

# Apresentação dos Trabalhos de Conclusão de Curso(TCC) da graduação em Engenharia Elétrica

Data: 24/10/2019

Horário: 08h - 12h

Local: Hall do prédio 20 - CEFET - MG  
campus II

# SISTEMA ON-LINE DE INFORMAÇÕES SOBRE O TRÂNSITO DE ÔNIBUS URBANOS DESENVOLVIDO EM PLATAFORMA LIVRE PARA APLICAÇÃO DIRECIONADA A SMARTPHONES

**Aluno:** José G. Melgaço Souza  
**Orientador(a):** José Hissa Ferreira  
Túlio Charles de Oliveira Carvalho

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema on-line de informações com o objetivo principal de prever, com boa aproximação, o momento em que um ônibus alcançará um determinado ponto, bem como sua posição relativa em tempo real. Outro objetivo é o cálculo de rotas por meio de rotina que se baseia em informações como a situação do trânsito e o ETA (*Estimated Time of Arrival*, Tempo Estimado de Chegada) dos veículos. Tal sistema é direcionado a smartphones e utiliza o sistema Android da Google como plataforma de desenvolvimento.

Utilizando-se do sistema desenvolvido neste trabalho, o usuário de transporte coletivo teria condições de se antecipar às adversidades, tais como atrasos, acidentes, etc., e de adequar seus próprios horários sem a necessidade da utilização de meios particulares de locomoção. Atrasos que podem ser previstos são mais aceitáveis do que os que não podem e aumentam a confiança das pessoas nos serviços de ônibus. O sistema consiste de duas partes, sendo a primeira relativa a um sistema na web para recebimento e processamento de dados e disponibilização de uma API (*Application Programming Interface*) pública para consumo, por parte de terceiros, dos artefatos gerados pelo processamento; e a segunda relativa ao aplicativo para o sistema Android que utiliza os dados processados para mostrar ao usuário informações em tempo quase-real ou previsões do posicionamento das linhas de ônibus de interesse. Optou-se por desenvolver primeiramente a aplicação para Android utilizando-se a linguagem Java e a IDE (*Integrated Development Environment*) Android Studio. Concomitantemente, a API pública, utilizada pela aplicação móvel, foi definida. Em seguida, a aplicação processadora e servidora de dados.

# DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE EXCITAÇÃO E COMPENSAÇÃO DE REATIVOS COM INVERSORES DE TRÊS NÍVEIS PARA UTILIZAÇÃO EM GERADORES DE INDUÇÃO DE ROTOR EM GAIOLA CONECTADOS A MICRORREDES

**Aluno:** José Carlos Lima

**Orientador(a):** Marcelo Martins Stopa

Cláudio de Andrade Lima

O atual trabalho apresenta uma proposta de desenvolvimento e estudo de um sistema eletrônico de excitação para geradores de indução de gaiola conectados a microrredes. Nesse sistema, o órgão primário acoplado ao gerador é um motor a biocombustíveis. O controle do gerador e do compensador é feito de forma vetorial. O sistema de excitação e compensação de reativos é constituído por um inversor trifásico de três níveis controlado por tensão, que gerencia as potências ativa e reativa que circulam no sistema. A utilização do gerador de indução do tipo gaiola acionado a velocidade praticamente constante possibilita o uso de um conversor de potência nominal muito menor que a do gerador, uma vez que o conversor apenas faz a compensação de reativos. Além disso, diferentemente de geradores de rotor bobinado utilizados em geração a velocidade variável, o sistema proposto requer apenas um conversor conectado ao estator.

# **AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTADORES DE CORREIA ATRAVÉS DE CLP PARA BENEFICIAMENTO DE MADEIRA NA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL**

**Aluno:** Renan Madureira Simões  
**Orientador(a):** Wagner E. Bachur

Cada vez mais, empresas e indústrias estão investindo na automação de processos devida às inúmeras vantagens encontradas. A realização do controle e automação de um determinado processo, além de torná-lo mais seguro, otimiza a produção e cria um padrão de qualidade, o que fez com que essas tecnologias se disseminassem e, cada vez mais, se solidificassem dentro do contexto industrial global. Tendo essa realidade como base, o trabalho em questão trata-se do estudo aprofundado, em caráter teórico e prático, a respeito da implementação de técnicas de automação em um sistema de transportadores de correia, que são muito utilizadas em todos os âmbitos industriais, visando o tratamento de madeira como matéria-prima para a produção de carvão vegetal. Ao longo deste trabalho, será apresentada uma revisão bibliográfica em torno dos principais aspectos do processo em questão, além de um estudo e avaliação do funcionamento do sistema para que, por fim, se implemente uma técnica de automação que seja viável e que otimize o processo produtivo como um todo.

