

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

EDITAL

Seleção para o Curso de Doutorado Turma 01/2020

1. Preâmbulo

A Universidade Federal Fluminense, atendendo ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações (PPGEET) e conforme disposto no respectivo regimento interno, divulga o presente edital de seleção para o ingresso no curso de doutorado daquele programa, relativo ao período acadêmico do primeiro semestre do ano de 2020. A seleção será efetivada em função da Área e Linha de Pesquisa escolhida pelo candidato (**Anexo I**).

2. Áreas de Concentração

Estão abertas as inscrições aos profissionais que busquem aprofundar estudos em nível de **Doutorado**, dentro das seguintes **Áreas de Concentração**:

a. Sistemas de Telecomunicações

Distribuídas nas seguintes linhas de pesquisa:

- i. Dispositivos e Sistemas para Comunicações Óticas,
- ii. Redes de Computadores,
- iii. Sinais e Sistemas de Comunicações Móveis.

b. Sistemas de Energia Elétrica

Distribuídas nas seguintes linhas de pesquisa:

- i. Modelagem e Análise de Sistemas de Energia Elétrica,
- ii. Máquinas, Equipamentos e Aplicações de Novos Materiais.

3. Vagas

Este edital contempla a abertura de 6 vagas para o nível de Doutorado no PPGEET.

4. Processo Seletivo

O ingresso de candidatos no programa de doutoramento é realizado em regime de fluxo contínuo não havendo data específica para inscrição. O pedido de inscrição deve ser apresentado entre 10 de fevereiro de 2020 e 15 de julho de 2020. A inscrição é feita em três etapas:

Etapa 1 – Apresentação da documentação exigida:

- Ficha de inscrição (disponível on-line – <http://www.ppgeet.uff.br>);
- Currículo lattes atualizado;
- Pagamento da taxa de inscrição no valor de **R\$100,00 (cem reais)**, a ser recolhida em qualquer agência do Banco do Brasil, somente em espécie, por meio da Guia de Recolhimento da União (GRU), disponível na página https://consulta.tesouro.fazenda.gov.br/gru_novosite/gru_simples.asp
 - Preencher a GRU com os seguintes dados:
 - Unidade Gestora: 153056
 - Gestão 15227 - Universidade Federal Fluminense
 - Código do Recolhimento: 28832-2 - Serviços Educacionais
 - Número de referência: 0250158373
 - Competência: mês/ano do recolhimento
 - Vencimento: a ser preenchido pelo candidato
 - CPF do contribuinte: CPF do candidato
 - Nome do contribuinte: nome do candidato
 - Candidatos que estejam em condição de vulnerabilidade econômica ou que sejam impossibilitados de realizar o pagamento da GRU devem anexar a justificativa do pedido de isenção do pagamento da taxa de inscrição no ato da inscrição.
- Diploma de graduação
 - Os candidatos devem ser graduados em engenharia ou áreas afins, com formação de base matemática.
- Diploma de mestrado
 - Candidatos que não tenham o diploma de mestrado poderão substituí-lo no momento da inscrição pela ata da defesa de mestrado ou pelo certificado de conclusão de curso. Até a data da defesa do exame de qualificação do doutorado, o diploma de mestrado deve ser apresentado à secretaria.
- Três cartas de recomendação (modelo disponível on-line – <http://www.ppgeet.uff.br>) de professores ou pesquisadores vinculados a programas de pós-graduação ou instituições de pesquisa e desenvolvimento, sendo uma das cartas preferencialmente do docente do PPGEET a ser o orientador de doutorado.
 - As cartas devem vir em envelope lacrado pelo autor da recomendação ou por este enviada pelos Correios ou por e-mail (arquivo PDF) diretamente para a Comissão de Seleção (ppgeet.tce@id.uff.br);
- Plano de Trabalho como descrito na **Etapa 2**;
- Históricos Escolares de graduação e mestrado.

