



---

# ENGENHARIA NO SÉCULO XXI

Volume 1



Editora Poisson

Editora Poisson

# Engenharia no Século XXI Volume 1

1ª Edição

Belo Horizonte  
Poisson  
2019

**Editor Chefe:** Dr. Darly Fernando Andrade

**Conselho Editorial**

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais

Msc. Davilson Eduardo Andrade

Msc. Fabiane dos Santos Toledo

Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia

Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC

Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy

Msc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

**E57**

**Engenharia no Século XXI - Volume 1/  
Organização: Editora Poisson - Belo  
Horizonte - MG: Poisson, 2019  
226p**

**Formato: PDF**

**ISBN:** 978-85-7042-081-7

**DOI:** 10.5935/978-85-7042-081-7

**Modo de acesso: World Wide Web**

**Inclui bibliografia**

**1. Engenharia 2. Ensino. I. Título**

**CDD-620**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

[www.poisson.com.br](http://www.poisson.com.br)

[contato@poisson.com.br](mailto:contato@poisson.com.br)

# SUMÁRIO

**Capítulo 1: A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO E A EDUCAÇÃO CORPORATIVA DE EMPRESAS BRASILEIRAS: EFICIÊNCIA, EFICÁCIA OU EFETIVIDADE ..... 7**

*Marlene Jesus Soares Bezerra, Hamilton Lopes de Miranda Junior, Nelson Roberto de Albuquerque Bezerra, Jose Rodrigues de Farias Filho*

**Capítulo 2: REPRESENTAÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE DISCIPLINAS, COMPETÊNCIAS E PERFIL DE FORMAÇÃO POR MEIO DE INFOGRÁFICO ..... 16**

*Paulo Afonso Franzon Manoel, Rogério Máximo Rapanello, Bethânia Graick Carzão*

**Capítulo 3: FORMAÇÃO E COMPETÊNCIA DO ENGENHEIRO ELETRICISTA – ANÁLISE SISTÊMICA ..... 27**

*Lucas Vinícios Oliveira Filgueiras, Danielly Norberto Araujo, Talvanes Meneses Oliveira*

**Capítulo 4: TRABALHO EM EQUIPE E COMPETITIVIDADE: O RELATO DE UM ESTUDO DE CASO COMO ESTÍMULO À GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PESSOAL NA FORMAÇÃO DO TÉCNICO E DO ENGENHEIRO ..... 36**

*Anselmo Paulo Pires, Euclides Gonçalves Martins Filho, João Bosco dos Santos, Joel Lima*

**Capítulo 5: PERCEPÇÃO DOS EGRESSOS SOBRE A QUALIDADE DOS CURSOS DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE - UPM..... 45**

*Leila Figueiredo de Miranda, Terezinha Jocelen Masson, Antonio Hortêncio Munhoz Jr*

**Capítulo 6: ANÁLISE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO DE ACORDO COM A PERCEPÇÃO DOS ALUNOS..... 54**

*Vítor Freitas Mendes, Valmir de Paulo Bernardes Junior, André de Oliveira Faria , Karine Franco Basto, Larissa Valverde Uryu, Chrystian Cleiderson Ventura*

**Capítulo 7: FORMAÇÃO DOCENTE: O NOVO DESAFIO PARA O ENSINO TÉCNICO DE ELETROMECAÂNICA – IFBA – CAMPUS SIMÕES FILHO ..... 63**

*Esly César Marinho da Silva, Claudia Cunha Torres da Silva, Solange Dias de Santana Alves, José Jorge Mendes de Freitas*

**Capítulo 8: EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA ..... 72**

*Stefane Layana Gaffuri, Walter Antonio Bazzo, Paula Andrea Grawieski Civiero*

**Capítulo 9: UMA ESTRATÉGIA PARA O ENGAJAMENTO DOS ESTUDANTES NAS DISCIPLINAS DO EIXO BÁSICO DA MATEMÁTICA..... 81**

*Gezelda Christiane Moraes, Vanessa Terezinha Ales, Karla Cristiane Arsie Vieira, Izabela Patrício Bastos, Salmo Pustilnick*