# Aperfeiçoamento De Modelo De Simulação De Um Gerador Aeronáutico E Avaliação Da Conexão De Cargas Elétricas

**Aluno:** Thomaz Lucas Diniz de Avila  
**Orientador(a):** Cláudio de Andrade  
Lima

Voar sempre intrigou o homem, com desejo e medo. Desde o advento da aviação civil, sua importância e desenvolvimento na sociedade são conhecidos. A possibilidade de transportar pessoas e cargas mais rapidamente, com maior segurança, maior conforto e agilidade foi vital para construção do mundo de hoje. Para garantir todas essas características citadas o sistema elétrico da aeronave é essencial. Sendo assim, a modelagem e simulação vitais para o desenvolvimento do projeto da aeronave, para um maior entendimento dos sistemas e a constante evolução que adiciona mais segurança ao voo. As mais variadas cargas elétricas dentro de um avião são alimentadas por um ou mais geradores síncronos, que na ampla maioria das aeronaves são os IDGs. Por isso, neste trabalho ele é seu objeto principal. A partir de um modelo em *MatLab - Simulink*, foi aperfeiçoado o modelo do gerador aeronáutico. Dentre as melhoras destacam-se a melhoria do controle de tensão de saída, a modelagem das cargas comuns em um avião, e a possibilidade de saturação das máquinas síncronas usadas. Dentre as cargas foram examinadas cargas "ZIP", impedância, ou corrente, ou potência constante, cargas CC, CA monofásicas e trifásicas, e também o desbalanceamento de cargas e seus efeitos no sistema elétrico da aeronave.

## RECTENNAS ÓTICAS A BASE DE GRAFENO

**Aluno:** Gabriel Alexandre Terra Almeida  
**Orientador(a):** Úrsula do Carmo  
Resende

A crescente demanda por geração de energia sustentável tem frequentemente apontado a energia solar como a solução mais promissora. Das tecnologias de reaproveitamento de radiação solar, uma solução que se destaca pela sua eficiência são as rectennas óticas – antenas acopladas a retificadores trabalhando sob altas frequências (THz, PHz). A radiação solar – ondas eletromagnéticas – é colhida através de antenas de tamanho sub-micrométrico capazes de convertê-la em corrente alternada. A corrente passa por um diodo nanométrico responsável por sua retificação. Para alcançar as características necessárias para seu funcionamento com eficiência em altas frequências são estudadas as topologias: antena ótica espiral e diodo geométrico como retificador. Para permitir a operação do dispositivo em altas frequências e como uma forma de facilitar e baratear o processo de fabricação é estudada a utilização de grafeno como material base do dispositivo. As células solares desse tipo seriam produzidas com milhões desses dispositivos em conjunto depositados sobre um substrato de  $\text{SiO}_2$ . Sua fabricação poderia, assim, utilizar um processo roll-to-roll de poucas etapas.

# CARACTERIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS ELETRODOMÉSTICOS SOB O PONTO DE VISTA DA ENERGIA REATIVA E ENERGIA HARMÔNICA.

**Aluno:** Daniel Felipe Reis Coelho  
**Orientador(a):** Patrícia Romeiro da  
Silva Jota

As cargas não lineares estão cada vez mais presentes na nossa vida. Tal fato pode ser justificado pelo aumento do poder de compra da população brasileira nos últimos anos e conseqüente aumento da aquisição de aparelhos eletroeletrônicos e eletrodomésticos por consumidores residenciais e comerciais. Concomitantemente a este evento, é crescente a preocupação, tanto das concessionárias de energia elétrica quanto dos consumidores, com a qualidade da energia elétrica, uma vez que este perfil de carga provoca o surgimento de correntes harmônicas na rede, que além de elevar a quantidade de energia reativa dessa, reduzindo seu fator de potência, pode gerar aquecimento anormal desses equipamentos causando a diminuição do tempo de vida útil dos mesmos. Diante desse cenário, faz-se necessário estudos que mostrem os efeitos do aumento de cargas não lineares no sistema de distribuição de energia elétrica e formas de mitigar possíveis distúrbios. Embora os consumidores, em sua ampla maioria, desconheçam a composição da tarifa de energia, é incluída pelas concessionárias custos adicionais pelo excedente de energia reativa injetado na rede de distribuição. Ainda que a energia reativa não produza trabalho, no entanto, possui um papel fundamental para o funcionamento equipamentos e dispositivos elétricos em geral, produzindo fluxo magnéticos. Devido a conversão de energia CA-CC presente em praticamente todos equipamentos eletrodomésticos, estudos mostram que estes geram harmônicos na rede de distribuição secundária e diminuem o fator de potência das instalações visto que eleva o consumo de potência denominada não-ativa. Diante disso, este trabalho tem como objetivo principal caracterizar os equipamentos eletrodomésticos sob o ponto de vista da energia reativa senoidal e da energia harmônica, investigar os impactos sobre a qualidade de energia elétrica e eficiência energética e propor formas de minimizar os possíveis danos para os consumidores e concessionárias.

# DESEMPENHO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO FRENTE A DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

**Aluno:** Felipe Costa Kuchenbecker  
**Orientador(a):** Miguel de Brito  
Guimarães Neto

Este trabalho terá como finalidade a realização do cálculo do desempenho de uma linha de transmissão frente a descargas atmosféricas através do software *Flash*. A linha de transmissão a ser estudada será a LT 230 kV Rio Verde Norte – Jataí C1/C2. Para início do TCC2 foram coletados junto a empresa x dados como resistências de pé de torre medidas e projetadas, silhuetadas das estruturas. Outros dados serão coletados à medida que for visto a necessidade. O próximo passo será o estudo do software flash para a realização do cálculo do desempenho de linhas de transmissão frente a descarga atmosférica. O cálculo será realizado e comparado com o real. Além disso, será abordado no trabalho técnicas para a melhoria do desempenho das LTs.

# ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO- ECONÔMICA PARA UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CÂMERAS COLABORATIVO EM CONDOMÍNIOS FECHADOS

**Aluno:** Emmanuel Jamil Alves Rachid

**Orientador(a):** Túlio Charle de O. Carvalho  
Mateus Clemente de Souza

Sistemas de CFTV (Circuito Fechado de TV) são amplamente utilizados para implantação de sistemas de segurança, condomínios horizontais fechados que estão isolados dos centros urbanos e toda infraestrutura do poder público tem interesse de utilizar esse tipo de sistema como uma das formas de monitorar e coibir possíveis ações criminosas nesses locais. Para isso serão estudados os tipos de equipamentos, meios de transmissão e as diferentes tecnologias de um sistema de CFTV para que seja possível a análise de viabilidade técnico-econômica desse sistema a partir da implantação de câmeras de monitoramento em pontos isolados de um condomínio fechado, sem que seja necessária a construção de infraestrutura para equipamentos e cabeamento, possibilitando visualização de imagens em tempo real e gravações direto na nuvem utilizando a rede de internet pré-existente dos próprios moradores para comunicação através da utilização de antenas de rádio.

# SISTEMAS REDUNDANTES PARA TRANSMISSORES E DISPOSITIVOS DE ALARME APLICADOS EM BARRAGENS NA ÁREA DA MINERAÇÃO

**Aluno:** Lucas Ascendino Alves  
**Orientador(a):** Wagner E. Bachur

Ao longo dos anos, tragédias envolvendo barragens de rejeitos, do tipo Alçamento de Montante, têm se tornado manchetes na mídia brasileira. Como exemplo pode-se citar: Mariana em 2015 e Brumadinho em 2019. Um fato comum das duas refere-se à falha dos sistemas de segurança, no que diz respeito a transmissores, e dispositivos de alarme, que não atuaram, tanto de forma preventiva, como no momento do rompimento da barragem. Baseando-se nessas falhas, o trabalho apresentado trata de um estudo, teórico e prático, envolvendo a aplicação de redundância nos equipamentos transmissores e dispositivos de alarme. Ademais, é mostrada uma análise para que as malhas de segurança operem de maneira harmoniosa e por equipamentos tele controlados. Para isso, será apresentado um estudo utilizando-se de CLPs (controladores lógicos programáveis), visando o processamento efetivo dessas malhas. Ao longo deste trabalho, será feita uma revisão bibliográfica em torno do assunto abordado, buscando resultados que possam melhorar a efetividade na segurança de barragens na área da mineração.

# ALOCAÇÃO ÓTIMA DE DISPOSITIVOS PARA-RAIO PARA MELHORIA DO DESEMPENHO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

**Aluna:** Júlia Cristina Rozenberg de  
Andrade

**Orientador(a):** Rafael Alípio

O sistema de aterramento é o elemento que mais influencia no desempenho de linhas de transmissão frente a descargas atmosféricas: quanto menor a impedância de aterramento, melhor o desempenho da linha. No entanto, em algumas regiões de solo de alta resistividade pode ser inviável tecnicamente obter um baixo valor de impedância de aterramento. Nesses casos, são empregados dispositivos para-raios. Como o uso desse dispositivo em larga escala ainda não é viável economicamente, é importante otimizar o seu emprego em linhas de alta tensão. Este trabalho pretende apresentar resultados de simulação do ATP que permitam subsidiar o uso otimizado de dispositivos para-raios em linhas de 138 kV e 230 kV, considerando linhas de circuito duplo e simples.

# MODELAGEM DAS PERDAS EM MÁQUINAS ELÉTRICAS CONECTADAS À INVERSORES DE FREQUÊNCIA

**Aluno:** Álvaro Resende Silva  
**Orientador(a):** Marcelo Martins  
Stopa

Qualquer máquina que realiza um trabalho está sujeita a uma relação entre potência de saída e de entrada menor que 1. Isso é devido as suas perdas de diversas naturezas. Para máquinas elétricas, podemos ressaltar as perdas por efeito Joule, perdas no ferro, perdas por atrito e ventilação e suplementares. Para essas duas últimas, a IEEE determina que estas podem ser estimadas através de uma porcentagem da potência de entrada para máquinas conectadas à rede, ou seja, 60 Hz. Porém, esses resultados são puramente experimentais e não se aplicam para redes desbalanceadas ou com alto índice harmônico. O intuito desse trabalho é apresentar modelos de perdas para máquinas conectadas à inversores de frequência (alto índice harmônico), apresentando suas particularidades, pontos positivos e negativos.

# SOLUÇÃO DE UM PROBLEMA DE ESPALHAMENTO ELETROMAGNÉTICO PELO MÉTODO IEFG.

**Aluno:** Márcio Vinícius Fraga S. Andrade  
**Orientador(a):** Úrsula do Carmo  
Resende

Uma variedade de problemas eletromagnéticos são modelados por problemas de valor de contorno descritos por equações diferenciais associadas a condições de fronteira. Tais problemas, de um modo geral, não dispõem de uma solução analítica, sendo necessário o uso de técnicas numéricas. Neste trabalho, aplica-se o método dos elementos livres de Galerkin Interpolantes (IEFG) em um problema de espalhamento eletromagnético provocado por um cubo condutor. Devido à natureza aberta do problema em si, cria-se uma fronteira artificial esférica em torno do cubo cuja função é apenas a de limitar o domínio para viabilização da abordagem numérica na solução do problema. Uma condição de contorno especial, denominada condição absorvente de Bayliss-Turkel de primeira ordem, é aplicada nesta fronteira artificial para que sua presença seja consistente com a natureza aberta do problema em sua formulação original.

# MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO FDTD/DEY-MITTRA DE CONECTORES SMA E COMPARAÇÃO COM RESULTADOS EXPERIMENTAIS

**Aluno:** Lucas Lobo Latorre Fortes  
**Orientador(a):** Sandro Trindade Mordente  
Gonçalves

Propõe-se construir um modelo de conector SMA em ambiente FDTD, simular o comportamento eletromagnético e realizar medições experimentais de conectores SMA reais conectado a uma placa de circuito para comparação com o modelo criado. As simulações serão realizadas em um software desenvolvido e validado que realiza a análise numérica de campos eletromagnéticos baseado no método das diferenças finitas no domínio do tempo – Finite Difference Time Domain (FDTD). Possivelmente, as simulações também poderão ser feitas em programas comerciais para fins comparativos. O modelo de conector SMA circular construído será adaptado à malha FDTD retangular, utilizando dos métodos de Dey-Mittra para superfícies curvas para melhorar a precisão e eficiência do modelo na obtenção de resultados. Ao final do trabalho, espera-se obter um modelo confiável do conector SMA no qual serão contabilizados os efeitos de sua inserção no projeto de antenas e de placas de circuito em geral.

# DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE VISÃO COMPUTACIONAL PARA CONTAGEM DE OBJETOS EM ESPAÇOS PÚBLICOS

**Aluno:** Guilherme Boaventura de Castro  
**Orientador(a):** Patrick Mendes dos Santos

Com a crescente mudança no panorama global de planejamento urbano, onde as cidades necessitam cada vez mais serem planejadas para atender as necessidades humanas e ambientais em detrimento das necessidades dos veículos, uma ferramenta capaz de contar e identificar de forma rápida objetos que transitam por um determinado local, pode facilitar e muito o estudo para a implementação desse novo modelo de planejamento. A visão computacional se apresenta como uma alternativa viável para o desenvolvimento de sistemas que possam identificar objetos em tempo real, sendo a biblioteca OpenCV uma ferramenta poderosa nessa aplicação. O objetivo desse trabalho é desenvolver um dispositivo, baseado em visão computacional, que possa contar o número de pessoas que passam por determinado local em tempo real, utilizando a biblioteca OpenCV e sendo montado integralmente no computador de placa Raspberry Pi 3.

**Aluno:** Victor Martins

**Orientador(a):** Eduardo Gonzaga da Silveira

O presente trabalho tem o intuito de apresentar as principais funções de proteção de geradores síncronos de grande porte de usinas geradoras hidrelétricas, presentes em relés de proteção digitais atuais. Será apresentado um estudo de caso, de um gerador real, para mostrar os ajustes necessários para a atuação das proteções e se estas atuações foram devidas. Serão apresentados também alguns conceitos importantes dos geradores síncronos de grande porte, tais como as formas de conexão desses geradores com o sistema elétrico, o modelo de curto-circuito, as técnicas de aterramento utilizadas e os sistemas associados que fazem parte de uma usina de geração de energia elétrica.

# PROJETO DO CONTROLADOR PARA O BANCO DE CAPACITORES IMPLANTADO NA SUBESTAÇÃO DE JUIZ DE FORA 2

**Aluna:** Hellen Martins Souza

**Orientador(a):** Eduardo Gonzaga da Silveira

O consumo de energia elétrica no Brasil aumentou consideravelmente nos últimos anos devido à expansão do setor industrial, de acordo com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Diante desse contexto, com o intuito de manter os níveis de tensão estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as concessionárias de energia fazem o uso de bancos de capacitores a fim de controlar os reativos inseridos na rede. Portanto é de vital importância a modernização e a implantação de subestações de energia para atender a demanda energética. Neste trabalho será apresentado um estudo de caso da subestação (SE) de Juiz de Fora 2 pertencente a CEMIG, a qual está sendo submetida a trocas de equipamentos de pátio, instalação de novos alimentadores e consequentemente a digitalização completa das subestações. Além disso, no escopo desse empreendimento é solicitado pela concessionária o controle automático do banco de capacitores, o qual será realizado por um relé de proteção. Este relé é controlado automaticamente por qualquer uma das variáveis principais: tensão, corrente, potência reativa, fator de potência ou horário. Isto posto, entradas digitais serão utilizadas para a determinação da variável principal de controle e grupo de ajuste. Neste trabalho, é fundamental o estudo de transitórios eletromagnéticos para a redução das perturbações no sistema durante o chaveamento dos bancos de capacitores. A fim de análise, será apresentada uma simulação de um modelo circuital no ATP que representa o chaveamento dos bancos de capacitores.

