesmo temporariamente;
- Tap da Bucha Capacitiva de Transformadores e Reatores (TAP) são dispositivos que usam o tap capacitivo existente em buchas de transformadores de força ou reatores de alta tensão. Possuem resposta plana e necessitam da conexão de uma unidade capacitiva secundária que precisa ser fabricada especialmente para a campanha de medição;
- Transformadores de Corrente. Normalmente não apresentam problemas para medir correntes harmônicas. No entanto é importante a verificação da amplitude da corrente fundamental de regime permanente e da corrente harmônica de forma que a classe de exatidão seja respeitada;
- Bobinas de Rogowsky: usadas principalmente na medição das correntes em aerogeradores na BT. Algumas vezes são susceptíveis de interferência eletromagnética no ambiente ruidoso das nacelles.

4.4 Características de Analisadores de QEE disponíveis no mercado e em desenvolvimento

É importante verificar as características dos principais analisadores disponíveis no mercado para a medição de harmônicos, principalmente quanto a sua aderência às normas IEC-61000-4-7 e IEC-61000-4-30. Um ponto que tem ganhado significância é se possuem ou não a medição de interharmônicos e se a agregação das medições obedece aos intervalos definidos por norma ou se permitem ao usuário acesso aos dados para que este faça a agregação.

Os ângulos de fase obtidos nos cálculos de harmônicos também será objeto de discussão no grupo uma vez que se sabe que quando se usa o agrupamento em intervalos de 10 minutos os ângulos obtidos carecem de sentido porque ao contrário das amplitudes dificilmente obedecem a um valor médio dentro do intervalo. No entanto com o aparecimento de analisadores com unidades de PMUs com sincronismo através de GPS torna-se possível o acesso ao ângulo de fase e a comparação entre as fases de diversas medições de tensão e correntes harmônicas.

4.5 Análise Qualitativa da Medição de Harmônicos

As correlações entre grandezas medidas é uma das principais metodologias para se verificar o desempenho qualitativo das medições. Dentre as correlações possíveis, destacam-se a existente entre tensões e correntes harmônicas e entre estas e outras grandezas que possam estar correlacionadas. A TB 468, do Cigré Internacional, *“Review of Disturbance Emission Assessment Techniques”*, sugere diversas correlações entre as medições de tensão e corrente obtidas no PAC, para uma determinada harmônica, com a impedância do sistema e a impedância interna do consumidor, de forma a aferir “Fontes Dominantes”.

Outras técnicas de análise de medições harmônicas refletirão sugestões e ideias propostas ou respaldadas em conhecimentos dos integrantes do grupo.

4.6 Estudo(s) de Caso(s)

Este tópico trata da definição de um ou mais casos exemplos que ilustrem os principais pontos a serem discutidos pelo Grupo de forma a embasar as conclusões e recomendações dos trabalhos e que serão consolidados na forma de uma BT. Dentre os itens, incluem-se a efetiva execução de uma campanha de medição em parques eólicos de referência, a análise dos resultados e as conclusões destes estudos de caso.

5.0 - CONCLUSÃO

Este GT está em plena preparação de uma BT para ser publicada até Dezembro de 2015 e o GT terá o maior prazer e interesse de acolher sugestões e comentários quanto a aspectos adicionais que possam tornar este trabalho mais relevante para o setor elétrico brasileiro.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MME, “Plano Decenal de Expansão de Energia - 2023”, Dezembro de 2014;
- (2) Zeng, R. and Bollen, M., “Harmonic Resonances Associated with Wind Farms”, Technical Report, Lulea University of Technology, July 2010;
- (3) Zeng, R. and Bollen, M., “Harmonics and Wind Power: A forgotten aspect of the interaction between wind power installations and the grid”, Elforsk rapport 12:61, Technical Report, Lulea University of Technology, August 2012; Bollen, M. et al., “Future Work on Harmonics – Some Expert Opinions Part I – Wind and Solar Power”, Transactions of the IEEE ICHQP 2014, pp 904-908, Bucharest, Romania, May 2014;
- (4) Meyer, J., Bollen, M. et al., “Future Work on Harmonics – Some Expert Opinions Part II – Supraharmonics, Standards and Measurements”, Transactions of the IEEE ICHQP 2014, pp 909-913, Bucharest, Romania, May 2014;
- (5) Larosse, C. et al., “Type-III Wind Power Harmonic Emissions: Field Measurements Measurements and Aggregation Guide for Adequate Representation of Harmonics”, IEEE Transactions Sustainable Energy, Vol. 4, no 3., pp 797-804, 2013;
- (6) Kocewiak, L. H. et al., “Harmonic Mitigation Methods in Large Offshore Wind Power Plants”, 12th International Workshop on Large –Scale Integration of Wind Power Systems, London, United Kingdom, 2013;
- (7) ONS, “Instruções para a Realização de Estudos e Medições de QEE relacionados aos novos acessos a Rede Básica”, Relatório Técnico, Setembro de 2010.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Gilson Paulillo é Engenheiro Eletricista, Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica pela UNIFEI, Itajubá-MG, em 1990, 1996 e 2001, respectivamente, na área de Sistemas Elétricos de Potência, com ênfase no tema Qualidade da Energia Elétrica. Tem grande experiência e atuação em temas relacionados a Qualidade da Energia Elétrica, Eficiência Energética, Geração Distribuída, Redes Inteligentes e Automação de Sistemas Elétricos. Membro de diversos Grupos Técnicos Nacionais e Internacionais, bem como autor inúmeros trabalhos técnico-científicos de alcance nacional e internacional. Atualmente é Gerente Corporativo de Inovação do Grupo ENERGISA, no Rio de Janeiro - RJ.



Paulo Ribeiro, nascido em 14 de novembro de 1952, é Professor Titular na Universidade Federal de Itajubá, graduado pela Universidade Federal de Pernambuco, e PhD pela Universidade de Manchester, Inglaterra. É Fellow do IEEE e IET.



Ricardo Penido D. Ross é graduado como Engenheiro Eletricista em 1977 pela PUC-RJ. Obteve seu mestrado no ano de 1982 pela mesma instituição. Trabalha no CEPEL desde 1985, como pesquisador e atualmente ocupa a função de chefe do departamento de Tecnologia de Distribuição. Suas principais áreas de interesse são qualidade de energia elétrica, estudos de sistemas elétricos, tecnologia de distribuição e redes elétricas inteligentes.



Miguel Pires De Carli nasceu em Porto Alegre, RS, em 22 de Novembro de 1978. Recebeu o grau de Engenheiro Eletricista da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2007. Ingressou na Eletrosul em 2001 e já trabalhou nos Departamentos de Operação do Sistema e de Planejamento do Sistema. Especialista em Sistemas de Energia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina em 2012. Atualmente trabalha no Departamento de Engenharia do Sistema. É membro do Cigré com atuação no CE B4 de Elos de Corrente Contínua e Eletrônica de Potência e no C4 de Desempenho de Sistemas Elétricos. Suas principais áreas de atuação são qualidade de energia elétrica e estudos de transitórios eletromagnéticos