No caso de o candidato se inscrever para o doutorado direto, este deverá ser aluno de mestrado do PPGEET, ter completado todos os créditos exigidos para o mestrado, obter média igual ou superior a 8,5 nas disciplinas cursadas e apresentar carta de anuência e justificativa do orientador. Exige-se também que o candidato tenha ao menos uma publicação, como primeiro autor, em periódico classificado como B1 ou superior no QUALIS da CAPES em Engenharias IV. No caso de não haver classificação CAPES, será considerada a publicação com JCR maior ou igual a 1,0. A possibilidade de realização de doutorado direto será avaliada pela comissão de seleção do doutorado, que emitirá parecer a ser submetido ao colegiado do PPGEET para apreciação e emissão do parecer final.

Etapa 2 – Submissão e apresentação do plano de trabalho

a) Os candidatos interessados no curso de doutorado devem identificar dentro das linhas de pesquisa existentes, os professores do Corpo Docente Permanente do PPGEET (disponível no endereço <http://www.ppgeet.uff.br>) que estejam em aderência com o projeto de pesquisa pretendido. É fortemente recomendado que o plano de trabalho do candidato tenha o aval do potencial professor orientador, que deve ser docente permanente do PPGEET. Os pedidos de candidatos cujo potencial professor orientador ultrapasse o limite de 8 orientandos em paralelo serão indeferidas.

b) O plano de trabalho deve ser elaborado de acordo com o tema da tese pretendida, com até **3 (três)** páginas, utilizando fonte *Times New Roman*, 12 pt, espaçamento simples, página A4, coluna simples e margens com 2,5 cm, contemplando os seguintes itens:

- Título;
- Resumo e Objetivos;
- Originalidade e Justificativa do Projeto de Pesquisa;
- Recursos financeiros necessários (estimativa e possibilidade de financiamento);
- Cronograma;
- Referências bibliográficas;

c) A Linha de Pesquisa pretendida pelo candidato receberá os documentos e o plano de trabalho que atendam ao edital. A Linha de Pesquisa emitirá um parecer, até o 20º (vigésimo) dia corrido do mês, pela aceitação ou não de cada candidato inscrito no mês corrente. A Linha de Pesquisa deverá também definir mensalmente uma ordem de classificação entre os seus candidatos inscritos. Caso a Linha de Pesquisa não apresente a classificação até o 20º (vigésimo) dia do mês corrente, terá os seus candidatos avaliados somente no mês subsequente ao envio da respectiva classificação.

A Comissão de Seleção reunir-se-á mensalmente e, após análise documental do pedido e dos pareceres emitido pelas Linhas de Pesquisa, submeterá ao colegiado do programa uma classificação geral de todos os candidatos inscritos, onde serão considerados aspectos como: produção técnico-científica qualificada, qualidade do plano de trabalho, possíveis impactos científicos e tecnológicos da pesquisa pretendida, formação acadêmica, históricos escolares de graduação e de mestrado e as cartas de

recomendação recebidas. O parecer da comissão classificará os candidatos da seguinte forma: aprovado (com vaga imediata); classificado (aguardando vaga); ou reprovado.

d) As inscrições realizadas até 10º (décimo) dia corrido do mês serão avaliadas no mês corrente. As demais inscrições serão avaliadas no mês seguinte. A comissão de seleção emitirá um parecer com a classificação geral dos candidatos, que será encaminhado ao colegiado do PPGEET para homologação da candidatura, que se dará em sua próxima reunião ordinária. O Colegiado do PPGEET poderá não homologar alguma candidatura caso tenha um entendimento diferente da comissão de seleção. Decorrido esse trâmite e, não havendo questionamentos por professores do PPGEET, os candidatos habilitados pelo colegiado do PPGEET serão considerados aceitos como alunos de doutorado e poderão realizar a suas respectivas matrículas no Programa.

e) Caso haja questionamento(s) de alguma candidatura, o Coordenador do Programa indicará dois relatores, que serão responsáveis pelo relato da proposta junto ao Colegiado. Nesse caso, o parecer deverá ser apreciado mediante votação do colegiado do PPGEET.

f) O resultado final do processo seletivo será divulgado na Secretaria do Programa e na página <http://www.ppgeet.uff.br/>, após a homologação pelo Colegiado do Programa.