# ESTUDO DE ESTIMADORES DE VELOCIDADE PARA CÁLCULO DE RENDIMENTO DE MOTORES DE INDUÇÃO

**Aluno:** Victor Guilherme Lopes da Silva  
**Orientador(a):** Marcelo Martins Stopa

O presente trabalho realiza o estudo de diferentes métodos de determinação da velocidade de rotor, aplicáveis como parte constituinte de estimadores de rendimento de motores de indução. Por meio de revisão bibliográfica, são apresentadas as principais metodologias de estimação disponíveis na literatura, avaliando os procedimentos tradicionais e publicações mais recentes. Descreve-se sucintamente, métodos de estimação de rendimento e suas características relevantes para este estudo, com ênfase maior em métodos não intrusivos que potencialmente possam ser implementados com baixo custo. Posteriormente, realiza-se descrição mais detalhada de método de estimação de rendimento e métodos de estimação de velocidade considerados mais adequados para os objetivos deste trabalho, enfatizando seu funcionamento e processo de implementação. Realizaram-se simulações para validação de métodos de determinação de velocidade selecionados, com finalidade de se apresentar resultados com análise de características relevantes ao desenvolvimento prático do trabalho. Implementado em bancada didática, foi efetuada aquisição de dados dos sinais de tensão e corrente do motor, que serão empregados em sequência, nos algoritmos de simulação. Os resultados obtidos serão utilizados posteriormente, para análises à cerca do funcionamento e viabilidade de aplicação dos estimadores de velocidade, bem como estudar possibilidades de melhorias e propostas de continuação, possuindo como principal finalidade, a estimação de rendimento de motores de indução.

# IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NO SISTEMA DE CONVERSÃO DE ENERGIA DAS COMPOSIÇÕES DOS TRENS URBANOS ATRAVÉS DE CLP

**Aluno:** Luis Claudio Barbosa Gandini  
**Orientador(a):** Wagner E. Bachur

Atualmente, na frota dos trens série 900 da CBTU, a conversão de energia de 3000VDC/220VAC é feita através de um motor conversor chamado M-CVR. O controle deste processo é realizado por de platinas eletrônicas antigas, que usam uma tecnologia obsoleta. O trabalho de conclusão de curso II, tem como objetivo substituir a forma de controle do sistema de conversão de energia, utilizando um CLP já existente e dedicado ao monitoramento da máquina. O foco do estudo está na realização de um programa que permita que o CLP faça o controle total da máquina, reduzindo o número de falhas e facilitando na manutenção do equipamento.

# GERENCIAMENTO DE RECURSOS DE REDE PELA ADAPTAÇÃO DO PERÍODO DE AMOSTRAGEM EM WNCS

**Aluno:** Heitor Gonçalves Rabelo  
**Orientador(a):** Ana Paula Batista  
Giovani Guimarães Rodrigues

Em sistemas de controle em rede sem fio (WNCS) os dados capturados por sensores e os sinais de controle que influenciam a dinâmica da planta são todos enviados através de uma rede sem fio. WNCSs estão presentes em diversas aplicações, como por exemplo na rede interna de veículos, comunicação sem fio na aviação e em aplicações de automação residencial e industrial. O uso desse tipo de sistema traz vários novos desafios. Problemas como limitações do tráfego de rede, perdas de pacotes, atraso variável na comunicação, perda de sincronismo do sistema, são apenas alguns exemplos de fatores capazes de afetar a performance do controle em rede. Aliar um bom desempenho juntamente com limitações da banda de rede é um processo complexo. Uma estratégia para lidar com limitações da faixa de passagem, especialmente quando várias malhas de controle compartilham a rede, é utilizar um esquema de amostragem adaptativa dos sinais monitorados. Este trabalho testa algumas estratégias de variação do período de amostragem. Para avaliar a eficiência utiliza-se índices de desempenho. É proposto um novo método de amostragem adaptativa, baseado em duas técnicas presentes na literatura: Send on Delta (SoD) e Feedback Adaptive Sampling. A técnica conjunta reduziu o tráfego em situações em que há pouca disponibilidade de banda, e resultou no envio apenas de dados relevantes (segundo o critério do método SoD) nos casos em que há disponibilidade de rede. Houve um melhor desempenho em termos de Qualidade de Serviço e também de Qualidade de Controle quando comparado com os métodos individuais.

# SISTEMA DE IOT APLICADO À MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA TRIFÁSICA

**Aluno:** Marcos Vinícius de Paula Lima

**Orientador(a):** Túlio Charles de O. Carvalho

Internet das Coisas (IoT) é um termo genérico que é utilizado para representar processos que envolvam coisas (objetos) conectados em rede, de forma a produzirem e processarem informação em tempo real e de forma autônoma. Este conceito tem ganhado cada vez mais espaço e relevância nos dias atuais, se tornando uma ferramenta importante de monitoramento, atuação e controle em diversos segmentos dos setores industriais e residenciais. Utilizando os conceitos de Internet das Coisas, este trabalho visa projetar e implementar um medidor trifásico de corrente, tensão e energia elétrica. Para isso, propõe-se o desenvolvimento dos circuitos condicionadores de sinal, que serão interligados a um módulo microcontrolado com conectividade Wi-Fi encarregado de transmitir os dados coletados, a fim de serem disponibilizados através da internet em uma plataforma na nuvem. Pode-se acessar estes dados de qualquer lugar, através de uma página na internet e/ou aplicativo, assim como o sistema de medição poderá ser monitorado e controlado através desta plataforma na nuvem.