# SUMÁRIO

**Capítulo 10:** MONITORIA COMO AUXÍLIO NA REDUÇÃO DA REPROVAÇÃO DA DISCIPLINA DE CIÊNCIA DOS MATERIAIS ..... 87

*Camila Fukuda Gomes, Priscila Brentan Praxedes Pereira, Guilherme Barrachina Stocco*

**Capítulo 11:** RELATO DE EXPERIÊNCIA: PRIMEIRA GESTÃO DO GRUPO PET ENGENHARIA ELÉTRICA CEFET-MG CAMPUS NEPOMUCENO..... 95

*Sara Luiza da Silva, Iago Monteiro Vilela, Ludmila Aparecida de Oliveira, Samuel de Souza Ferreira Terra, Letícia Soares Santos, Ana Flávia Rodrigues Lopes, Breno Masson Lima, Igor de Souza Fonseca, Ignásia Aline Gama Carvalho Ferreira, Leonardo Silva Ricardino, Reginaldo Barbosa Fernandes*

**Capítulo 12:** ANÁLISE de metodologia padrão para o desenvolvimento de projetos do NUPIDE/UBM. .... 102

*Ronan Gonçalves Gomes, Zilmar Alcântara Junior*

**Capítulo 13:** PROCESSAMENTO DE DOCE DE LEITE REALIZADO COMO ATIVIDADE DO NÚCLEO DE ESTUDOS EM LATICÍNIOS NO CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ..... 113

*Francisco Augusto Oliveira Santos , Juliane Döering Gasparin Carvalho, Antônio Cláudio Rodrigues Barbosa Júnior, Alana Uchôa Pinto, Francisca Lívia de Oliveira Machado, Gizele Almada Cruz, Carlos Natyell dos Santos Soares, Nayara Pereira de Queiroz*

**Capítulo 14:** NÚCLEO DE ESTUDOS EM LATICÍNIOS (NEL): EXPERIÊNCIA QUE AGREGA ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO NO CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ..... 119

*Francisco Augusto Oliveira Santos, Nhaira Monteiro de Farias Lima, Juliane Döering Gasparin Carvalho, Thalita Cavalcante Rodrigues, Matheus Calixto Saraiva, Carlos Alberto de Jesus Filho, Francisca Lívia de Oliveira Machado, Gizele Almada Cruz*

**Capítulo 15:** TERMÔMETRO ANALÓGICO COM SAÍDA PADRÃO INDUSTRIAL 4–20MA PARA FINS EDUCACIONAIS NA ENGENHARIA ELÉTRICA ..... 124

*Gustavo Araújo Filgueiras, Leonardo Henrique de Oliveira, Daniel de Almeida Fernandes*

**Capítulo 16:** MOTOR STIRLING COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO NO APRENDIZADO DA TERMODINÂMICA..... 133

*Diandra Caroline Xavier Silveira de Melo, Felipe Pinheiro Maia, Gabriel Ivan Medina Tapia*

**Capítulo 17:** TREINAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO ..... 142

*Thales Prini Franchi, Thiago Prini Franchi , Joel Rocha Pinto, Alessandro Bogila, Denis Borg, Fernando Deluno Garcia*

# SUMÁRIO

<b>Capítulo 18: ABORDAGEM DO ELETROMAGNETISMO MEDIANTE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO.....</b>	<b>151</b>
---	------------

*Sara Luiza da Silva, Allan Vinícius Pereira Machado, Ítalo Arthur João Wilson Silva Meireles, Rodrigo de Sousa e Silva*

<b>Capítulo 19: USO DA TEORIA DOS JOGOS COMO MÉTODO INOVADOR NO PROCESSO DECISÓRIO DE INVESTIMENTO DA ENERGIA SOLAR.....</b>	<b>158</b>
--	------------

*Monique Suellen de Lima e Silva Tomaz, Lázara Silveira Castrillo, Danielle Casé Dionizio Cunha, Aldenis Everton Alves Guilherme de França*

<b>Capítulo 20: REAPROVEITAMENTO DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS PRESENTES EM LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS.....</b>	<b>167</b>
---	------------

*Juliana Corrêa de Souza, Geraldo Motta Azevedo Junior, Antônio José Dias da Silva*

<b>Capítulo 21: DESENVOLVIMENTO DE UMA CARENAGEM PARA VEÍCULO OFF- ROAD POR MEIO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS.....</b>	<b>176</b>
--	------------