g) As vagas serão preenchidas pelos candidatos aprovados e selecionados por linha de pesquisa e área de concentração. Na hipótese de haver desistências, por ocasião da matrícula, de candidatos aprovados e selecionados, poderão ser chamados os candidatos excedentes, obedecendo-se à ordem de classificação.

h) A aprovação de um candidato no processo seletivo para o doutorado não garante a obtenção de bolsa de estudo. A distribuição de bolsas de estudo será avaliada por uma comissão do PPGEET destinada a esse fim.

i) O Colegiado do Programa reserva-se o direito de não preencher todas as vagas previstas. O Colegiado do Programa é soberano quanto à aplicação dos critérios de avaliação do processo de seleção.

Etapa 3: O Candidato aceito na Etapa 1 deverá comparecer na Secretaria do PPGEET e entregar a seguinte documentação de matrícula, em prazo estabelecido pela coordenação do programa, respeitando o limite de 15 dias antes do início da inscrição em disciplinas no período letivo de ingresso:

- Ficha de Matrícula (disponível no endereço <http://www.ppgeet.uff.br/>) preenchida, impressa e assinada pelo orientador acadêmico.
 - O candidato deverá explicitar, na Ficha de Matrícula, a área de concentração e linha de pesquisa do projeto e os professores orientadores, em primeira e em segunda opção.
- Documentos pessoais: carteira de identidade civil, CPF, título de eleitor, certificado militar e certidão de nascimento ou casamento.
 - Não é necessário autenticação em cartório, caso seja apresentado o original para conferência.

A matrícula do candidato aceito será confirmada pela inscrição em disciplinas/atividades no período letivo subsequente à entrega da documentação. Caso o candidato deseje postergar a inscrição em disciplinas, deverá comunicar o fato por escrito à coordenação do programa, indicando o novo período de início, com a anuência do respectivo orientador.

Niterói, 04 de fevereiro de 2020.

Profa. Dra. Natalia Castro Fernandes
Coordenadora 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

I.1 SINAIS E SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES MÓVEIS

O objetivo geral é o estudo da propagação das ondas eletromagnéticas no canal rádio, técnicas de transmissão e recepção de sinais, desenvolvimento de dispositivos e antenas para altas frequências em tecnologia impressa e estudos dos algoritmos de compressão de dados, análise e síntese de sinais de voz, vídeo e imagens digitais e reconhecimento de voz e de locutor. Especificamente, o comportamento da propagação rádio móvel, nos diversos ambientes, é estudado através da modelagem, caracterização e simulação do canal, incluindo: cobertura, estatísticas de sinal e dispersão temporal e espectral. Complementando, também são estudadas as técnicas de recepção ótima através de esquemas de diversidade, MIMO e codificadores mais apropriados para as comunicações sem fio, equalizadores e técnicas de modulação/demodulação usando multiportadora. Além disso, são realizados e implementados projetos de circuitos de alta frequência em tecnologia de circuito impresso.

Docentes permanentes envolvidos: Leni Joaquim de Matos, Edson Luiz Cataldo Ferreira, Pedro Vladimir Gonzales Castellanos, Tadeu Nagashima Ferreira e Vanessa Przybylski Ribeiro Magri

Docente colaborador envolvido: Murilo Bresciani de Carvalho

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 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 - Desenvolvimento de Protótipos

São projetados e implementados circuitos de alta frequência, englobando dispositivos e antenas.