# ANÁLISE PRÁTICA COMPARATIVA ENTRE OS MODELOS DE PROCESSO CONVENCIONAL E DE BARRAMENTO DE PROCESSO EM SUBESTAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO

**Aluno:** Denes Maykon Dias de Oliveira

**Orientador(a):** Eduardo Gonzaga da Silveira

Desenvolver melhorias no sistema elétrico é algo fundamental, afinal é esse sistema que garante o fornecimento de energia elétrica para milhões de consumidores, indústrias e comércios. Nesse contexto, as subestações (SEs) de distribuição possuem um papel fundamental, pois são elas as responsáveis por abaixar os elevados níveis de tensão fornecidos pelas linhas de transmissão e subtransmissão, com a finalidade de se distribuir energia elétrica aos consumidores. Essas SEs podem ser divididas em níveis e o de processo, especificamente, tem como função fornecer dados confiáveis do SEP para os sistemas de proteção e controle, ou seja, realizar a conversão dos altos valores de corrente e tensão presentes no pátio das estações em sinais de menor amplitude e proporcionais, realizado através dos transformadores de instrumentação. Atualmente a transmissão desses dados é efetuada, majoritariamente, através de sinais analógicos via fiação elétrica, chamado processo convencional, o que traz certas desvantagens técnicas e custo elevado de construção e manutenção. Desta forma, este trabalho verifica a implementação de um sistema de transmissão digital, conhecido como barramento de processo, com a utilização de conversor analógico digital (merging unit) já no pátio da SE e de fibra óptica como canal entre o conversor e os dispositivos de proteção e controle. Assim, será definido um modelo de uma SE de distribuição e comparado os custos e características técnicas de implementação para ambos os modelos (convencional e barramento de processo) com a finalidade de se definir o mais adequado para as subestações do tipo.

**Aluno:** Vinícius Soares Freitas

**Orientador(a):** Eduardo Gonzaga da Silveira

Subestações elétricas são desenvolvidas desde o final do século XIX e a demanda mundial por energia cresceu exponencialmente desde então. A evolução do processo automotivo destes sistemas contribuiu para o progresso da conjuntura do processo energético. Neste contexto, a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica também exigem robustez na sistematização de suas funções e operações. No entanto, como o avanço ocorreu de forma rápida e multilateral, foram criados inúmeros equipamentos e filosofias dos sistemas de automação das subestações. E com isto, diversos fabricantes começaram a disponibilizar tecnologias com específicos modos de operação e diferentes arquiteturas internas e definições de protocolos, o que impedia a comunicação com dispositivos de outros fabricantes. A norma IEC-61850 foi criada numa busca de tornar possível essa comunicação mais eficaz. Com um padrão inovador, o protocolo permite que distintos equipamentos possam se comunicar e trocar dados entre si, reduzindo custos de materiais e de manutenção, e garantindo trocas de mensagens sem o fator de atraso imposto por conversores de protocolos. Além da apresentação da sistemática do funcionamento hierárquico regido pela IEC-61850, será feito um estudo de tempo de transmissão de mensagens GOOSE em um contexto de falha de comunicação do sistema com o relé principal, bem como no tempo de reestabelecimento da proteção com a atuação do relé complementar.

# ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DE SISTEMA ELETRÔNICO DE RESFRIAMENTO CONTROLADO DE MOSTO CERVEJEIRO

**Aluno:** Bryan Lincoln Pinheiro Alberto

**Orientador(a):** Patrick Mendes dos Santos

Na segunda etapa do trabalho de conclusão de curso pretende-se analisar em laboratório o comportamento do sistema de resfriamento, seguindo as seguintes etapas:

- Teste em laboratório dos componentes básicos utilizados na dissipação de calor da pastilha peltier, tais como ventoinhas e dissipadores.
- Ensaio em laboratório, aplicando um sinal de tensão contínua sobre a pastilha peltier e observando seu comportamento em uma faixa de tensão até o máximo suportado pela pastilha, conforme datasheet fornecido por fabricante.
- Desenvolvimento de uma estrutura onde será inserida a pastilha peltier com o sistema de resfriamento e onde será posicionado o recipiente do líquido a ser resfriado.
- Elaborar um circuito de potência, consistindo em um conversor Buck, utilizando um transistor de potência(MOSFET) de forma a controlar o nível de tensão sobre a pastilha.
- A implementação de um controlador(PI ou PID) de forma a controlar o nível de corrente sobre a célula peltier e conseqüentemente a troca de calor entre o dispositivo e um recipiente com o líquido a ser resfriado, baseando-se no equacionamento desenvolvido na primeira etapa do trabalho.
- Finalizar o projeto do circuito completo do sistema de resfriamento e sua implementação utilizando placa de circuito impresso.

# ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DOIS MÉTODOS DE COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO DE UMA SUBESTAÇÃO REAL ISOLADA A SF6 DE 138KV SUBMETIDA A DESCARGAS ATMOSFÉRICAS INDIRETAS.

