



**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
EM ENGENHARIA ELÉTRICA E DE TELECOMUNICAÇÕES**

EDITAL PPGEET Nº 2/2026

Seleção para o Curso de Mestrado Turma 2/2026

Art. 1º. Estão abertas, no período de **18/05/2026 a 11/06/2026**, as inscrições para a seleção do Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações da Universidade Federal Fluminense. A seleção será efetivada em função da Área e Linha de Pesquisa escolhida pelo candidato.

Art. 2º. Estão previstas **25 (vinte e cinco) vagas**, abertas a profissionais que busquem aprofundar estudos em nível de Mestrado, dentro das **Áreas de Concentração de Sistemas de Telecomunicações (I), Sistemas de Energia Elétrica (II) e Sistemas de Computação (III)** nas **Linhas de Pesquisa** descritas no **Anexo I**.

ÁREA I - Sistemas de Telecomunicações: Sinais e Sistemas de Comunicações Móveis; Dispositivos, Sistemas e Instrumentação para Comunicações Óticas.

ÁREA II - Sistemas de Energia Elétrica: Transição Energética; Modelagem e Análise de Sistemas de Energia Elétrica.

ÁREA III -_Sistemas de Computação: Redes de Computadores, Sistemas de Informação e Inteligência Artificial; Sistemas Inteligentes de Apoio à Decisão e Engenharia de Software.

Estes profissionais devem ser graduados em áreas afins, apresentando o conhecimento básico para o acompanhamento do curso, conforme comprovado pelo histórico de graduação.

Art. 3º. A reserva de vagas se dará de acordo com as seguintes regras:

§ 1º Do total de vagas, as seguintes categorias de reserva serão contempladas:

- i)** 5 vagas serão reservadas para candidatos optantes negros (pretos e pardos) e indígenas;
- ii)** 1 vaga será reservada a candidatos estrangeiros, não residentes no Brasil;
- iii)** 1 vaga para mulheres;
- iv)** 1 vaga para pessoas com vulnerabilidade financeira;
- v)** 1 vaga para funcionário UFF.

§ 2º Para os candidatos com deficiência, será disponibilizada uma vaga adicional sobre o total de vagas abertas no Programa.

§ 3º Os candidatos optantes negros (pretos e pardos), indígenas, pessoas com deficiência, estrangeiros, mulheres, pessoas em vulnerabilidade financeira e funcionário UFF concorrerão concomitantemente às vagas reservadas ou adicionais e às vagas destinadas aos não optantes.

§ 4º Os candidatos optantes negros (pretos e pardos), indígenas, pessoas com deficiência, estrangeiros, mulheres, pessoas em vulnerabilidade financeira e funcionário UFF classificados dentro do número de vagas oferecido aos não optantes, não serão computados para efeito do preenchimento das vagas reservadas ou adicionais.

§ 5º Em caso de desistência de candidatos optantes negros (pretos e pardos), indígenas, estrangeiros, mulheres, pessoas em vulnerabilidade financeira e funcionário UFF aprovados em vagas reservadas, a vaga será destinada aos optantes na seguinte ordem:

- i)** para candidatos optantes na mesma categoria de reserva aprovados e não classificados em conformidade com a ordem de classificação dos excedentes optantes.
- ii)** permanecendo vagas reservadas para optantes de uma determinada categoria de reserva após a medida anterior, estas serão destinadas aos candidatos não optantes aprovados e não classificados, de acordo com a ordem de classificação.

§ 6º Caso haja desistência de candidato, pessoa com deficiência, aprovado e classificado em vaga adicional, esta será preenchida por candidato, pessoa com deficiência, de acordo com a ordem de classificação.

§ 7º A vaga adicional de pessoa com deficiência, que não for preenchida, após realizados todos os procedimentos anteriores, será extinta.

§ 8º Para os candidatos autodeclarados negros será adotado o procedimento de heteroidentificação, que seguirá exclusivamente o critério fenotípico para aferição da condição declarada pelo candidato, não sendo admitida a apresentação de registros ou documentos exarados em outros certames, nem consideradas declarações acerca de sua origem étnico-racial.

§ 9º Todos os candidatos optantes negros (pretos e pardos), indígenas, pessoas com deficiência e pessoas em vulnerabilidade financeira deverão preencher o documento de autodeclaração (Anexo IV: Cota racial - negros; Anexo V: Cota indígena; Anexo VI: vaga adicional para pessoas com deficiência; Anexo VII: Vulnerabilidade financeira), assiná-lo e incluí-lo entre os demais documentos exigidos para a participação no processo seletivo. Funcionários UFF deverão adicionar o seu contracheque (últimos 3 meses) como forma de comprovação da sua condição.

A condição de estrangeiro ou mulher não demanda comprovação adicional, além da documentação padrão da seleção.

§ 10º O processo de heteroidentificação ficará a cargo de Comissão criada pela Proppi, composta por pessoas que tenham conhecimento da produção acadêmica sobre a discriminação racial no Brasil e experiência em bancas de aferição, em sua maioria negras.

§ 11º Os candidatos inscritos na condição de optantes indígenas terão a sua opção confirmada ou não, a partir da sua vinculação a uma comunidade indígena ou pela sua identidade e sentido de pertencimento e ou envolvimento com o movimento indígena. Esses vínculos deverão ser comprovados antes do processo de seleção.

§ 12º Os candidatos inscritos na condição de optantes, pessoa com deficiência, terão confirmada ou não a sua opção, após análise, pela comissão de seleção, de documento médico, a ser apresentado no ato da inscrição, que comprove a deficiência declarada.

- i) Documentos comprobatórios deverão ser enviados junto com a inscrição.

Art. 4º. O preenchimento das vagas dar-se-á mediante processo que envolve:

§ 1º Inscrição;

§ 2º Análise documental para deferimento ou não da inscrição;

§ 3º Seleção mediante análise do *curriculum vitae*, das cartas de recomendação e do plano de trabalho, com caráter eliminatório;

§ 4º Defesa de proposta de trabalho para o Curso de Mestrado para banca examinadora, apenas para os selecionados, como descrito no item 4.3;

§ 5º Classificação, para efeito do preenchimento das vagas disponíveis;

§ 6º Homologação dos resultados pelo Colegiado do Programa;

§ 7º Divulgação dos resultados.

Art. 5º. A banca do concurso é composta por todos os professores e pesquisadores em pós- doutorado do programa. Os candidatos serão avaliados pelos professores que participam da linha indicada na inscrição, conforme disposto na página do programa (www.ppgeet.uff.br).

Art. 6º. A inscrição será feita de forma totalmente online, pelo preenchimento do formulário indicado em <http://www.ppgeet.uff.br/index.php/processo-seletivo/mestrado> .

Art. 7º. Não serão aceitas inscrições presenciais ou por e-mail.

Art. 8º. É necessária a apresentação dos seguintes documentos:

§ 1º Uma cópia legível da carteira de identidade (RG);

§ 2º Uma cópia legível do CPF;

§ 3º Fotografia 3x4;

§ 4º Comprovante de residência ou declaração de residência, conforme Anexo III;

§ 5º Cópia do **Guia de Recolhimento da União – GRU**, gerado na página:

<https://pagtesouro.tesouro.gov.br/portal-gru/#/emissao-gru>

§ 6º Com os seguintes dados:

- I) Unidade Gestora (UG): **153056 (UFF)**
- II) Código do Recolhimento: **28832-2**
- III) CPF ou CNPJ do Contribuinte: **(insira seu CPF)**
- IV) Nome do Contribuinte: **(insira seu nome completo)**
- V) Número de referência: **0250158373**
- VI) Competência: **mês/ano do recolhimento**
- VII) Vencimento: **08/12/2026**
- VIII) Valor: **R\$125,00**

§ 7º Comprovante de pagamento da taxa de inscrição no valor de **R\$ 125,00 (cento e vinte e cinco reais)**, em favor da **Universidade Federal Fluminense**, por meio da **Guia de Recolhimento da União – GRU**, conforme explicado no item 5.2-e.

§ 8º Uma cópia do diploma reconhecido por órgão competente do Ministério da Educação ou declaração de conclusão de curso ou de provável formando de graduação em engenharia ou área afim, desde que alinhado à linha de pesquisa escolhida. Os diplomas obtidos no exterior deverão estar de acordo com a Resolução 18/2002, desta Universidade. No momento da matrícula, todos os alunos devem apresentar uma cópia do diploma reconhecido por órgão competente do Ministério da Educação ou declaração de conclusão de curso.

§ 9º Uma cópia do histórico escolar do curso de graduação;

§ 10º Uma cópia do *Curriculum vitae* gerado na plataforma Lattes;

§ 11º Duas cartas de recomendação. O candidato deverá indicar os nomes para realizar a recomendação, passando os dados de contato. O programa entrará em contato com os indicados, requisitando a carta. Cabe ao candidato garantir que o e-mail passado é confiável e será suficiente para o programa contatar os indicados. A não entrega das cartas acarretará na penalização dos candidatos.

§ 12º Um texto, de autoria do candidato, apresentando uma proposta de trabalho para o Curso de Mestrado. Nesta proposta o candidato deverá apresentar os objetivos, motivação e área de interesse de pesquisa do trabalho de dissertação que pretende realizar. O texto deve ter as seções **Introdução, Objetivos, Metodologia, Resultados Esperados, Cronograma de Execução e Referências Bibliográficas**. O texto é limitado a 5 páginas A4, com letra tamanho 12 pt e espaçamento entre linhas de 1.5, constando as referências utilizadas para a sua confecção. **O não atendimento desse formato implicará na desclassificação do candidato.**

§ 13º Declaração de autenticidade das cópias dos documentos apresentados, conforme modelo do Anexo II.