Tema 4 - Processamento Digital de Voz e Imagem

Hoje existe uma forte tendência para digitalização. O áudio digital substituiu os formatos analógicos em muitas aplicações. O vídeo digital é uma realidade, vide HDTV, DVD e sistemas de TV digital por assinatura. Sabe-se que a conversão do formato analógico para o digital, por meio de simples amostragem, seguida de quantização (PCM), gera representações digitais com elevada taxa de bits. Em outras palavras, tais representações não são as mais eficientes do ponto de vista de aproveitamento dos meios de transmissão e do armazenamento disponíveis em sistemas de comunicação ou processamento de dados. Assim, existe uma grande aplicação para métodos de compressão de dados que possibilitem encontrar representações digitais mais compactas destes sinais. Este projeto desenvolve uma nova classe de algoritmos de compressão de dados com perdas, baseado em recorrência de padrões multiescalas. Os algoritmos desta classe possuem uma série de propriedades que os tornam adequados para uso com uma ampla gama de sinais diferentes, unificando soluções de problemas que, tradicionalmente, são resolvidos por métodos distintos. Por exemplo, estes algoritmos podem operar tanto no modo sem perdas, adequado à compressão de arquivos de texto, como no modo com perdas, adequado à compressão de sinais de áudio e vídeo. São igualmente aplicáveis a fontes unidimensionais, como sinais de voz e áudio, sinais bidimensionais como imagens e sinais multidimensionais como, por exemplo, sequências de vídeo. Diferentemente de outros métodos usados em compressão de áudio e vídeo, estes novos algoritmos independem de um modelo para a fonte por serem adaptativos. Mesmo assim, resultados preliminares mostraram que podem atingir desempenho comparável ao de algoritmos tradicionais e superá-los em aplicações que requerem adaptabilidade, como, por exemplo, aplicações multimídia, compressão de imagens combinadas com texto, entre outros.

Tema 5 – Modelagem de Sistemas de Produção da Voz Humana

O principal mecanismo responsável pela produção da voz está na vibração das cordas vocais. O ar, proveniente dos pulmões, é forçado pela abertura estreita entre as duas cordas vocais, que são colocadas em movimento oscilatório. Tal movimento causa a modificação do fluxo de ar, dando origem a uma sequência de pulsos, que serão então alterados pelas propriedades de ressonância das cavidades oral e nasal, até a irradiação pela boca na forma de som. Devido às características de formação, a voz humana é um processo estocástico.

No caso da produção de vogais, fazemos uma aproximação e podemos tratar o sistema de geração de voz como determinístico. Neste caso, embora complexo, tal mecanismo pode ser modelado através de sistemas de equações íntegro-diferenciais não lineares. O projeto é dividido em duas partes. A primeira parte dedica-se ao estudo de modelos determinísticos para a produção da voz. Algumas variações desses modelos têm sido propostas e alguns resultados obtidos com síntese de vogais podem ser encontrados na página www.professores.uff.br/ecataldo. A segunda parte do projeto considera o sistema de produção de voz como estocástico, mais próximo da realidade. Analisamos, nesse caso, as incertezas do processo de produção de voz e procuramos identificar parâmetros desse sistema que, neste caso, são variáveis aleatórias. Dentre os objetivos do projeto, destacamos: estudo e implementação de modelos matemáticos para a síntese de voz; análise de incertezas do processo de produção de voz; auxílio no diagnóstico de patologias relacionadas às estruturas de vocalização; compreensão da ocorrência de determinados fenômenos relacionados à produção de voz, tais como envelhecimento da voz e mudança vocal na adolescência; reconhecimento de voz e reconhecimento de locutor.

Tema 6 – *Power Line Communication (PLC)*

Power Line Communication é a tecnologia que consiste em transmitir dados, em banda larga, pela rede de energia elétrica. Essa tecnologia é utilizada desde 1920 por muitas companhias de energia elétrica para efetuar telemedição e telecomando de equipamentos em subestações. Atualmente, com novas técnicas de modulação e barateamento de sistemas de telecomunicações, torna-se possível a aplicação em massa desta tecnologia para ser implantada em sistemas de telemetria, automação e até mesmo disponibilizar o acesso à internet banda larga, com transmissão de voz e imagem. A tecnologia PLC vem, assim, sendo desenvolvida para permitir o aproveitamento suplementar de uma rede de distribuição de energia elétrica para prestação de serviços de comunicações.

A linha de pesquisa tem por objetivo modelar o canal de transmissão sem fio entre a PLC e o usuário, estudando o canal rádio móvel para frequências até 100 MHz.