**Aluna:** Maíra Xavier

**Orientador(a):** Rafael Alípio

A demanda por energia elétrica cresce à medida que a industrialização e modernização dos processos avança em um mundo cada dia mais tecnológico. Com isso, torna-se necessário um sistema elétrico de geração e distribuição que garanta confiabilidade e continuidade no fornecimento de energia, sendo de extrema importância no cumprimento desta tarefa a busca por inovações em subestações. Neste contexto, a instalação de subestações isoladas a gás SF<sub>6</sub> (GIS) vem crescendo em um ritmo acentuado em todo o mundo, principalmente devido à proximidade dos equipamentos alcançada pela alta capacidade de isolação fornecida pelo gás SF<sub>6</sub>. Dentre as vantagens desse tipo de subestação, além da compactação, ressalta-se a baixa necessidade de manutenção, flexibilidade de arranjo e longa vida útil. Assim como nas subestações convencionais, os equipamentos de uma subestação isolada a SF<sub>6</sub> podem ser submetidos a elevadas sobretensões devido à ocorrência de descargas atmosféricas originadas tanto por descargas diretas na subestação, como por incidência direta (nos condutores fase) ou indireta em uma das linhas que chegam à subestação. Por queda indireta deve-se entender aquelas que atingem o cabo de blindagem ou a torre da linha e, eventualmente, provocam a ruptura do isolamento entre torre e fase em decorrência da elevação do potencial da terra em relação ao da fase. Este trabalho se concentra na avaliação das sobretensões originadas de descargas indiretas em vão próximo de uma LT que chega à subestação, uma vez que essas correspondem às sobretensões mais severas e com maior frequência, considerando os três casos citados anteriormente. O cálculo das sobretensões atmosféricas resultantes na SE é de fundamental importância para a realização do estudo de coordenação de isolamento e especificação do nível de isolamento dos equipamentos e da quantidade e localização de dispositivos para-raios. Tal cálculo envolve algumas complexidades, como a modelagem eletromagnética dos equipamentos da subestação e do surto incidente na subestação.

A modelagem rigorosa dos componentes da subestação encerra desafios ainda não contornados, sobretudo pela necessidade do estabelecimento de modelos que sejam válidos em uma ampla faixa de frequências, dado o caráter impulsivo das descargas atmosféricas. Não é objetivo deste trabalho apresentar uma contribuição para esse tópico específico. A modelagem do surto incidente na subestação normalmente é realizada por meio de uma onda impulsiva de tensão aplicada em sua entrada. A definição das características dessa onda impulsiva de tensão, com destaque para a amplitude e o tempo de frente, não segue critérios claros e, por vezes, são adotados parâmetros de escolha não evidente e/ou muito conservativos. Considerando o fenômeno descarga atmosférica, parece mais apropriado em estudos mais próximos de condições reais, trabalhar com a corrente do raio injetada na linha de transmissão, sendo as tensões incidentes na subestação o resultando da interação dessa corrente com as impedâncias e descontinuidades da linha. Nessa interação, pode-se modelar o processo de ruptura do isolamento da cadeia de isoladores adotando algum modelo que contemple o efeito disruptivo. Tendo em conta o descrito, o objetivo desse trabalho é apresentar uma contribuição à representação do surto atmosférico incidente em uma subestação isolada a SF<sub>6</sub> para estudos de transitórios eletromagnético no contexto de coordenação de isolamento. Em particular, pretende-se comparar as sobretensões resultadas em equipamentos no interior da subestação considerando o surto atmosférico representado por uma onda de tensão incidente ou por meio de uma onda de corrente incidente na linha de transmissão. Os estudos são realizados tendo como base uma subestação isolada a SF<sub>6</sub> real, além disso, todas simulações serão desenvolvidas com suporte do programa Alternative Transients Program (ATP).

# AVALIAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE COMPENSAÇÃO DOS EFEITOS ASSOCIADOS AOS ATRASOS EM NCS

**Aluna:** Ana Carolina Duque de Almeida  
**Orientador(a):** Ana Paula Batista  
Giovani Guimarães Rodrigues

Os Sistemas de Controle via Redes (NCSs) são caracterizados pelo uso de redes de comunicação de dados na interligação dos elementos de campo (sensor, atuador e controlador). Tais redes podem ser caracterizadas como determinísticas ou não determinísticas. Ao utilizar-se uma rede de dados não determinística na malha de controle, vários são os problemas que podem vir a aparecer, como atrasos variantes no tempo, perdas de pacotes, amostragem irregular, falhas de comunicação com sensores e atuadores, entre outros. Visto que a análise de todas estas características de forma integrada é de grande complexidade, optou-se por focar na questão da análise dos atrasos de forma isolada. No presente trabalho é apresentada, portanto, a simulação computacional de um sistema de controle em malha fechada para um motor de corrente contínua em uma rede de comunicação de dados do tipo Ethernet (TCP/IP). Todas as simulações foram feitas no software MATLAB-Simulink com o auxílio da biblioteca TrueTime Toolbox. Para o controle da planta em questão foi utilizado um controlador PI (Proporcional-Integral) acoplado a um Preditor de Smith com o objetivo de compensar os atrasos inseridos pela rede no sistema de controle. O atraso do Preditor de Smith foi implementado utilizando diferentes estratégias, a fim de verificar qual das técnicas se mostraria mais efetiva na compensação dos efeitos dos atrasos variantes no tempo. Foi analisada, até o momento, a compensação com atrasos fixos e com a média móvel dos atrasos variantes da rede. A sobrestimação e a subestimação dos atrasos também foram analisadas. Diferentes padrões de atrasos foram simulados com amplitudes máximas variadas e, para cada um dos casos, foi avaliado o comportamento temporal do sistema. Para este estudo de caso, as simulações apontam que estratégias acopladas ao Preditor de Smith com adaptação podem trazer resultados satisfatórios para a compensação dos efeitos dos atrasos variantes. Outras estratégias para estimação do atraso a ser aplicado no Preditor para a compensação dos atrasos serão testadas.