Art. 9º. O processo de seleção se dará com as seguintes fases:

§ 1º Etapa 1: Análise da documentação enviada e deferimento das inscrições - consistirá em verificar se o candidato apresentou os documentos especificados no no Art. 8º deste Edital. O resultado dessa etapa será publicado na página do programa.

- I) **Recurso aos resultados da Etapa 1:** Os candidatos indeferidos que não estiverem de acordo com o resultado da Etapa 1 podem entrar com recurso, enviando e-mail para a secretaria do curso (ppgeet.tce@id.uff.br). O resultado da análise dos recursos feito pela coordenação do curso será publicado na página do programa. Candidatos que forem indeferidos ao final do processamento dos recursos estarão eliminados do processo seletivo.

§ 2º Etapa 2: Análise curricular, das cartas de recomendação e da proposta de trabalho para o Curso de Mestrado – Etapa eliminatória, realizada pela banca avaliadora. Os resultados serão publicados na página do programa.

- I) A Etapa 2 será balizada pelos itens definidos na Tabela 1, gerando uma nota entre 0 e 10.

Tabela 1 - Barema de avaliação da Etapa 2.

Critério	Nota máxima
Produção técnico-científica	1
Plano de trabalho e alinhamento com o programa	3
Formação acadêmica em nível de graduação	4
Recomendações	2

- II) Candidatos com nota inferior a 6.0 na média dos avaliadores serão eliminados.
- III) **Recurso aos resultados da Etapa 2:** Os candidatos eliminados que não estiverem de acordo com o resultado da Etapa 2 podem entrar com recurso, enviando e-mail para a secretaria do curso (ppgeet.tce@id.uff.br). O resultado da análise dos recursos feita pela banca avaliadora será publicado na página do programa.

§ 3º Etapa 3: Defesa de proposta de trabalho para banca de professores da linha de pesquisa selecionada – Etapa eliminatória, realizada pela banca avaliadora. Os resultados serão publicados na página do programa.

- A. A defesa deve ser feita utilizando apresentação de slides, com no máximo 10 páginas. As apresentações serão presenciais, na UFF, em data agendada pela banca dentro do período especificado. A sala será divulgada na página do programa. O não comparecimento do candidato no dia e horário marcados implica em desclassificação do processo seletivo. A participação na apresentação é restrita ao candidato e à banca examinadora.
- B. A Etapa 3 será balizada pelos itens definidos na Tabela 2, gerando uma nota entre 0 e 10.

Tabela 2 - Barema de avaliação da Etapa 3.

Critério	Nota máxima
Conhecimento técnico para realização do plano de trabalho	3
Apresentação	2
Arguição oral da banca	5

- C. Candidatos com nota inferior a 6,0 na média dos avaliadores serão eliminados.
- D. **Recurso aos resultados da Etapa 3:** Os candidatos eliminados que não estiverem de acordo com o resultado da Etapa 3 podem entrar com recurso, enviando e-mail para a secretaria do curso (ppgeet.tce@id.uff.br). O resultado da análise dos recursos feita pela banca avaliadora será publicado na página do programa.

§ 4º Etapa 4: Classificação dos candidatos – A classificação dos candidatos será feita pelo Colegiado do Programa, de acordo com os resultados obtidos e com as vagas disponíveis. Ao Colegiado do Curso é reservado o direito de não ocupar todas as vagas.

- I) A média final será computada como a média das notas nas Etapas 2 e 3.
- II) **Recurso aos resultados da Etapa 4:** Os candidatos eliminados que não estiverem de acordo com o resultado da Etapa 4 podem entrar com recurso, enviando e-mail para a secretaria do curso (ppgeet.tce@id.uff.br). A análise dos recursos será feita por uma banca composta por 3 professores, a ser indicada pela coordenação do programa, dentre os professores membros permanentes do curso. O resultado da análise dos recursos feita pela banca indicada pela coordenação será publicado na página do programa.

Art. 10º. A seleção será realizada obedecendo ao calendário disposto na Tabela 3.

Tabela 3 - Cronograma do processo seletivo.

Etapa	Data
Inscrições	18/05/2026 a 11/06/2026
Publicação do resultado preliminar das Etapas 1 e 2	12/06/2026
Apresentação de recursos às Etapas 1 e 2	12/06/2026 a 14/06/2026
Publicação do resultado das Etapas 1 e 2 com escala de horários para a defesa de proposta de trabalho	15/06/2026
Etapa 3: Defesa de proposta de trabalho para banca de professores da linha de pesquisa selecionada	16/06/2026 a 12/07/2026
Publicação do resultado preliminar da Etapa 3	13/07/2026 até 12h00
Apresentação de recursos à Etapa 3	13/07/2026 até 23h59
Publicação do resultado final	14/07/2026
Inscrições em disciplinas	20/07/2026 a 24/07/2026

Art. 11º. O resultado final da seleção será divulgado, em forma de *candidato classificado* (deve fazer matrícula na data especificada no cronograma), *candidato não classificado* (deve aguardar reclassificação) e *candidato não aceito* (candidato que não foi aprovado no processo seletivo) na página: <http://www.ppgeet.uff.br/> .

Art. 12º. As vagas serão preenchidas pelos candidatos aprovados e selecionados, de acordo com a ordem de sua classificação. Na hipótese de haver desistências, por ocasião da matrícula, de candidatos aprovados e selecionados, serão chamados candidatos excedentes, obedecendo-se à ordem de classificação.

Art. 13º. O Colegiado do Programa reserva-se o direito de não preencher todas as vagas previstas.

Art. 14º. O Colegiado do Programa é soberano quanto à aplicação dos critérios de avaliação do processo de seleção.

Art. 15º. A aprovação na seleção não garantirá a obtenção de bolsa de estudo.

Art. 16º. A seleção de que trata este Edital restringe-se à seleção para o Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações do 2º semestre letivo de 2026.

Art. 17º. Os casos omissos no presente Edital serão resolvidos pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações.

Niterói, 08 de maio de 2026.

Prof. Dr. Vitor Hugo Ferreira
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica e de Telecomunicações

ANEXO I

ÁREAS, LINHAS DE PESQUISA E TEMAS DE INTERESSE POR DOCENTE

I. ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

Objetiva o ensino, a pesquisa e o desenvolvimento de diversas técnicas utilizadas para planejar, especificar, projetar, construir, operar e administrar os diversos sistemas de telecomunicações, incluindo transmissão de sinais, redes, propagação, comunicações óticas, dispositivos e equipamentos utilizados em telecomunicações, integração de sistemas complexos de telecomunicações, e outras correlatas, bem como técnicas auxiliares, incluindo-se as disciplinas básicas que sejam necessárias. Refere-se, principalmente, aos sistemas de telecomunicações clássicos e de última geração e às técnicas utilizando sinais digitais, sem excluir a consideração de técnicas analógicas, onde isso faz sentido atualmente. Contempla, atualmente, três linhas de pesquisa e diversas disciplinas oferecidas. Dentre tais linhas e seus sub-temas, estão:

Sinais e Sistemas de Comunicações Móveis:

Docentes permanentes envolvidos: Mauricio Weber Benjó da Silva, Pedro Vladimir Gonzales Castellanos, Roberto Brauer di Renna, Tadeu Nagashima Ferreira, Vanessa Przybylski Ribeiro Magri e Victor Fernandes

A linha de pesquisa em Sinais e Sistemas de Comunicações Móveis possui três objetivos principais. O primeiro é o estudo das novas gerações dos Sistemas de Comunicações Móveis e as principais teorias relacionadas à irradiação e propagação das ondas eletromagnéticas em meios confinados ou abertos, abrangendo frequências até sub- Terahertz, incluindo o desenvolvimento de dispositivos e antenas de alta frequência em tecnologia de circuito impresso. O segundo objetivo consiste de desenvolver pesquisas relacionadas a técnicas de análise e síntese de sinais, com ênfase em: modelagem matemática e mecânica da produção da voz, identificação de patologias das cordas vocais, envelhecimento da voz, reconhecimento de voz e de locutor, algoritmos para compressão e processamento de imagens e vídeo. O terceiro objetivo envolve investigar sistemas radar, com foco em processamento de sinais, equações fundamentais de alcance e seção reta radar, bem como em sistemas conjuntos de comunicação e detecção. Assim, são abordados os seguintes temas:

Tema 1 – Caracterização, Modelagem e Simulação do Canal Rádio Móvel

Estuda-se o comportamento do canal rádio, caracterizando-o tanto em faixa estreita quanto faixa larga, através de medições no canal, identificando as estatísticas de variabilidade de sinal, a cobertura de sinal rádio, modelos de predição de cobertura, dispersão do sinal na frequência e no tempo, definindo-se parâmetros como Doppler, *delay spread*, banda de coerência, etc., que levam ao conhecimento da dispersão do sinal no canal e vão contribuir, dentre outros, para a escolha adequada da taxa de transmissão e da técnica de modulação a ser empregada no sinal a ser transmitido pelo canal de propagação.