I.2 REDES DE COMPUTADORES

Nesta linha são estudados os fatores que afetam a qualidade de serviço e de experiência, além do uso eficiente dos canais de comunicação, destacando-se controle de erros, protocolos de comunicação de dados, novas arquiteturas de rede, controle e gerência de redes multimídia. Inclui novos avanços em redes sem fio e redes de sensores, redes definidas por software, segurança, sistema multimídia e Internet do futuro.

Docentes permanentes envolvidos: Natália Castro Fernandes, Diogo Menezes Ferrazani Mattos e Dianne Scherly Varela de Medeiros

Docentes colaboradores envolvidos: Ricardo Campanha Carrano

Tema 1 – Multimídia em Redes de Computadores

O aumento da demanda por novos serviços de telecomunicações tem trazido grandes desafios. Para o atendimento dessa nova demanda, a estrutura e funcionalidade dos novos sistemas de telecomunicações devem ser versáteis o suficiente para rapidamente acomodar mudanças que, no passado, eram possíveis apenas com procedimentos operacionais lentos e que normalmente exigiam que o sistema fosse colocado fora de operação, como, por exemplo, atualizar ou complementar um hardware ou um software. De fato, a Internet está em constante evolução e, atualmente, existe um consenso sobre a necessidade de mudanças estruturais para que a rede continue evoluindo. Essas mudanças estruturais, contudo, dependem do desenvolvimento de redes experimentais e de novas arquiteturas de controle e gerência. Esse tema visa o desenvolvimento e a manutenção de arquiteturas de rede de computadores voltadas para a geração, transmissão e consumo de tráfego multimídia. Em especial, esse tema visa atender ao cenário de telemedicina e transmissão de imagens médicas de alta resolução.

Tema 2 – Segurança em Rede de Computadores

Exploração de novas vulnerabilidades (*zero-day attack*), ataques distribuídos de negação de serviço e uso de softwares maliciosos sofisticados têm se tornado cada vez mais frequentes na Internet. Os volumes dos ataques também crescem cada vez mais. O cenário para o futuro é ainda mais alarmante devido à conexão dos dispositivos de Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*) à Internet comercial. Esses dispositivos com recursos limitados e tais restrições impossibilitam o provimento de serviços de redes complexos como segurança e qualidade de serviço. Nesse tema são abordados problemas clássicos de segurança, como gestão de identidade, auditoria (*accountability*), mecanismos de criptografia, autenticação e provisão de qualidade de serviço. Também são estudadas novas tecnologias para prover segurança em redes como criptomoedas e cadeia de blocos (*blockchain*), uso de aprendizado de máquina em aplicações de segurança e provisão de segurança a dispositivos de IoT.

Tema 3 – Programabilidade, Virtualização e Redes de Computadores de Nova Geração

Atualmente, as redes de computadores têm se tornado ambientes altamente complexos e que impõem altos custos de capital (CAPEX) e de operação (OPEX). Com o objetivo de diminuir os custos e facilitar a operação de redes de grande porte, novas arquiteturas de rede são propostas, como as redes definidas por software (*Software*

Defined Networking – SDN) e a virtualização de redes de computadores. Nesse sentido, as novas arquiteturas de rede para prover programabilidade, como proposto nas redes definidas por software, ou para garantir uma distribuição de conteúdo eficiente, como nas redes centradas em conteúdo, são focos de pesquisa. Outras linhas abordadas incluem a virtualização de redes e a computação em nuvem, considerando questões como a computação verde, a elasticidade dos recursos, qualidade de serviço e segurança. Em especial, vislumbra-se como tópico de pesquisa a virtualização de redes de grande porte para as operadoras de telecomunicações, através do desenvolvimento da virtualização de funções de rede (*Network Function Virtualization* – NFV) e do encadeamento de funções de serviço (*Service Function Chaining* – SFC). A gerência de redes também é um tema de pesquisa de grande importância, que se relaciona a sistemas e protocolos para monitoramento da operação da rede. Um dos tópicos de pesquisa atuais é a realização do gerenciamento da rede baseado em políticas, na qual é feita a especificação de parâmetros de comportamento a serem cumpridos da melhor maneira possível por cada elemento da rede, levando-se em conta suas características.