# CONTROLE DO PROCESSO DE SOLDAGEM DEMICROCOMPONENTES POR INFRAVERMELHO DIRECIONADO (IRD).

**Aluno:** Reginaldo de Assis Moraes  
**Orientador(a):** Mateus Clemente Sousa

Neste trabalho pretende-se desenvolver um sistema de controle do processo de soldagem de microcomponentes com tecnologia de montagem superficial (SMD). Será projetado um controlador para um equipamento de soldagem por infravermelho direcionado, capaz de realizar a manutenção segura de equipamentos com esta tecnologia. O projeto terá uma plataforma de controle em malha fechada. Este controle será implementado em um microcontrolador PIC 18F, que também terá como função o monitoramento e a análise das variáveis de interesse do processo. Esse sistema de controle em malha fechada irá substituir o sistema original do equipamento, que é feito em malha aberta. Será feita a modelagem e a análise do sistema, para assim, através de objetivos de controle, projetar/sintonizar um controlador PID (ou suas variações), após o implemento do controlador, será feita outra análise para verificação dos objetivos de controle pré-estabelecidos foram obtidos.

# ANÁLISE DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA TÍPICA QUE ALIMENTA FERROVIA DE CARGA SINALIZADA

**Aluno:** Gustavo Andre Silva  
**Orientador(a):**

Diante da ineficiência e da pequena representatividade da Malha Ferroviária no que tange ao transportes de cargas no Brasil, e também, da necessidade da busca pela ampliação e modernização do mesmo, este trabalho apresenta os alicerces que compõem a infraestrutura para funcionamento das ferrovias atuais, baseadas em três segmentos, que são: energia, sinalização e comunicação, sendo os dois últimos dependentes da energia elétrica que é o tema focal desta tese. Além de descrevermos, resumidamente, os itens que compõe as estruturas ferroviárias, apresenta-se um trabalho dedicado ao estudo de uma Rede de Distribuição Rural de 13,8kV trifásica típica, que alimenta ferrovias de cargas sinalizadas. Busca-se descrever as características e particularidades deste sistema de potência, assim como questionar e analisar o comportamento das Linhas de Distribuição típicas que fazem parte dos Sistemas Elétricos Ferroviários, identificar os possíveis problemas e avaliar as possibilidades em soluções viáveis para que se atinja uma maior confiabilidade do sistema ferroviário.

# PROJETO DE SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO DE ENVASE DE CERVEJA ARTESANAL

**Aluno:** Guilherme Leandro Rodrigues  
**Orientador(a):** Patrick Mendes dos Santos

O trabalho consiste em desenvolver um sistema semiautomático para envase de cerveja, visando a fabricação caseira do produto. O sistema envolverá um microcontrolador programado para contar os pulsos de um sensor de vazão, permitindo ao usuário determinar qual o volume a ser envasado e diminuir os riscos de vazamento e criação de espuma.

Ensaio de esvaziamento:

- Verificação do comportamento do sistema ao bombear água para fora de um recipiente. Necessário para determinar a necessidade ou não de controle em malha fechada da velocidade da bomba.

Ensaio de realimentação:

- Verificação do comportamento do sistema ao bombear água realimentando um recipiente. Necessário para determinar empiricamente a constante do sensor de vazão (litros/pulso) e a velocidade da bomba para manter o envase na velocidade ideal.

Os ensaios mostraram que o fluxo permanece constante independente da altura da coluna de líquido no recipiente. Mostraram também que na partida o bombeamento ocorre em velocidade muito alta, causando turbilhamento. Os ensaios mostraram que uma frequência de 36Hz nos pulsos equivale à velocidade ideal (neste caso) para envase, 60ml/s, calculada a partir do número de Reynolds. Estudos sobre inversores de frequência para permitir partida da bomba em uma velocidade que mantenha escoamento laminar; Estudos sobre programação de microcontrolador Arduino com foco em integralização de volume de fluido.

Ensaio com sensor de vazão:

- Utilização de um gerador de sinais para verificar a margem de erro do sensor e seu comportamento conforme o fluxo passando por ele aumenta.

# ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE UM CONVERSOR CC-CC E DAS DIFERENTES TÉCNICAS DE MPPT

**Aluno:** Guilherme Barros Alves Pereira  
**Orientador(a):** Sandro Trindade  
Mordente

O trabalho acadêmico de conclusão do curso tem como objetivo o estudo da eficiência dos otimizadores de potência (power optimizer), que são conversores CC-CC aplicados em placa fotovoltaica para otimizar a potência adquirida pelas placas, através das técnicas de MPPT. O papel dos conversores CC, nessa aplicação, é o casamento de impedâncias, conseguindo a máxima transferência de potência. No final do trabalho acadêmico será demonstrado por meio de dados obtidos em simulações computacionais e ensaios, qual técnica de MPPT é o mais vantajoso. Um segundo objetivo desse trabalho acadêmico será a relação entre a máxima transferência de potência e eficiência, mostrando quantitativamente qual é o mais vantajoso na aplicação de geração de energia solar.