Técnicas de medição são estudadas e a aderência dos modelos de predição de cobertura às medições e mesmo o desenvolvimento de novos modelos de cobertura são tratados, além de estudo das técnicas de simulação do canal.

Tema 2 - Sistemas *Wireless*

São estudados os sistemas de comunicação sem fio, abrangendo os sistemas celulares, de TV Digital e de satélites, envolvendo a caracterização de parâmetros, interface de acesso e operações em banda-básica, dentre as quais: equalização, codificação e separação de acesso múltiplo.

Tema 3 - Ferramentas de Inteligência Artificial aplicadas à Modelagem do Canal Rádio Móvel

O avanço das técnicas de Inteligência Artificial tem transformado significativamente a forma como analisamos e interpretamos sinais complexos. Este tema investiga métodos de aprendizado de máquina, redes neurais profundas e modelagem estatística aplicados tanto ao processamento de sinais de voz quanto à modelagem do canal rádio móvel. As pesquisas exploram abordagens de aprendizado supervisionado, não supervisionado e por reforço, utilizando arquiteturas como Redes Neurais Convolucionais (CNNs – Convolutional Neural Networks), Redes de Memória de Longo e Curto Prazo (LSTMs – Long Short-Term Memory Networks), Transformadores (Transformers), Autoencoders Variacionais (VAEs – Variational Autoencoders) e Redes Adversariais Generativas (GANs – Generative Adversarial Networks). O objetivo é formar pesquisadores capazes de atuar na caracterização de ambientes e canais de redes móveis de próxima geração.

Tema 4 – *Power Line Communication (PLC)*

Power Line Communication (PLC) é a tecnologia que consiste em transmitir dados pela rede de energia elétrica. PLC pode ser classificado em dois tipos de acordo com sua banda de frequência: i) PLC banda estreita, para comunicações de longo alcance e baixa taxa de dados e ii) PLC de banda larga, para comunicações de curto alcance e alta taxa de dados. Em ambos, a pesquisa visa modelar o canal de transmissão PLC, investigando aspectos como resposta em frequência, densidade espectral de potência do ruído aditivo, capacidade, entre outros. Além disso, é possível verificar a viabilidade da comunicação híbrida PLC e wireless, a qual utiliza tanto o meio confinado quanto o meio sem fio para aumentar a confiabilidade e/ou a taxa de dados dos sistemas de comunicações.

Tema 5 – Sistemas RADAR

A pesquisa em sistemas radar tem se concentrado em diversas áreas fundamentais para o desenvolvimento e aprimoramento desses sistemas. Uma linha de pesquisa essencial está no processamento de sinais, que visa aprimorar algoritmos para detecção, rastreamento, identificação e classificação de alvos em ambientes complexos. Além disso, o estudo da seção reta radar é crucial para entender e manipular a assinatura radar dos alvos, otimizando a furtividade dos alvos e a eficácia dos sistemas. A integração de comunicações

e detecção representa uma abordagem inovadora, permitindo que o radar não apenas detecte alvos, mas também transmita informações enquanto realiza suas funções de sensoriamento. Essas áreas de pesquisa, juntamente com outras, contribuem significativamente para avanços contínuos na eficácia e na versatilidade dos sistemas radar.

Dispositivos, Sistemas e Instrumentação para Comunicações Óticas:

Docentes permanentes envolvidos: *Andrés Pablo López Barbero, Hypolito Jose Kalinowski, Ricardo Marques Ribeiro e Vinicius Nunes Henrique Silva*

A linha de pesquisa em Sistemas de Comunicações Óticas tem como objetivos principais apresentar os conceitos utilizados em sistemas de comunicação baseados em fibra ótica e desenvolver modelos numéricos e ferramentas computacionais que permitam estudar sistemas óticos modernos e suas aplicações. Atua em sistemas óticos a fibras de silício, sistemas para curtas distâncias baseados em fibras óticas plásticas, sistemas de ótica do espaço livre (FSO - *Free Space Optics*), dispositivos óticos baseados em cristal líquido (ex.: filtros WDM), amplificadores óticos, dispositivos a fibras óticas plásticas, sensores a fibras óticas, assim como a integração de tecnologias consagradas como acusto-óticas e *Microwave Photonics*. Atualmente, desenvolve equipamentos com eletrônica embarcada microprocessada, além de realizar pesquisas utilizando a fibra e estruturas típicas de comunicações óticas como sensores de temperatura e sensores biomédicos. Há pesquisas com transmissão de dados em ultrassom utilizando barras metálicas. São realizadas também modelagem de interferências no meio sem fio, como a turbulência atmosférica. Nesses contextos, são abordados os seguintes temas:

Tema 1 – Dispositivos e equipamentos para sistemas e subsistemas óticos de curta distância

Tem por objetivos estudar e desenvolver equipamentos (de transmissão e recepção) e técnicas de compensação de distorções. Basicamente, estas questões envolvem o que costuma ser denominado na literatura como "problema da última milha", e que envolve a utilização de fibras óticas plásticas. Paralelamente, são também estudados e desenvolvidos sensores usando fibras óticas plásticas.

Tema 2 – Modelagem Numérica de Dispositivos Fotônicos

Nesse tema, é realizada a modelagem numérica, usando as técnicas das diferenças finitas (FD) e elementos finitos (FE), tanto no domínio da frequência como no domínio do tempo, para a simulação dos mais variados dispositivos fotônicos, tanto ativos como passivos. A tecnologia fotônica vem evoluindo muito rapidamente nos últimos anos. Essa evolução tecnológica traz consigo uma maior complexidade dos circuitos óticos envolvidos. Neste cenário de complexidade, não há espaço para empirismo, sendo necessário o domínio de técnicas numéricas que sejam capazes de simular de maneira fiel o comportamento do futuro dispositivo, para diminuir custos e prazos de fabricação destes dispositivos. Nesse sentido, busca-se desenvolver novas formulações, tanto em FD como em FE, para tornar as novas simulações cada vez mais fiéis ao comportamento esperado dos novos dispositivos.

Tema 3 – Tecnologias Ópticas para Aplicação em Redes Locais (LAN), de Acesso, Metropolitana (MAN) e de Longa Distância (WAN)

Em anos recentes, a grande expansão das redes de telecomunicações tem sido impulsionada, principalmente, pela demanda por largura de banda de aplicativos da Internet. Os desenvolvimentos tecnológicos das últimas duas décadas mostram claramente que a infraestrutura de telecomunicações capaz de suportar múltiplas aplicações, com elevada qualidade de serviço, deve ser baseada em redes ópticas de alta capacidade o que, necessariamente, resulta em maior e melhor exploração da capacidade das fibras ópticas. O eficiente planejamento e projeto de uma rede óptica de alta capacidade envolvem a otimização de um grande número de parâmetros associados não apenas ao meio de transmissão (fibra óptica ou espaço livre), mas também ao transmissor, receptor e, quando necessário, ao amplificador óptico. Em particular, nos sistemas WDM, a degradação da relação sinal-ruído e os efeitos não lineares em fibra devem ser criteriosamente avaliados. Atualmente, diversos grupos de pesquisa em todo o mundo dedicam-se ao desenvolvimento de ferramentas computacionais que são extensivamente usadas para modelar o comportamento de redes locais (LAN) e de acesso, metropolitana (MAN) e de longa distância (WAN) implementadas com a tecnologia óptica. As simulações numéricas permitem que os objetivos do projeto sejam alcançados a custos mínimos.

Tema 4 – Sensores a Fibras Ópticas

Os sensores baseados em fibras ópticas possuem diversas aplicações nas mais variadas áreas, tais como: sensores de parâmetros ambientais, biomédicos, elétricos, mecânicos, químicos, entre outros. Das diversas técnicas para o desenvolvimento de sensores baseados em fibras ópticas, o grupo tem se especializado em sensores interferométricos e sensores baseados em grades de Bragg (FBG's e LPG's).

Tema 5 – Dispositivos Ópticos Baseados em Cristais Líquidos

Os cristais líquidos (LCs), devido a sua birrefringência e sensibilidade ao campo elétrico, podem ser aplicados em diversos campos da ciência e da tecnologia. Trata-se de materiais que são opticamente, eletricamente e magneticamente anisotrópicos que têm como principal característica a alteração da propriedade birrefringente em função da temperatura e/ou do campo elétrico. Os LCs não somente se tornaram peças-chave na fabricação de monitores, mas também tem grande importância para aplicações em telecomunicações, sensores, óptica difrativa, hologramas, cinema 3D, etc. Essa variação controlada da birrefringência vem chamando a atenção para muitos estudos envolvendo, principalmente, as comunicações ópticas (WDM). Por exemplo, os LCs denominados *Chiral Nematics* refletem a luz de acordo com a qualidade do material, podendo ser utilizados para a fabricação de espelhos sintonizáveis, sensores de cor, sensores de temperatura, filtros espectrais passivos, entre outros. Os LCs simétricos são interessantes devido à característica biestável e, conseqüentemente, alta velocidade de comutação das moléculas que, sob a ação de um campo elétrico, têm aplicação em moduladores e obturadores (*shutters*) e afins. Outras aplicações, como filtros sintonizáveis, imageamento óptico, laser sintonizáveis e guias de ondas, são dispositivos úteis e que irão abrir um novo caminho para o estudo e uso de LCs em sua fabricação.