Tema 4 – Redes Ad Hoc Sem Fio, Redes Oportunísticas, Redes Complexas e Redes Elétricas Inteligentes (*Smart Grids*)

O surgimento da Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) traz de volta ao foco os desafios de pesquisa encontrados em redes sem fio, agravados pela quantidade de dispositivos envolvidos. Novos algoritmos precisam ser desenvolvidos para prover comunicação eficiente nesse cenário, que muitas vezes não conta com uma infraestrutura cabeada para servir como apoio à comunicação entre os dispositivos como ocorre em redes sem fio residenciais comuns. Assim, é importante estudar temas relacionados à computação ubíqua, redes de sensores, redes *ad hoc*, redes tolerantes a atrasos e desconexões, redes oportunísticas, redes veiculares, dentre outros. Um tema de pesquisa também relevante nesse cenário é o estudo de redes complexas, que descrevem uma grande variedade de sistemas reais, incluindo redes sociais, de comunicação, a própria Internet, e outros tipos de rede, sejam elas tecnológicas ou não, como redes biológicas ou financeiras. O foco nesse caso está no estudo do comportamento dos participantes no sistema e dos relacionamentos existentes entre eles para compreender a dinâmica da rede e antever possíveis ocorrências que possam prejudicar o bom funcionamento do sistema.

A rede elétrica é o maior e mais bem-sucedido sistema de engenharia do mundo. A confiabilidade alcançada pelas redes elétricas é muitas vezes superior à alcançada em sistemas de comunicação. Contudo, nas últimas décadas, o desenvolvimento das redes elétricas não tem acompanhando os avanços industriais e sociais que aumentam as demandas de suprimento de energia, sendo necessário agregar novas fontes de energia para atender à demanda crescente. A próxima geração de redes elétricas deve ser capaz de gerenciar de maneira eficiente tanto as fontes tradicionais, como hidroelétrica e termoelétrica, como também as fontes renováveis e variáveis, como energia eólica e solar. Para tanto, é necessário o provimento de redes de telecomunicação para a nova geração de redes elétricas, denominada redes elétricas inteligentes (*smart grids*). Esse tema visa estudar a integração entre as redes de telecomunicações e as redes elétricas, vislumbrando como tópicos de pesquisa investigações relacionadas à confiabilidade, segurança, escalabilidade e desempenho.

I.3 SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES ÓPTICAS

São estudados os diversos fatores que formam um sistema de comunicações ópticas. Entre estes, se destacam dispositivos (estudo e modelagem), topologias de redes (estudos e modelagem), protocolos, sensores e fibras ópticas, fibras plásticas (POF).

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

Tema 1 – Dispositivos e equipamentos para sistemas e subsistemas ópticos 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 acostuma ser denominado na literatura como "problema da última milha", e que envolve a utilização de fibras ópticas plásticas. Paralelamente, serão também estudados e desenvolvidos sensores usando fibras ópticas plásticas. Trata-se de uma linha de pesquisa relativamente nova e que é, com toda certeza, a vertente de formação de uma quantidade grande de novos recursos humanos, ainda espaços em nossa região, e até mesmo no Brasil. Como resultado da pesquisa, espera-se elevar a produção de artigos científicos relativos ao tema, elevando o status do Brasil no cenário mundial como detentor de conhecimento e tecnologia neste tema. O desenvolvimento de sistemas de correção de distorções, assim como de sensores usando fibras ópticas plásticas tem enorme potencial para gerar novas patentes.

Tema 2 – Modelagem Numérica de Dispositivos Fotônicos

O objetivo deste projeto é 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 trás consigo uma maior complexidade dos circuitos ópticos 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. Como resultado da pesquisa na linha deste projeto, esperamos desenvolver novas formulações, tanto em FD como em FE para tornar as novas simulações cada vez mais fiéis o comportamento esperado dos novos dispositivos. Além das publicações destas novas formulações em revistas de impacto, haverá a formação de recursos humanos, bastante escassos nesta linha de trabalho, que poderão trabalhar em universidades (multiplicando o conhecimento) como em empresas que desenvolvem software ou dispositivos de comunicações ópticas.