*Patrícia Narjara de Almeida Justino, Diego de Souza Valadares, José Carlos de Lacerda, Carolina Lipparelli Morelli*

<b>Capítulo 22: DESENVOLVIMENTO DE UM TESTE CATALÍTICO DE BANCADA PARA ENSAIOS DIDÁTICOS DE CRAQUEAMENTO DE HIDROCARBONETOS E COMPOSTOS ORGANOSSULFURADOS.....</b>	<b>182</b>
--	------------

*Ronaldo Costa Santos, Daniel Freire Almeida, Diego Santana da Silva, Fernanda Silva Costa Fonseca, Jeysa Taynara Barbosa Cunha, Luiz Antônio Magalhães Pontes*

<b>Capítulo 23: OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS COM ILUMINAÇÃO DOS AMBIENTES DE ESTUDO NO IFBA CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA UTILIZANDO A PROGRAMAÇÃO LINEAR.....</b>	<b>191</b>
---	------------

*Luca de Almeida Brito, Edson Patrício Barreto de Almeida, Rafael Araújo da Silva Pereira, Walmir Belinato*

<b>Capítulo 24: ANÁLISE DA INFLUÊNCIA NA TENSÃO DE CURTO CIRCUITO A PARTIR DO CONTROLE TÉRMICO POR SISTEMA DE ARREFECIMENTO CONVECTIVO EM PAINEL FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>200</b>
--	------------

*Mayara Cordeiro França, Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti*

<b>Autores.....</b>	<b>210</b>
---------------------	------------

# Capítulo 1

## *A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO E A EDUCAÇÃO CORPORATIVA DE EMPRESAS BRASILEIRAS: EFICIÊNCIA, EFICÁCIA OU EFETIVIDADE*

*Marlene Jesus Soares Bezerra*

*Hamilton Lopes de Miranda Junior*

*Nelson Roberto de Albuquerque Bezerra*

*Jose Rodrigues de Farias Filho*

**Resumo:** A velocidade na produção de conhecimento, decorrente dos avanços tecnológicos em telecomunicações e computação, propiciou o surgimento de um novo modelo civilizatório. A Sociedade do Conhecimento é decorrente do reordenamento das relações sociais com bases nas tecnologias que permitem interações globais em tempo real através de redes de computadores. Conseqüentemente, as atividades produtivas também foram afetadas elevando sua demanda por profissionais mais qualificados e alinhados a esta realidade. As engenharias também foram afetadas em função do uso intensivo de novas tecnologias que fazem em suas diferentes áreas de atuação e, portanto, coloca em cheque o atual modelo de formação oferecido pelas Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil já que corporações de grande porte no país passaram a instituir seus próprios meios de formação e capacitação profissional denominando-os de Universidade. Logo, estaria este modelo de educação corporativa sendo aplicado de maneira efetiva para gerar o perfil profissional do engenheiro desejado pelas empresas? Trata-se de um estudo exploratório de natureza qualitativa. O método mede a aderência da efetividade entre o perfil profissional desejado e o obtido na Educação Corporativa. Os resultados alcançados com a aplicação do método em uma empresa brasileira revelaram a pouca efetividade da educação corporativa em relação aos desafios impostos pela Sociedade do Conhecimento.

**Palavras-chave:** Formação do Engenheiro. Educação Corporativa. Gestão do Conhecimento.

## 1 INTRODUÇÃO

A realização de estudos sobre a efetividade da Educação Corporativa no campo da engenharia nas empresas brasileiras revela a deficiência sinérgica na formação discente das Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil em relação ao alinhamento com as tecnologias existentes no ambiente corporativo das empresas no país. A qualidade das mídias eletrônicas disponíveis para o ambiente corporativo possibilita a criação de recursos educacionais que objetivam a formação/atualização da força de trabalho nas organizações.

O estudo aqui apresentado, assim como seus resultados, pretendeu aproximar a academia das empresas no Brasil fornecendo contribuições que servem para mostrar o cenário atual e abrir possibilidades de futuras pesquisas sobre os temas aqui apresentados.

Os aspectos aqui analisados surgiram com base em pesquisa bibliográfica, observação e entrevistas com aplicação de instrumento de coleta de dados. Bucou-se, inicialmente, realizar uma análise partindo de uma investigação exploratória entre a fundamentação teórica da Educação Corporativa e a imagem que a mesma veicula na mídia.