Tema 6 – Dispositivos e Sistemas Fotônicos para Telecomunicações e Processamento Fotônico de Sinais Ópticos e de Microondas

Observa-se uma tendência de completa “fotonização” das redes de Telecomunicações baseadas em fibra óptica, onde o processamento eletrônico é apenas realizado nas extremidades da rede. Além do mais, com a proliferação dos dispositivos móveis (e a sua capacidade) e a escassez de disponibilidade do espectro na faixa de rádio, observa-se, também, uma fusão entre as redes a fibra óptica (*wireline*) com as redes sem-fio (*wireless*). O objetivo é conceber, projetar, simular via *software*, montar configurações experimentais em Laboratório e, eventualmente, conceber uma implementação em optoeletrônica integrada, visando o desenvolvimento de dispositivos e sistemas de processamento óptico inovadores, aplicados às Telecomunicações, baseados nas fibras ópticas de sílica ou fibras fotônicas, nos seguintes casos: i) Redes ópticas digitais; ii) Enlaces e redes ópticas analógicas e iii) Processamento óptico de Microondas (*Microwave-Photonics*). São diversos os dispositivos e sistemas que aqui podem ser objeto de desenvolvimento, alguns já iniciados e outros por iniciar: filtros espectrais, filtros para Microondas, filtros temporais, lasers *mode-locked*, sintetizadores de pulsos, conversores de formato de modulação digital, moduladores ópticos, conversores AD e DA para comunicações a fibra, sistemas receptores de microondas analógicos para uso na área de defesa, amostragem óptica, limitadores ópticos, bloqueadores de portadora, etc. Também é considerado nesse tema o uso da nanotecnologia/nanofotônica, como em metamateriais, nos dispositivos e sistemas a serem desenvolvidos.

II. ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Objetiva o ensino, a pesquisa e o desenvolvimento das mais modernas técnicas utilizadas para dar suporte à expansão e à continuidade de fornecimento de energia com qualidade, permitindo planejar, especificar, projetar, construir, operar e administrar os sistemas de Geração, Transmissão e Distribuição de energia elétrica, bem como apoiar processos industriais, incluindo: o desenvolvimento de métodos de previsão para o auxílio à tomada de decisão nos horizontes de planejamento da expansão e da operação de sistemas elétricos; simulações computacionais de sistemas elétricos envolvendo condições de regime permanente e transitórios; o estudo do impacto da inserção de novas fontes de geração no sistema; estudos das condições operativas do sistema através da análise e monitoramento de variáveis de relevância para o sistema elétrico, incluindo técnicas de controle e estimação de estados; estudos de mitigação de perdas técnicas e não-técnicas; estudos de sensoriamento e monitoração da qualidade do fornecimento de energia; estudo da inserção de novas tecnologias, tais como a inserção do carro elétrico; modelagem de máquinas de pequeno e grande porte, motores especiais, incluindo o seu acionamento eletrônico; o estudo e análise de dispositivos elétricos utilizados em sistemas elétricos de potência; o estudo e aplicação dos materiais supercondutores no desenvolvimento de diversos dispositivos e equipamentos elétricos, como transformadores, cabos, motores/geradores, acumuladores de energia elétrica e limitadores de corrente de curto-circuito, e; o estudo de aplicação e desenvolvimento de elementos ativos controlados com uso de chaves eletrônicas semicondutoras de potência no sistema elétrico. Duas são as linhas de pesquisa desta área:

Transição Energética

Docentes permanentes envolvidos: Bruno Soares Moreira Cesar Borba, Bruno Wanderley França, Daniel Henrique Moreira Dias, Felipe Sass, Flávio Goulart dos Reis Martins e Guilherme Gonçalves Sotelo

A linha de pesquisa em Transição Energética dedica-se ao estudo, desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias, dispositivos e sistemas voltados à modernização dos sistemas elétricos de potência e à consolidação de uma matriz energética mais sustentável, eficiente, flexível e resiliente. Nesse contexto, são investigados temas relacionados à integração de fontes renováveis de energia, recursos energéticos distribuídos, armazenamento de energia, eletromobilidade, redes inteligentes e desenvolvimento de novos equipamentos elétricos para aplicações em sistemas de energia modernos. A linha contempla o estudo e desenvolvimento de conversores eletrônicos de potência e sistemas de acionamento para aplicações diversas, incluindo integração de fontes renováveis, sistemas de armazenamento, microrredes, qualidade de energia, acionamentos elétricos, infraestrutura de recarga de veículos elétricos, inclusão de hidrogênio verde na matriz energética e sistemas de transmissão em corrente contínua em alta tensão (HVDC). Também são abordadas tecnologias de eletrônica de potência em temperatura ambiente e criogênica, visando aplicações de elevada eficiência e densidade de potência. As pesquisas envolvem o desenvolvimento de modelos matemáticos, simulações computacionais e métodos numéricos, como o método dos elementos finitos (MEF) e simulações digitais em tempo real (RTDS), aliados a testes em escala laboratorial de protótipos construídos com técnicas computadorizadas, como usinagem CNC e impressão 3D, aplicados à análise, projeto, controle e otimização de máquinas elétricas, conversores, dispositivos e sistemas energéticos. São estudadas máquinas elétricas convencionais e especiais, sistemas de conversão de energia e novos materiais aplicados à engenharia elétrica, incluindo tecnologias supercondutoras para equipamentos e dispositivos de alto desempenho. A linha busca contribuir para o avanço científico e tecnológico em áreas estratégicas da transição energética, promovendo soluções inovadoras para geração, conversão, transmissão, armazenamento e uso eficiente da energia elétrica. Assim, são tratados os seguintes temas:

Tema 1: Desenvolvimento de Dispositivos Supercondutores e Eletrônica de Potência Criogênica

Materiais supercondutores apresentam resistência elétrica nula em corrente contínua quando submetidos a temperaturas criogênicas, além de propriedades eletromagnéticas singulares que os tornam promissores para aplicações em sistemas elétricos de potência. Com os avanços na ciência dos materiais e nas ferramentas computacionais, essas tecnologias vêm ganhando destaque em aplicações que demandam alta eficiência energética, elevada densidade de potência e maior confiabilidade operacional. Nesse contexto, o grupo do PPGEET atua no desenvolvimento de dispositivos supercondutores e de eletrônica de potência criogênica, abrangendo estudos teóricos, modelagem computacional e desenvolvimento experimental de protótipos. As pesquisas incluem aplicações como limitadores de corrente de curto-circuito (LCCs), máquinas elétricas supercondutoras, sistemas de armazenamento de energia magnética (SMES) e

cinética(flywheels), magnetos supercondutores e flux pumps. Os principais desafios envolvem a modelagem dos fenômenos não lineares dos materiais supercondutores, o desenvolvimento de sistemas criogênicos e a análise eletromagnética, térmica e dinâmica desses dispositivos em redes elétricas. Para isso, são utilizadas técnicas avançadas de simulação e validação experimental em laboratório. A natureza multidisciplinar dessas pesquisas posiciona o desenvolvimento de dispositivos supercondutores e da eletrônica de potência criogênica como uma área estratégica e de fronteira na engenharia elétrica, considerada por agentes internacionais como um dos ramos chaves na transição energética.

Tema 2: Aplicações de Eletrônica de Potência em Sistemas Elétricos

O desenvolvimento e aperfeiçoamento dos conversores eletrônicos são de fundamental importância para o bom desempenho e, quando necessário, a ampliação dos sistemas elétricos de potência. Entre as inúmeras aplicações dos conversores, podem ser mencionadas aquelas referidas aos acionamentos de máquinas elétricas, convencionais e não convencionais, aos compensadores de reativos, filtros ativos e, em geral, aos equipamentos que controlam o fluxo de potência no sistema elétrico (FACTS). Para a eficácia da operação dos mesmos, diversas áreas de conhecimento devem ser contempladas, como por exemplo, aquelas dedicadas às topologias dos conversores, à modelagem dinâmica dos mesmos e às técnicas de controle. A título de exemplo, para a interface entre fontes de energia alternativa e a rede, um dos principais conversores utilizados é o inversor. Para diminuir o conteúdo harmônico, inerente ao caráter discreto dos sinais envolvidos, o denominado inversor multinível, proposto desde os anos oitenta, tem evoluído continuamente, não somente graças ao aumento da capacidade de operação das chaves semicondutoras, mas também pelas diversas topologias propostas. No caso dos equipamentos FACTS, a evolução dos conversores eletrônicos tem permitido não somente a redução da distorção harmônica, mas também a capacidade de operação em níveis de tensão cada vez maiores.

Tema 3: Aplicação de novas tecnologias para sistemas de geração distribuída e veículos elétricos

Este projeto tem como objetivo dar continuidade ao trabalho desenvolvido no âmbito da aplicação de novas tecnologias para sistemas de geração distribuída e para o desenvolvimento de veículos elétricos. Além disso, o impacto da inserção dessas tecnologias no sistema elétrico de potência também será foco de estudo e desenvolvimento. A motivação principal para o desenvolvimento deste projeto se deve ao forte crescimento e popularização dos veículos elétricos nos dias atuais. Apesar de se tratar de uma ideia antiga, a evolução tecnológica na área, principalmente no que diz respeito a sistemas de armazenamento eletroquímicos (Baterias), fez com que esses veículos voltassem novamente ao centro das atenções. Por outro lado, o crescimento da demanda por energia elétrica, devido a este novo cenário, aponta para a diversificação da matriz energética, que aliado à necessidade de preservação do meio ambiente favorece as pesquisas envolvendo fontes renováveis para geração de energia elétrica. Dentre as fontes alternativas para geração de energia elétrica, o uso das células fotovoltaicas vem sendo

ampliado nos últimos anos. Neste contexto, este projeto tem como foco principal o estudo e desenvolvimento tecnológico dos seguintes tópicos:

- Sistemas de geração de energia solar fotovoltaica – Aplicação e Impactos no sistema de energia elétrica
- Veículos Elétricos – Desenvolvimento tecnológico dos componentes do sistema (Motor, Bateria, sistemas eletrônicos, etc.) e impacto do carregamento no sistema de energia elétrica.