Tema 3 – Tecnologias Ópticas para Aplicação em Redes Local (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 local (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. Nesse contexto, a presente linha de pesquisa é dedicada ao estudo de:

- **Redes de Acesso Banda Larga:** Estudo de conceitos e fundamentos de Redes Ópticas Passivas (redes PON) e suas aplicações no contexto de redes FTTx. Investigação de tipos de fibra, cabos, acopladores, conectores e transceptores necessários para implementar redes FTTx e serviços triple-play. Estudo de sistemas ópticos no espaço livre (*Free Space Optical Systems* - FSO) e suas aplicações em diversas regiões do Brasil.
- **Redes e Sistemas de Comunicação Óptica WDM:** Desenvolvimento e/ ou aprimoramento de modelos, algoritmos e ferramentas computacionais para a análise, planejamento e projeto de redes e sistemas de comunicação óptica de alta capacidade: sistemas DWDM e sistemas solitônicos amplificados.

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 & 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... Os desenvolvimentos realizados no Laboratório poderão gerar um protótipo e mesmo um produto, de forma que a proteção à propriedade intelectual esteja onipresente. Finalmente, este Tema também está aberto à inclusão da Nanotecnologia/Nanofotônica, e.g., Metamateriais, nos dispositivos e sistemas a serem desenvolvidos.

II. ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA

II.1 MODELAGEM E ANÁLISE DE SISTEMAS

Esta linha de pesquisa está dedicada ao estudo de problemas de sistemas de energia elétrica, através 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 focada no uso de ferramentas, tais como técnicas de otimização, inteligência computacional, aprendizado de máquina e metaheurísticas.

Docentes permanentes envolvidos: Vitor Hugo Ferreira, Bruno Soares Moreira Cesar Borba, Henrique de Oliveira Henriques, Marcio Zamboti Fortes, Sergio Gomes Junior e Julio Cesar Stacchini de Souza

Tema 1 – Desenvolvimento de métodos de previsão para o auxílio à tomada de decisão nos horizontes de planejamento da expansão e da operação de sistemas elétricos

Ao longo dos últimos anos, a literatura tem mostrado o sucesso da aplicação de Redes Neurais Artificiais em complexos problemas multivariados envolvendo bases de dados de cardinalidade elevada na área de Sistemas Elétricos de Potência. Um dos fatores que explicam este êxito consiste na elevada flexibilidade e capacidade de aproximação deste tipo de modelo, visto que, dado um número suficiente de neurônios na camada oculta, modelos neurais podem aproximar com precisão arbitrária qualquer função contínua. Além disso, ao contrário dos modelos lineares clássicos, as Redes Neurais Artificiais apresentam poucas premissas básicas a serem verificadas, aumentando, assim, a sua robustez. Neste contexto, esta linha de pesquisa tem por objetivo o estudo e desenvolvimento de modelos neurais autônomos e sua avaliação como ferramenta para previsão de séries temporais (Carga, Vazão, Preço da Energia e Energia dos Ventos), com aplicações em Sistemas de Energia Elétrica. Este projeto é financiado atualmente pelo CNPq com recursos do Edital Universal 14/2013.

Tema 2 - 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 tema tem por objetivo modelar e analisar o impacto da entrada em maior escala destas novas alternativas tecnológicas no setor elétrico.

Tema 3 - 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. Esta linha de pesquisa 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 4 – 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. 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 de carga, integração e gerenciamento da geração distribuída, ilhamento, etc., têm sido desenvolvidas, em cidades inteligentes, apenas em caráter experimental ou demonstrativo. Os principais focos 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 microcontroladores, visando buscar soluções locais para problemas operacionais, qualidade de fornecimento, eficiência energética, atendendo as limitações exigidas pela regulamentação da ANEEL.