Os resultados iniciais tornaram evidente que o crescimento da Educação Corporativa no Brasil se justifica por conta dos gaps na formação da mão-de-obra produtiva em engenharia, egressa das IES brasileiras, tornando necessário investimento na capacitação da força de trabalho pelos empresários que visam a obter melhor desempenho dos recursos humanos em seus negócios. Estaria, então, tal iniciativa empresarial sendo aplicada com efetividade para reduzir tal distanciamento?

Por conta dessa percepção e do resultado infrutífero pela busca de um instrumento adequado é que se desenvolveu um método que estabelece a aderência da efetividade entre o perfil profissional desejado e o obtido na Educação Corporativa.

O início da formulação do instrumento partiu da construção de um pequeno retrato da educação corporativa no Brasil e foi, através da análise de quarenta trabalhos científicos entre teses e dissertações pesquisadas, que percebeu-se a necessidade das seguintes elucidações para empresas que fazem uso de Educação Corporativa, instrumentalizada pela Universidade Corporativa, como meio de adequar sua força de trabalho com as tecnologias disponíveis no ambiente organizacional: Identificação do nível de simetria na formação dos egressos das IES de engenharia com o desempenho esperado na organização; Avaliação da geração e disseminação do conhecimento na empresa; Constatação do alinhamento dos objetivos das Universidades Corporativas com as estratégias do negócio; Constatação da viabilidade de programas de e-learning dentro da organização; Constatação da presença, e aplicação, das linhas, princípios e objetivos do modelo conceitual desenvolvido por Meister (1999) em Educação Corporativa e se o mesmo se tornou um complemento estratégico importante na aprendizagem organizacional; Análise da contribuição dos programas de educação corporativa para a melhoria do desempenho de funcionários, para a construção de sua carreira na empresa ou absorção em outros postos de trabalho; Constatação do alcance dos objetivos e planos da gestão de conhecimento em relação às metas estratégicas da instituição voltadas ao desenvolvimento profissional pela educação continuada em ambiente globalizado.

O instrumento de referência na construção do Método foi o questionário Procedimentos adotados no desenvolvimento dos profissionais de engenharia de projetos da empresa pesquisada, aplicado na Engenharia de Projetos desta Companhia localizada no Brasil

Os resultados alcançados com a aplicação do método na Companhia comprovaram sua efetividade ao ser capaz de constatar que as práticas em liderança, na formulação de estratégias, na elaboração de informações e disseminação de conhecimento, na formação de pessoas e processos revelaram a pouca efetividade da educação corporativa em relação aos desafios impostos pela Sociedade do Conhecimento.