Tema 4 – Tecnologias Educacionais para a Transição Energética

A crescente transformação dos sistemas energéticos, impulsionada pela integração de fontes renováveis, redes inteligentes, armazenamento de energia, eletromobilidade, hidrogênio verde e digitalização do setor elétrico, demanda novas abordagens para formação e capacitação de engenheiros, pesquisadores e profissionais do setor energético. Nesse contexto, este tema de pesquisa dedica-se ao desenvolvimento, aplicação e avaliação de tecnologias educacionais voltadas ao ensino, treinamento e capacitação em sistemas energéticos modernos e tecnologias associadas à transição energética. As pesquisas contemplam o desenvolvimento de metodologias e ferramentas para apoio ao ensino em Engenharia Elétrica e áreas correlatas, envolvendo laboratórios virtuais e remotos, plataformas digitais de aprendizagem, sistemas embarcados educacionais, simulação computacional, realidade virtual e aumentada, inteligência artificial aplicada à educação, gamificação, ambientes interativos de aprendizagem e desenvolvimento de recursos didáticos voltados às tecnologias energéticas emergentes. O tema também abrange estudos relacionados à formação de competências técnicas e interdisciplinares necessárias para atuação em áreas como energias renováveis, eletrônica de potência, redes inteligentes, armazenamento de energia, eficiência energética, mobilidade elétrica e sustentabilidade energética, buscando aproximar a formação acadêmica das demandas tecnológicas e industriais do setor elétrico contemporâneo. Neste contexto, são desenvolvidas plataformas computacionais, sistemas de monitoramento e experimentação didática, ferramentas para análise de dados educacionais, ambientes híbridos e remotos de aprendizagem e soluções tecnológicas voltadas ao ensino de sistemas energéticos modernos. Também são investigadas metodologias ativas de ensino-aprendizagem, estratégias de capacitação tecnológica e iniciativas de integração entre universidade, indústria e sociedade, com foco na formação continuada de recursos humanos e na difusão do conhecimento associado à transição energética. Dessa forma, este tema busca contribuir para a modernização da formação em engenharia, promovendo inovação tecnológica aplicada à educação e fortalecendo a capacitação de profissionais aptos a atuar nos desafios científicos, tecnológicos e sociais associados à transição energética.

Modelagem e Análise de Sistemas de Energia Elétrica:

Docentes permanentes envolvidos: André Abel Augusto, André da Costa Pinho, Angelo Cesar Colombini,, Henrique de Oliveira Henriques, Julio Cesar Stacchini de Souza, Marcio Zamboti Fortes, Sergio Gomes Junior

Docentes colaboradores envolvidos: Rainer Zanghi

Esta linha de pesquisa está dedicada ao estudo de problemas de sistemas de energia elétrica, através de obtenção inteligente de dados, desenvolvimento de modelos matemáticos e implementação computacional, ou seja, promove o desenvolvimento de novos algoritmos, métodos numéricos, modelos computacionais, critérios, procedimentos e técnicas de simulação, buscando novas e melhores soluções que otimizem aspectos econômicos, sociais, de adequação, de segurança, de qualidade e continuidade relacionados aos sistemas elétricos. Está focado na integração das mais modernas técnicas de sensoriamento que propiciam o uso de ferramentas, tais como técnicas de otimização, inteligência computacional, aprendizado de máquina e metaheurísticas. Atualmente, como projetos de pesquisa em desenvolvimento podem ser citados: desenvolvimento de métodos de previsão para o auxílio à tomada de decisão nos horizontes de planejamento da expansão e da operação de sistemas elétricos; estudo do impacto da inserção de novas fontes de geração no sistema; estudos das condições operativas do sistema através da análise e monitoramento de variáveis de relevância para o sistema elétrico, incluindo técnicas de controle e estimação de estados; desenvolvimentos computacionais de metodologias de análise e modelagem voltadas para dinâmica e controle, transitórios eletromagnéticos, ressonância subsíncrona, distorção harmônica ou estabilidade de tensão; simulações envolvendo fasores dinâmicos; estudos do desempenho dinâmico de FACTS e elos de corrente contínua (HVDC), incluindo análise de interações adversas, ajuste coordenado e o problema de múltiplas alimentações HVDC (multi-infeed); computação de alto desempenho na simulação de sistemas de potência; utilização de unidades de medição fasorial (PMU). Assim, são abordados os seguintes temas:

Tema 1: Estudo do impacto da inserção de novas fontes de geração no sistema

Nas últimas décadas, as fontes renováveis de energia têm ganhado espaço no mundo, sendo apontadas como uma solução para a diversificação das matrizes de energia elétrica, aumento da segurança energética e redução de impactos ambientais associados com a geração de energia elétrica. Dentre as alternativas tecnológicas, merecem destaque as fontes de energia intermitentes. Fontes de energia intermitentes são recursos energéticos renováveis que, para fins de conversão em energia elétrica pelo sistema de geração, não podem ser armazenados em sua forma original. São considerados sistemas de geração intermitentes o sistema eólico, o solar fotovoltaico, e o concentrador solar sem armazenamento de energia. A interação diferenciada das fontes intermitentes com o sistema elétrico pode causar impactos locais e/ou mais amplos, devendo exigir novas abordagens e novas soluções para a operação do setor. Em sua maioria, os sistemas elétricos não apresentam dificuldade de operação quando fontes intermitentes são inseridas na matriz elétrica em pequena escala, usualmente inferior a 5% da demanda de carga, entretanto, os possíveis problemas começam a surgir quando a penetração das fontes intermitentes é mais expressiva. Neste sentido, este projeto tem por objetivo modelar e analisar o impacto da entrada em maior escala destas novas alternativas tecnológicas no setor elétrico.

Tema 2: Estudos das condições operativas do sistema através da análise e monitoramento de variáveis de relevância para o sistema elétrico, incluindo técnicas de

controle e estimação de estado.

Os atuais Centros de Operação do Sistema (COS) retratam o progresso significativo alcançado pela área de tecnologia da informação. Computadores com alta capacidade de processamento e armazenamento de informações, distribuídos em rede, com facilidades gráficas, permitiram o aprimoramento dos Sistemas de Gerenciamento de Energia em um COS e de seus programas aplicativos. As funções básicas de tais sistemas dizem respeito à aquisição e visualização de informações sobre a rede elétrica supervisionada em tempo real; ao tratamento de mensagens e alarmes e ao telecomando para abertura / fechamento de chaves e disjuntores. Este projeto busca a aplicação de técnicas de reconhecimento de padrões para o diagnóstico de defeitos e anormalidades sistêmicas e em geradores elétricos; o emprego de meta-heurísticas para a modelagem e solução de problemas relacionados ao planejamento e operação de sistemas de distribuição; a investigação de métodos voltados para a melhoria da segurança de sistemas elétricos de potência e o desenvolvimento de metodologias para problemas relacionados à estimação de estado de sistemas de potência e para o planejamento ótimo da operação de sistemas de transmissão e distribuição.

Tema 3: Estudos de Implementação de Redes Inteligentes utilizando software e hardware Livre

O conceito de redes inteligentes (RI) representa uma das maiores evoluções em sistemas elétricos dos últimos anos. Os principais motivadores para seu estudo e desenvolvimento são: (i) Aumento do volume e da qualidade de informações a serem disponibilizadas para tomada de decisão nos processos de operação, manutenção e expansão do sistema; (ii) A crescente implantação de geração distribuída, com destaque para as fontes renováveis, estimulada pelo esgotamento futuro dos grandes aproveitamentos energéticos e a necessidade de redução dos impactos negativos ao meio ambiente. (iii) A mudança do papel do consumidor, que hoje tem um papel passivo, para interagir com o sistema elétrico, produzindo e comercializando sua energia, escolhendo seus fornecedores e gerenciando seu consumo de energia. Atualmente no Brasil, devido a uma regulação bastante rígida, este conceito tem sido expandido apenas para medições inteligentes, pois o retorno financeiro é garantido pelo combate aos furtos de energia. Outras funções tais como a reconfiguração automática da rede, integração e gerenciamento da geração distribuída, ilhamento, dentre outras, têm sido desenvolvidas em cidades inteligentes, apenas em caráter experimental ou demonstrativo. As principais ferramentas das RI's, independente das funções a serem implementadas, são o sensoriamento, o tratamento do dado a ser adquirido, desenvolver a inteligência para análise, diagnóstico e comandos locais e a comunicação em rede, interna e externa, para algum centro de controle. Esta linha de pesquisa tenta estudar soluções de baixo custo, utilizando hardware e software livres, onde as mais modernas técnicas de inteligência computacional podem ser desenvolvidas e embarcadas em minicomputadores ou em micro-controladores, visando buscar soluções locais para problemas operacionais, qualidade de fornecimento, eficiência energética, atendendo as limitações exigidas pela regulamentação da ANEEL.