II.2 MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS E APLICAÇÃO DE NOVOS MATERIAIS

O desenvolvimento e aperfeiçoamento dos dispositivos elétricos são de fundamental importância para a evolução e ampliação dos sistemas elétricos de potência. Dessa forma, esta linha de pesquisa se dedica ao estudo e análise de máquinas e dispositivos elétricos através do desenvolvimento de modelos matemáticos e simulações utilizando métodos numéricos como, por exemplo, o método dos elementos finitos. São estudadas e modeladas máquinas de pequeno e grande porte, motores especiais, incluindo o seu acionamento eletrônico, e a utilização de novos materiais. Este último aborda a investigação, estudo e aplicação dos materiais supercondutores no desenvolvimento de diversos dispositivos e equipamentos elétricos, como transformadores, cabos, motores/geradores, acumuladores de energia elétrica (SMES e *Flywheel*) e limitadores de corrente de curto-circuito.

Docentes permanentes envolvidos: José Andrés Santisteban Larrea, Guilherme Gonçalves Sotelo, Daniel Henrique Moreira Dias, Felipe Sass e Bruno Wanderley França

Tema 1 – Aplicação de Supercondutores

O presente quadro de energia no país recomenda um esforço global para elevação da eficiência energética e da qualidade da energia distribuída. Internacionalmente, também existe a tendência de oferecer serviços de qualidade diferenciada para consumidores especiais. Dentro deste quadro, os materiais supercondutores se apresentam como uma excelente opção para a construção de equipamentos que visam resolver esses problemas devido as suas características elétricas e magnéticas peculiares. Dentre as aplicações possíveis de aplicações da supercondutividade na engenharia elétrica, estão: os mancais magnéticos supercondutores, os limitadores de corrente de curto circuito, os SMES (*Superconductivity Magnetic Energy Storage*), as máquinas elétricas supercondutoras e o trem de levitação magnética supercondutora. Para o desenvolvimento desses dispositivos faz-se necessário a otimização dos componentes supercondutores através da simulação prévia do seu comportamento, permitindo, assim, projetar novos dispositivos supercondutores que serão aplicados em sistemas de energia.

Tema 2 – Aplicações de inversores multiníveis

Este tema tem por objetivos o estudo e o desenvolvimento de aplicações de inversores multinível em sistemas elétricos, tais como no acionamento de máquinas rotativas, implementação de compensadores de reativos e filtros ativos. A necessidade desta pesquisa se justifica em razão da demanda crescente pela melhora da qualidade de energia, assim como também pela inserção de fontes de energia renovável na rede, tais como a eólica e a fotovoltaica. Os trabalhos incluem a concepção de novas topologias e, também, de novas estratégias de comando das chaves semicondutoras de potência. O seu campo de ação está dirigido, principalmente, a sistemas de média e alta tensão.

Tema 3 – Mancais magnéticos

Mancais, dispositivos utilizados em máquinas rotativas, capazes de suportar cargas elevadas ou em altas velocidades, encontram-se entre as principais necessidades de alguns sistemas mecânicos e eletromecânicos. A título de exemplo, podem ser mencionadas as ultracentrífugas para enriquecimento de urânio, turbo geradores,

máquinas ferramenta e armazenadores de energia (*flywheels*). Já em aplicações de baixa rotação, como no caso de bombas de sangue e instrumentos espaciais, a presença de fluido lubrificante é inaceitável. Nesse sentido, os denominados mancais magnéticos se apresentam como dispositivos capazes de atender todas estas necessidades. O princípio de operação dos mesmos se baseia no aproveitamento de forças geradas por métodos passivos ou ativos. No primeiro caso, isto se consegue através da interação de fluxos magnéticos vindos de imãs permanentes ou destes com supercondutores. Já no segundo caso, estruturas eletromagnéticas são projetadas para providenciar forças que mantenham os rotores em equilíbrio, utilizando sistemas de controle, em malha fechada, que forneçam correntes elétricas adequadas para suas bobinas. Em ambos os casos, os efeitos da dinâmica dos rotores em movimento continua sendo um tema amplo de pesquisa, o que sugere estruturas híbridas assim como técnicas de controle sofisticadas.