## 2 O MÉTODO DE ADERÊNCIA DA EFETIVIDADE ENTRE O PERFIL DO PROFISSIONAL DESEJADO E O OBTIDO NA EDUCAÇÃO CORPORATIVA

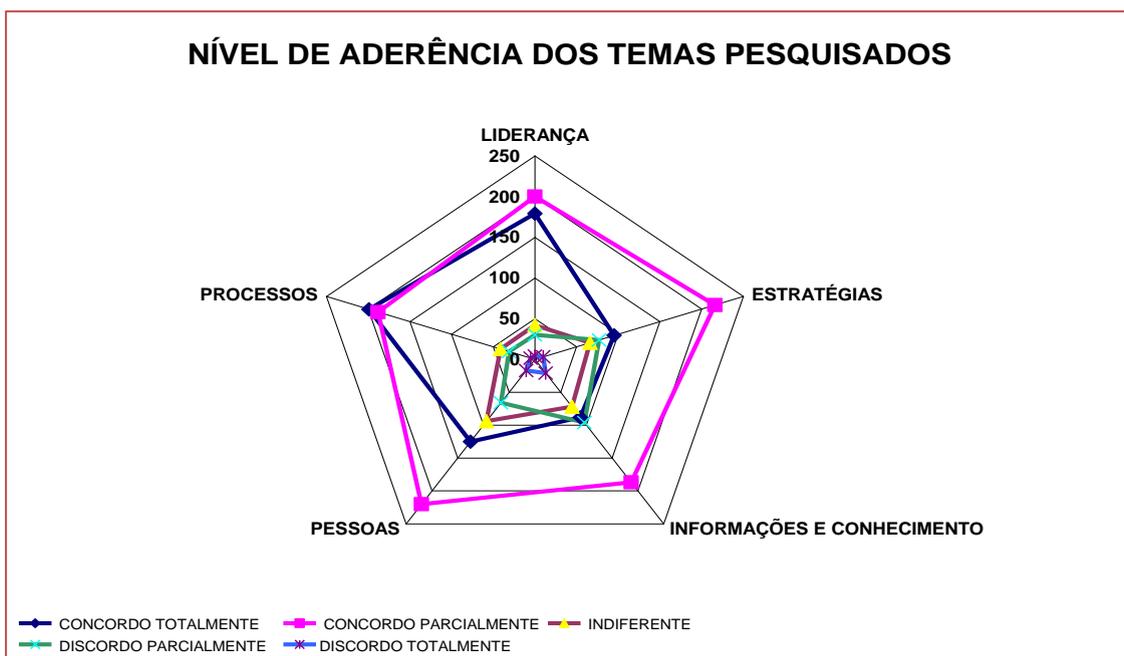
Ao se criar o método de aderência da efetividade buscou-se torna-lo um instrumento que ofereça à sociedade, em especial empresas que fazem uso de Universidades Corporativas, a oportunidade de rever conceitos e práticas de liderança, estratégias empresariais, construção de informações e disseminação de conhecimento, gestão de pessoas e processos, em relação a aprendizagem inadequada para o enfrentamento dos desafios da Sociedade do Conhecimento.

Além dos aspectos levantados, considerou-se que a aprendizagem efetiva deve estar cuidadosamente vinculada às necessidades estratégicas da empresa que faz uso de um modelo educacional orientado para o mercado.

Fatores como dificuldades em relação à Liderança, relacionamento pessoal conflituoso e disseminação precária do conhecimento ainda perduram como obstáculos não superados pelas novas gerações de engenheiros, supostamente devido a sua ausência no processo de formação discente.

As informações produzidas pelo questionário Procedimentos adotados no desenvolvimento dos profissionais de engenharia são estruturadas em um gráfico Radar denominado Nível de Aderência dos Temas Pesquisados, construído a partir da análise quantitativa das respostas com os temas: Liderança, Estratégias, Informações e Conhecimento, Pessoas e Processos trabalhados do questionário, como no Gráfico1 abaixo.

Gráfico 1- Nível de aderência dos temas pesquisados



A finalidade do gráfico é demonstrar a realidade da empresa em relação aos procedimentos adotados no desenvolvimento de seus profissionais. O modelo acima colocado como exemplo foi o resultado da pesquisa feita na Companhia pesquisada.

O Método analisa os procedimentos adotados no desenvolvimento dos profissionais de uma organização, foi concebido para ser um instrumento de avaliação que faz uso de critérios sobre perfil profissional desejado pela organização.

Para instituir os parâmetros das etapas que fizeram parte do método proposto, estabelecendo a aderência da efetividade entre o perfil profissional desejado e o obtido na Educação Corporativa, constatou-se a necessidade do atendimento aos aspectos já identificados, bem como a adequação dos requisitos do perfil profissional às exigências da empresa. O uso de tais parâmetros permite identificar o gap, na formação do engenheiro, e, com isso, diminuir horas de treinamento, para deixar o profissional pronto, melhorando seu desempenho na organização e em toda a cadeia produtiva.

A aplicação do Método é realizada em cinco etapas que objetivam estabelecer a aderência entre o perfil profissional desejado e o obtido na Educação Corporativa, nas seguintes etapas: 1ª Avaliar a atuação das lideranças no processo educacional da organização; 2ª Avaliar as estratégias da difusão da informação e do conhecimento; 3ª Avaliar a gestão da informação e do conhecimento; 4ª Avaliar a capacitação das pessoas e o relacionamento entre elas; 5ª Avaliar a implementação de processos gerenciais. Avaliar

processos gerenciais contribui para assegurar um desempenho elevado dos processos e gerar produtos que atendam às necessidades e expectativas dos clientes internos.