Tema 4: Transitórios Eletromecânicos em Sistemas Elétricos de Potência

Os transitórios eletromecânicos correspondem a variações das velocidades das máquinas síncronas que compõem as usinas elétricas. São transitórios de baixa frequência, da ordem do Hz, e que são associados à perda de sincronismo de usinas ou a oscilações crescentes, podendo em casos extremos, causar desligamentos de grandes proporções (black-outs). As análises dinâmicas envolvem principalmente simulações computacionais, podendo utilizar simulações no domínio do tempo por integração numérica, com modelos não lineares, ou análise linear, também utilizada na teoria de controle, com uma modelagem linearizada do sistema. Neste tema de pesquisa são investigadas modelagens e metodologias de análise dinâmica. Considera-se a iteração dinâmica dos diversos componentes, modelagem para transitórios eletromecânicos do comportamento dinâmico dos diversos componentes do sistema, análise de estabilidade eletromecânica, análise dinâmica a pequenos sinais, identificação e solução de problemas dinâmicos, ajustes coordenado de controladores e reprodução do comportamento dinâmico do sistema observados durante a operação com unidades de medição fasorial (PMUs).

Tema 5: Transitórios Eletromagnéticos em Sistemas Elétricos de Potência.

Os transitórios eletromagnéticos são provocados por trocas dinâmicas de energia eletromagnética em redes de transmissão causadas por manobras ou descargas atmosféricas. São transitórios de alta frequência e resultam principalmente em sobretensões e sobrecorrentes que podem ser de intensidade muitas vezes maior que as suportadas em regime permanente, podendo em casos extremos provocar danos a equipamentos ou componentes e desligamentos. Neste tema de pesquisa são investigadas modelagens e metodologias de análise de transitórios eletromagnéticos. Considera-se principalmente as simulações computacionais de transitórios eletromagnéticos de manobra, análise linear de ressonâncias da rede de transmissão, análise de ressonância subsíncrona e o fenômeno da ferorressonância. Considera-se ainda nesta linha de pesquisa a análise dinâmica de elos de corrente contínua e FACTS em alta frequência, incluindo ajuste de controladores, modelagem utilizando fasores dinâmicos, simulação de falhas de comutação e análise de múltiplas alimentações em corrente contínua (HVDC multi-infeed).

Tema 6: Métodos de Detecção, Localização e Combate às Perdas Técnicas e Não-técnicas

O transporte da energia, seja na Rede Básica ou na distribuição, resulta inevitavelmente em perdas técnicas relacionadas à transformação de energia elétrica em energia térmica nos condutores (efeito joule), perdas nos núcleos dos transformadores, perdas dielétricas etc. As perdas não técnicas ou comerciais decorrem principalmente de furto (ligação clandestina, desvio direto da rede) ou fraude de energia (adulterações no medidor), popularmente conhecidos como “gatos”, erros de medição e de faturamento. Este projeto visa pesquisar métodos de obtenção e monitoramento de perdas técnicas on line no seguimento de baixa tensão, utilizando o conceito de redes inteligentes e Internet of Things (IoT). Este monitoramento é essencial para determinação das perdas não técnicas, pois estas são calculadas pela diferença entre as perdas totais (valor injetado de energia – somatório das energias consumidas pelos consumidores) e as perdas técnicas. Para atingir o objetivo do projeto, é necessário estudar os tipos de sensores térmicos a serem usados

e avaliar a viabilidade de se usar sensores de fibra óptica. Devem ser estudados os métodos de transdução de temperatura para perdas técnicas em cabos nus, isolados ou cobertos. Para monitoramento das perdas “on line”, é necessário estudar que tipo de rede de comunicação deve ser adotada, tanto em grandes centros urbanos como em áreas rurais. Dentro da filosofia de IOT’s, deverão ser estudadas e desenvolvidas interfaces com dispositivos de consulta tais como Smart Watches, celulares e tablets.

III. ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SISTEMAS DE COMPUTAÇÃO

A área de concentração em Sistemas de Computação tem por objetivo a pesquisa e o desenvolvimento de soluções de hardware e de software para comunicação, supervisão, operação, controle, simulação e otimização de sistemas complexos, com enfoque em infraestruturas críticas tais como sistemas de energia elétrica, de telecomunicações e aplicações biomédicas. Esta área contempla duas linhas de pesquisa:

Redes de Computadores, Sistemas de Informação e Inteligência Artificial:

Docentes permanentes envolvidos: Dianne Scherly Varela de Medeiros, Diogo Menezes Ferrazani Mattos, Natalia Castro Fernandes e Nicollas Rodrigues de Oliveira

Nesta linha, são estudados fundamentos, métodos e tecnologias associados a redes de computadores, sistemas de informação e inteligência artificial, com ênfase em segurança, desempenho, confiabilidade, qualidade de serviço e qualidade de experiência. A linha contempla o projeto, a análise, a implementação e a avaliação de arquiteturas, protocolos, mecanismos de controle, sistemas distribuídos e aplicações inteligentes voltadas a ambientes de comunicação modernos e a domínios críticos. São abordados temas relacionados a redes definidas por software, virtualização de funções de rede, computação em nuvem, Internet das Coisas, redes sem fio, redes de sensores, redes elétricas inteligentes, sistemas multimídia, segurança de redes, cibersegurança, privacidade, confiança zero, aprendizado de máquina e inteligência artificial aplicada à operação, proteção e automação de sistemas. Também são investigados mecanismos de segurança para sistemas baseados em IA, incluindo robustez, confiabilidade, explicabilidade, detecção de ataques adversariais e proteção contra uso malicioso de modelos inteligentes. A linha também contempla o desenvolvimento de sistemas de informação para domínios críticos, como saúde, telemedicina, energia elétrica, cidades inteligentes e infraestruturas essenciais, considerando requisitos de segurança, privacidade, interoperabilidade, disponibilidade, rastreabilidade, desempenho e conformidade regulatória. Assim, são abordados os seguintes temas:

Tema 1 – Redes de Computadores, Sistemas Distribuídos e Infraestruturas Programáveis

Este tema trata do estudo, desenvolvimento e avaliação de arquiteturas, protocolos e mecanismos para redes de computadores modernas. São investigadas novas arquiteturas de rede, redes definidas por software, virtualização de funções de rede, encadeamento de funções de serviço, redes centradas em conteúdo, computação em nuvem, computação de borda e sistemas distribuídos. O objetivo é propor soluções capazes de melhorar

desempenho, escalabilidade, elasticidade, disponibilidade, eficiência energética, qualidade de serviço e qualidade de experiência. Também são estudadas técnicas de controle, monitoramento e gerência de redes, incluindo gerência baseada em políticas, automação de operação, orquestração de serviços e suporte a aplicações multimídia, IoT e sistemas de grande escala.

Tema 2 – Segurança de Redes, Cibersegurança e Confiança Zero

Este tema aborda problemas clássicos e emergentes de segurança em redes de computadores e sistemas distribuídos. São estudados ataques distribuídos de negação de serviço, exploração de vulnerabilidades, malware, ataques zero-day, segurança em IoT, autenticação, autorização, criptografia, auditoria, gestão de identidade, privacidade e provisão segura de qualidade de serviço. Também são investigadas arquiteturas modernas de segurança, como Confiança Zero, perímetro definido por software, microsegmentação, controle de acesso contínuo, segurança baseada em políticas e mecanismos de detecção e resposta a incidentes. O tema contempla ainda o uso de blockchain, identidades digitais descentralizadas, aprendizado de máquina e análise de tráfego para proteção de redes, serviços e infraestruturas críticas.

Tema 3 – Inteligência Artificial, Aprendizado de Máquina e Segurança de Mecanismos de IA

Este tema concentra-se no uso de inteligência artificial e aprendizado de máquina para análise, automação, otimização e proteção de redes, sistemas de informação e aplicações críticas. São investigados modelos supervisionados, não supervisionados, federados, distribuídos e generativos, aplicados a tarefas como detecção de intrusão, previsão de demanda, classificação de tráfego, detecção de anomalias, otimização de recursos, análise de dados e suporte à decisão. Além do uso de IA como ferramenta, o tema também estuda a segurança dos próprios mecanismos de IA. Isso inclui robustez de modelos, ataques adversariais, envenenamento de dados, evasão, vazamento de informação, explicabilidade, privacidade, segurança de modelos de linguagem, avaliação de riscos e mecanismos de proteção para sistemas baseados em IA. O objetivo é desenvolver soluções inteligentes que sejam não apenas eficazes, mas também seguras, auditáveis, confiáveis e adequadas a ambientes críticos.

Tema 4 – Sistemas de Informação e Aplicações em Domínios Críticos

Este tema trata do desenvolvimento de sistemas de informação, plataformas computacionais e aplicações inteligentes para domínios críticos, especialmente saúde, telemedicina, energia elétrica, cidades inteligentes, redes elétricas inteligentes e infraestruturas essenciais. São estudadas soluções para coleta, integração, processamento, proteção e análise de dados em ambientes que exigem alta disponibilidade, segurança, privacidade, confiabilidade, interoperabilidade e rastreabilidade. No domínio da saúde, destacam-se aplicações em telemedicina, transmissão e análise de imagens médicas, prontuários eletrônicos, apoio à decisão clínica e proteção de dados sensíveis. No domínio elétrico, são abordadas redes elétricas inteligentes, integração entre redes de telecomunicações e sistemas de energia, monitoramento distribuído, segurança cibernética, previsão de demanda e resiliência operacional. O tema também contempla

aplicações em cidades inteligentes, IoT, redes veiculares, redes de sensores, sistemas ciberfísicos e ambientes com restrições de conectividade, energia e capacidade computacional. O foco está na criação de soluções seguras, escaláveis, eficientes e adequadas a cenários de alto impacto social e econômico.

Sistemas Inteligentes de Apoio à Decisão e Engenharia de Software

Docentes permanentes envolvidos: André Da Costa Pinho, Angelo Cesar Colombini, Edson Luiz Cataldo Ferreira, Vitor Hugo Ferreira e Yona Lopes

Docentes colaboradores envolvidos: Cledson Oliveira De Sousa

Esta linha de pesquisa tem por objetivo a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas, algoritmos e métodos computacionais para construção de sistemas de apoio à decisão fundamentados nas melhores práticas de engenharia de software. Nesta perspectiva, a linha reúne pesquisadores que atuam no desenvolvimento de soluções computacionais em contextos interdisciplinares, abrangendo desde o desenvolvimento de soluções baseadas em inteligência computacional para o setor de energia até a utilização de técnicas de processamento de sinais para apoio à decisão em aplicações biomédicas, com enfoque em infraestruturas críticas tais como sistemas de energia elétrica e sistemas de telecomunicações. Para viabilizar e suportar o desenvolvimento destas soluções, são também pesquisadas e difundidas as melhores práticas de engenharia de software, incluindo técnicas avançadas de programação, modelagem de sistemas e gerenciamento de projetos. Assim, são abordados os seguintes temas:

Tema 1: Desenvolvimento de Sistemas de Apoio à Decisão Baseados em Dados para Solução de Problemas em Sistemas de Energia Elétrica

A tendência mundial de digitalização da sociedade, processo que sob o ponto de vista da indústria tem sido denominado de indústria 4.0, dá origem a uma vastidão de dados sobre os mais variados processos. A extração automática de conhecimento a partir dos dados disponíveis é uma das áreas mais importantes da Inteligência Artificial (IA) popularmente conhecida como Machine Learning. De fato, a aplicação de técnicas estatísticas clássicas para análise de dados é um campo de atuação antigo e bem fundamentado, muito em voga atualmente sendo popularmente conhecido como Analytics. Contudo, a disponibilidade de dados aliada com o crescimento exponencial da capacidade de processamento permite a aplicação também de técnicas avançadas de Machine Learning, no que vem sendo denominado Intelligent Analytics. De fato, ao longo dos últimos anos a literatura tem mostrado o sucesso da aplicação de Machine Learning em complexos problemas multivariados envolvendo bases de dados de cardinalidade elevada na área de Sistemas de Energia Elétrica. Neste contexto, este tema tem por objetivo a investigação de metodologias para desenvolvimento de soluções baseadas em dados para apoio à tomada de decisão em Sistemas de Energia Elétrica, tais como:

- Desenvolvimento de sistemas automáticos para previsão de séries temporais (demanda de energia elétrica, energia eólica, energia solar, sinais de

- instrumentação);
- Desenvolvimento de sistemas de extração de conhecimento de bases corporativas para identificação de tendências e de relações custo/benefício tais como o impacto das despesas com manutenção na melhoria dos indicadores de continuidade de sistemas de distribuição de energia elétrica;
- Desenvolvimento de sistemas para alocação ótima de recursos, incluindo planejamento dos investimentos em capital e das despesas com manutenção em sistemas de distribuição e alocação ótima de bases e de equipes de campo;
- Desenvolvimento de sistemas de recomendação do ajuste otimizado dos relés de proteção de sistemas elétricos industriais;
- Desenvolvimento de sistemas para recomendação do layout otimizado de subestações industriais;
- Desenvolvimento de sistemas automáticos para diagnóstico de falhas em sistemas de energia elétrica.

Tema 2: Digitalização de Instalações dos Sistemas Elétricos de Potência

O processo de digitalização de instalações do sistema elétrico tem trazido ganhos em qualidade e desempenho. Além de enormes mudanças no Setor Elétrico brasileiro, inclusive em sua regulamentação, o que traz enormes desafios em pesquisa e desenvolvimento, esta crescente digitalização tem resultado na necessidade de estudo multidisciplinar para os sistemas de energia em diversas áreas como supervisão, controle, proteção e automação de sistemas elétricos e instalações. Temas extremamente relevantes na área incluem subestações digitalizadas, modelagem de sistemas elétricos com a norma IEC 61850, recuperação de falhas, segurança cibernética, Internet of Energy (IoE), dentre outros. A comunicação e a computação tornam-se essenciais no apoio a essas soluções gerando também novos desafios. Surgem novas opções de tecnologias para o sistema elétrico, como o 5G, e as Redes Definidas por Software (SDN) e adaptações na regulamentação internacional e nacional para atender a estas mudanças. Neste contexto, este projeto tem por objetivo o estudo do processo de digitalização do sistema elétrico e avaliação dos seus impactos para o avanço do sistema de energia elétrica. São estudos relevantes realizados neste projeto:

- A investigação de soluções e impactos na utilização de novas tecnologias como o 5G e SDN no sistema elétrico;
- A investigação de métodos voltados para a melhoria da segurança cibernética, o estudo das vulnerabilidades cibernéticas oriundas da digitalização do sistema e das formas de mitigar esses impactos;
- O estudo de soluções de alto desempenho e baixa latência;
- O estudo da aplicação da Norma IEC 61850 dentro e fora de subestações — incluindo seu uso em Teleproteção, Smart Meters, Qualidade de energia, E-mobility, Recursos de Energia Distribuída, Sincrofasores, dentre outros;
- A investigação de métodos voltados para a melhoria do desempenho na comunicação para sistemas elétricos de potência e o desenvolvimento de metodologias para os problemas relacionados.
- O estudo de redes de sensores de baixo custo (temperatura, vibração e acústico), distribuídos, utilizando novas tecnologias de comunicação (IoT), propiciando

implantação de filosofias de apoio à manutenção e operação de sistemas, tais como “Deep Supervision” e “Early detection”.

- O estudo de algoritmos inteligentes de classificação e diagnóstico de eventos que possam ser embarcados em hardware de concentradores de dados.

Tema 3: AIOps para Monitoramento Inteligente e Correlação de Anomalias em Infraestruturas Críticas de Telecomunicações

A crescente complexidade das infraestruturas de tecnologia da informação e comunicação em organizações de grande porte impõe desafios significativos à gestão proativa de falhas e à garantia de continuidade operacional. Neste contexto, o paradigma AIOps — Artificial Intelligence for IT Operations — emerge como abordagem promissora para a automação da detecção, correlação e diagnóstico de anomalias em ambientes heterogêneos, integrando séries temporais de métricas de desempenho, fluxos de registros de eventos e dados de inventário de ativos distribuídos geograficamente. Apesar do crescente interesse acadêmico e industrial, aspectos fundamentais permanecem em aberto: a construção de baselines estatísticas individualizadas e resistentes a fenômenos de deriva gradual; a correlação causal entre anomalias observadas em camadas tipicamente distintas e não avaliadas da pilha de infraestrutura — física, de rede e de aplicação; a viabilização de pipelines de inferência semântica sobre hardware de baixo custo em ambientes com restrições de conectividade e soberania de dados; e a avaliação quantitativa do impacto isolado de cada componente do pipeline sobre a qualidade do diagnóstico produzido. Neste contexto, este projeto tem por objetivo a investigação de arquiteturas e métodos para construção de pipelines AIOps aplicados ao monitoramento de infraestruturas críticas de telecomunicações, com ênfase em ambientes institucionais de grande escala operados sob restrições de orçamento, heterogeneidade de equipamentos e autonomia administrativa parcial. São estudos relevantes realizados neste projeto:

- A investigação de métodos para detecção de anomalias baseada em desvio estatístico sobre baselines temporais segmentadas por janela circadiana, com mecanismos explícitos de resistência ao envenenamento por deriva gradual e alinhamento com os limites operacionais reais da frota monitorada;
- O desenvolvimento de pipelines de inferência sequencial com modelos de linguagem de grande escala para correlação multi-fonte e diagnóstico de causa raiz, avaliando a contribuição isolada de cada etapa por meio de estudos de ablação controlados sobre dados de produção;
- A investigação de métodos de descoberta automática de topologia de rede em camada em ambientes heterogêneos, acesso gerencial parcial e ausência de cooperação institucional;
- O estudo de índices compostos e reproduzíveis para ranqueamento de hosts por estresse operacional relativo na frota, baseados em funções de saturação não-lineares sobre as dimensões do método USE, para suporte à triagem em ambientes com dezenas de servidores monitorados simultaneamente;
- A investigação de estratégias de portabilidade de pipelines AIOps para hardware de consumo, avaliando o impacto da quantização e da substituição de modelos sobre a conformidade estrutural dos relatórios gerados e a taxa de alucinações factuais.