O Método faz uso de critérios que estabelecem a aderência entre o perfil profissional desejado e o obtido na Educação Corporativa, de 1 a 5. A resposta “concordo totalmente” corresponde aos 100%; a resposta “concordo parcialmente” corresponde a 75%, ou seja, as práticas executadas são sistemáticas em quase toda a empresa. A resposta “indiferentes”, corresponde a 50%, mostra que existe planejamento das práticas, metade já executadas e algumas já sistematizadas e com avaliação de resultados; a resposta “discordo parcialmente”, corresponde a 25%, revela que existe planejamento das práticas, para atendimento da questão correspondente. A resposta “discordo totalmente”, corresponde a 0% e revela que não existem evidências das práticas em qualquer um dos parâmetros e nem planejamento das práticas para atendimento da questão.

A Análise do Nível de Aderência dos Temas que compõe o Método, quando elaborado dentro do gráfico Radar Nível de Aderência dos Temas Pesquisados, indica que os melhores resultados são revelados pelas linhas mais próximas da borda externa do gráfico e que os piores são os que se encontram mais próximos do centro.

A construção de um instrumento que avalie a efetividade da Educação Corporativa nas empresas brasileiras surgiu após a participação no 1º Encontro de Educação Corporativa Brasil/Europa, em junho de 2008, na Cidade do Porto, Portugal. O evento promoveu como tema central “Educação Corporativa: Capacitação e Internacionalização de Empresas” discutindo o envolvimento das instituições que atuam com Educação Corporativa no País e a sustentabilidade como meio de aproximação da universidade e empresa. Apesar da passagem dos anos, percebe-se que neste ano de 2018, as preocupações continuam por conta das organizações, pouco avançaram.

Fatores como a maximização de profissionais qualificados, a revolução na educação e no desenvolvimento da ciência e da tecnologia de um país, o fortalecimento do relacionamento entre a academia e a indústria e a questão da responsabilidade social das organizações permitiram debates entre representantes brasileiros e europeus e a troca de experiências. Outros temas como Estratégias para a Internacionalização, Formação e Desenvolvimento de Competência, Recursos Humanos, Cooperação Empresarial, Sustentabilidade, Comércio Externo, Inovação, revelaram a profunda relevância da Educação Corporativa como fator estratégico do desenvolvimento organizacional.

O evento propiciou contato com representantes da educação corporativa de empresas brasileiras e europeias. Ambos apresentavam três pontos em comum em relação a baixa aderência na efetividade da formação através das Universidades Corporativas, quais sejam: o gap na formação do engenheiro; as horas de treinamento para o engenheiro estar pronto para alçar vôos sozinho e a dificuldade em disseminar conhecimento.

### **3 APLICAÇÃO DO MÉTODO E OS RESULTADOS ALCANÇADOS**

A aplicação do Método teve como objeto de estudo os engenheiros da Companhia, mais especificamente o questionário Procedimentos adotados no desenvolvimento dos profissionais de engenharia foi aplicado na Engenharia de Projetos desta empresa, que é uma Empresa global, sediada no Brasil, com mais de 100 mil empregados, também considerada uma das maiores empresas de mineração diversificada das Américas. Na sua política de treinamento interno a empresa estabeleceu o desenvolvimento de talentos como prioridade estratégica.

A Universidade Corporativa da Companhia, constitui-se como uma ferramenta de formação dentro da empresa focada no processo de aprendizagem contínua capaz de oferecer ações de desenvolvimento associadas às competências definidas como estratégicas para a Empresa. É ela que sistematiza e implementa a estratégia de educação da Companhia.

A estrutura dela foi criada com base em um sistema de avaliação de competências à partir de um plano de desenvolvimento do empregado (PDE). O ambiente de aprendizagem é a base do gerenciamento das ações de treinamento e desenvolvimento. Para ele foi criado igualmente um espaço virtual, onde são gerenciadas ações de desenvolvimento selecionadas no PDE.

A Engenharia desenvolve os projetos conforme a metodologia Front-End Loading (FEL), por vários motivos: rápido nivelamento na estrutura organizacional dos riscos envolvidos; harmonia entre os produtos das várias disciplinas abarcadas em cada uma das três etapas; viabilização do planejamento corporativo e priorização e preservação dos interesses da Empresa. São essas as condições ideais para

oferecer suporte ao processo de tomada de decisão, cabendo a cada Unidade de Negócios a responsabilidade da aplicação de tal metodologia.