TEMA 4 – Inteligência Computacional Aplicada ao Processamento de Sinais de Voz e à

Modelagem de Sistemas de Comunicação

Os avanços recentes em Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina (AM) vêm revolucionando a forma como se analisam e interpretam sinais complexos nas diversas áreas da Engenharia. Nosso foco está no desenvolvimento e estudo de métodos computacionais de ponta aplicados ao processamento de sinais de voz, reconhecimento de padrões acústicos e modelagem de sistemas de comunicação, unindo os princípios do Processamento Digital de Sinais, da Ciência de Dados e da Inteligência Computacional. As linhas de pesquisa contemplam diferentes paradigmas de aprendizado – supervisionado, não supervisionado e profundo – explorando arquiteturas como Redes Neurais Convolucionais (CNNs), Redes Recorrentes e LSTMs (Long Short-Term Memory Networks), além de Transformers, Autoencoders Variacionais (VAEs) e Redes Adversariais Generativas (GANs). Também são investigadas estratégias modernas de otimização e modelagem estatística, incluindo Computação de Reservatório (Reservoir Computing) e métodos probabilísticos voltados à inferência e à classificação de sinais. Entre as aplicações estudadas destacam-se o reconhecimento automático de voz e de locutor, a autenticação biométrica baseada em fala, a detecção de manipulações e fraudes em áudios sintéticos, a análise acústica e biomecânica da produção vocal, bem como a identificação de patologias associadas ao trato vocal e a doenças neurológicas, utilizando modelos híbridos que combinam aprendizado de máquina e modelagem fisiológica da voz humana. O tema também contempla o estudo e desenvolvimento de técnicas de extração e representação de características acústicas e espectrais, incluindo parâmetros cepstrais, descritores não lineares, análise tempo-frequência e espectrogramas, associados a métodos modernos de classificação e regressão. O objetivo é formar pesquisadores capazes de atuar na interface entre Engenharia, Inteligência Artificial, Telecomunicações e Ciências da Saúde, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas inteligentes de reconhecimento e síntese de voz, ferramentas computacionais de apoio ao diagnóstico médico, sistemas biométricos e soluções avançadas para sistemas de comunicação e processamento inteligente de sinais.

ANEXO II – Declaração de Autenticidade de Documentos

DECLARAÇÃO

Eu, _____,
inscrito sob o CPF _____, declaro que a(s) cópia(s)
discriminada(s) abaixo, apresentada(s) neste edital de seleção, contem(êm)
informação(ões) verídica(s).

- diploma do curso de graduação
- histórico do curso de graduação
- cópia de documentos de identificação
- *curriculum vitae*

Declaro, também, que sou conhecedor dos termos descritos na Lei 13.726/2018:

“Art. 3º - Na relação dos órgãos e entidades dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios com o cidadão, é dispensada a exigência de:

(...)

II – autenticação de cópia de documento, (...)

(...)

§2º - Quando, por motivo não imputável ao solicitante, não for possível obter diretamente do órgão ou entidade responsável documento comprobatório de regularidade, os fatos poderão ser comprovados mediante declaração escrita e assinada pelo cidadão, que, em caso de declaração falsa, ficará sujeito às sanções administrativas, civis e penais aplicáveis.”

_____, _____ de _____ de _____

(município)

(assinatura)

Anexo III – Declaração de Residência

DECLARAÇÃO DE RESIDÊNCIA

Eu, **(nome completo)**, portador do documento de identidade **(número)**, órgão expedidor **(nome/sigla)** e do CPF nº **(número)**, nacionalidade _____, natural do Estado do(e) **(nome do Estado de nascimento)**, telefone **(DDD+número)**, celular **(DDD+número)**, e-mail **(endereço de e-mail válido)**, na falta de documentos para comprovação de residência, DECLARO para os devidos fins, sob penas da Lei, ser residente e domiciliado no endereço **(endereço completo, com rua, número, complemento, bairro, cep)**.

Declaro ainda, estar ciente de que a falsidade da presente declaração pode implicar na sanção penal prevista no Art. 299 do Código Penal, conforme transcrição abaixo:

“ Art. 299 – Omitir, em documento público ou particular, declaração que nele deveria constar, ou nele inserir ou fazer inserir Declaração falsa ou diversa da que devia ser escrita, com o fim de prejudicar direito, criar obrigação ou alterar a verdade sobre o fato juridicamente relevante” “Pena: reclusão de 1 (um) a 5 (cinco) anos e multa, se o documento é público e reclusão de 1 (um) a 3 (três) anos, se o documento é particular.”

(município), _____ de _____ de _____

(nome completo e assinatura)

ANEXO IV - Autodeclaração Cota Racial – negros (pretos e pardos)

Eu, _____,
abaixo assinado, de nacionalidade _____, nascido(a) em
//_____, no município de _____,
estado _____, filho(a) de _____ e
de _____, estado civil _____,
residente e domiciliado(a) à _____

_____, CEP nº
_____, portador(a) da cédula de identidade
nº _____, expedida em
//_____, órgão expedidor _____, CPF
nº _____ declaro, sob as penas da lei que sou () preto () pardo.

Declaro, ainda, ter ciência de que as informações prestadas para o processo de análise da condição declarada por mim, com vistas ao ingresso pelo sistema de cotas, são de minha inteira responsabilidade e quaisquer informações inverídicas prestadas implicará no indeferimento da minha solicitação e na aplicação de medidas legais cabíveis. Na hipótese de configuração de fraude em qualquer momento, inclusive posterior à matrícula, estou também ciente que posso perder o direito à vaga conquistada e a quaisquer direitos dela decorrentes, independentemente das ações legais cabíveis que a situação requerer. Por ser verdade, dato e assino.

_____, _____ de _____ de 202_.

Local

Data

Assinatura do(a) declarante

ANEXO V - Autodeclaração Cota Racial – Indígena

Eu _____ civilmente _____ registrado(a) _____ como,
_____, de nacionalidade
_____, nascido(a) em __/__/_____, no
município de _____, estado _____,
filho(a) de _____ e
de _____, estado
civil _____, residente e domiciliado(a)
à _____
CEP nº _____, portador(a) RG (ou RANI)
_____, expedida em __/__/_____, órgão
expedidor _____, CPF nº _____ me
identifico como indígena e informo a seguir
o(s) critério(s) utilizado(s) para me autodeclarar indígena.

() Etnia ou povo a que pertenço. Especifique: _____

() Origem familiar/antepassados. Especifique: _____

() Outros. Especifique: _____

Declaro, ainda, ter ciência de que as informações prestadas para o processo de análise da condição declarada por mim, com vistas ao ingresso pelo sistema de vaga adicional, são de minha inteira responsabilidade e quaisquer informações inverídicas prestadas implicará no indeferimento da minha solicitação e na aplicação de medidas legais cabíveis. Na hipótese de configuração de fraude em qualquer momento, inclusive posterior à matrícula, estou também ciente que posso perder o direito à vaga conquistada e a quaisquer direitos dela decorrentes, independentemente das ações legais cabíveis que a situação requerer. Por ser verdade, dato e assino.

_____, _____ de _____ de 202__.

Local

Data

Assinatura do(a) declarante

ANEXO VI - Autodeclaração vaga adicional -- Pessoa com deficiência

Eu, _____,
abaixo assinado, de nacionalidade _____, nascido(a) em
//_____, no município de _____, estado
_____, filho(a) de _____
_____ e de _____,
estado civil _____, residente e domiciliado(a) à _____
_____ CEP nº _____
_____, portador(a) da cédula de identidade nº _____
, expedida em _/_/_____, órgão expedidor _____, CPF nº _____
_____ declaro, sob as penas da lei que sou pessoa com deficiência, conforme
comprovação médica incluída na documentação exigida
pelo Programa Declaro, ainda, ter ciência de que as informações
prestadas para o processo de análise da condição declarada por mim, com vistas ao
ingresso pelo sistema de vaga adicional, são de minha inteira responsabilidade e
quaisquer informações inverídicas prestadas implicará no indeferimento da minha
solicitação e na aplicação de medidas legais cabíveis. Na hipótese de configuração de
fraude em qualquer momento, inclusive posterior à matrícula, estou também ciente
que posso perder o direito à vaga conquistada e a quaisquer direitos dela decorrentes,
independentemente das ações legais cabíveis que a situação requerer. Por ser
verdade, dato e assino.

_____, _____ de _____ de
202_. Local Data

Assinatura do(a) declarante

ANEXO VII – Vulnerabilidade Financeira

Eu, _____,
abaixo assinado, de nacionalidade _____, nascido(a) em
//_____, no município de _____,
estado _____, filho(a) de _____ e
de _____, estado civil _____,
residente e domiciliado(a) à _____
_____, CEP nº
_____, portador(a) da cédula de identidade
nº _____, expedida em
//_____, órgão expedidor _____, CPF
nº _____ declaro, sob as penas da lei, que me encontro em
condições de vulnerabilidade financeira. Declaro, ainda, ter ciência de que as
informações prestadas para o processo de análise da condição declarada por mim, com
vistas ao ingresso pelo sistema de cotas, são de minha inteira responsabilidade e
quaisquer informações inverídicas prestadas implicará no indeferimento da minha
solicitação e na aplicação de medidas legais cabíveis. Na hipótese de configuração de
fraude em qualquer momento, inclusive posterior à matrícula, estou também ciente
que posso perder o direito à vaga conquistada e a quaisquer direitos dela decorrentes,
independentemente das ações legais cabíveis que a situação requerer. Por ser verdade,
dato e assino.

_____ de _____ de
202_. Local Data

Assinatura do(a) declarante