Para se desenvolver o método proposto, foi necessário entender, em linhas gerais, como funciona a engenharia de projetos e onde estão os engenheiros alocados, dentro dessa metodologia Front-End-Loading de trabalho: Engenharia de Desenvolvimento: responsável pela formulação dos índices de desempenho do projeto, pela elaboração do projeto conceitual e projeto básico; Engenharia de Aquisição: responsável pela elaboração do detalhamento do projeto; Engenharia de Construção: responsável pelas obras civis junto às empreiteiras, pelas montagens eletro-mecânicas, pre-comissionamento das equipes especializadas independentes e comissionamento do grupo de operação/manutenção.

Para se conseguir uma amostra mais fidedigna, foi necessário percorrer o processo de trabalho da engenharia, onde trabalhavam aproximadamente 1000 engenheiros, e, devido a esse processo, foram entrevistados engenheiros que trabalhavam na engenharia de desenvolvimento, na engenharia de aquisições e na engenharia de construção. O questionário foi aplicado nas três áreas da engenharia, para subsidiar o método proposto, foram distribuídos 110 questionários e obtidas 59 respostas, o que representa uma amostra 53,63 % dos respondentes.

O Método aqui proposto foi fundamentado com base na revisão de literatura, sobre a Engenharia no Brasil, Formação do Engenheiro, a Importância da Engenharia nas Organizações Empresariais, a Organização Empresarial, Panorama Econômico e Produtivo, Cenários, Planejamento Estratégico e Cultura Organizacional, Gestão do Conhecimento nas Organizações, Educação Corporativa na Aprendizagem Organizacional e Origens e difusão do fenômeno da Universidade Corporativa.

Foram integrados a ele conceitos e técnicas tradicionais, lideranças no processo educacional organizacional, atuação e desdobramento das estratégias, gestão das informações e conhecimento, capacitação das pessoas e processos, com o estudo de natureza quantitativo-descritiva.

A partir da observação do ambiente de trabalho durante os encontros; das entrevistas informais com os responsáveis da engenharia de projetos; com entrevistas semi-estruturadas com os representantes da educação corporativa e engenharia e com a aplicação do questionário na engenharia de projetos, buscou-se descrever os fatos e fenômenos da realidade da engenharia acrescidos de outros fatores tais como: conhecer as responsabilidades das funções dos engenheiros na empresa e os processos utilizados para o desenvolvimento de suas habilidades.

Buscou-se descrever as atividades e responsabilidades, os desafios do cargo, a experiência e conhecimento prévio e o adquirido na empresa e como eram avaliados os treinamentos realizados pelos engenheiros dentro e fora da empresa.

Foi observada a falta de conectividade do linguajar da engenharia com a educação corporativa, em função das formações diferentes. Os recursos humanos são formados por pedagogos e psicólogos que elaboram os treinamentos para a engenharia.

O ambiente descrito revelou que o Método proposto consiste de uma forma inovadora de avaliação da aprendizagem pelos engenheiros na educação corporativa. Entendendo-se que o processo de formação profissional desta classe tem passado por poucas mudanças, em nível de estratégia de metodologia de ensino e de novas disciplinas decorrente da formação cartesiana dos próprios engenheiros.

O avanço na educação corporativa possibilita a redução das lacunas da formação técnica do engenheiro quanto e a aplicação efetividade de seus conhecimentos nas organizações.

No caso da Companhia, o engenheiro recém-admitido ocupa cargo de liderança, então, foi necessário identificar e analisar os procedimentos adotados quanto ao desenvolvimento dos profissionais de engenharia de projetos em relação a qualidade de suas ações.

Como já descrito na seção anterior, o Método de Aderência da Efetividade entre o Perfil do Profissional Desejado e o obtido na Educação Corporativa compreende cinco etapas de avaliação: atuação das lideranças no processo educacional da organização; estratégias da difusão da informação e do conhecimento; gestão da informação e do conhecimento, capacitação das pessoas e o relacionamento entre elas; e implementação de processos gerenciais.

#### 4 RESULTADOS ALCANÇADOS COM A APLICAÇÃO DO MÉTODO NA ENGENHARIA DA COMPANHIA

A orientação para a formulação do Método aqui referendado foi a criação de uma ferrameta capaz de avaliar o perfil profissional necessário para a educação corporativa. Sua aplicação na Companhia foi conduzida pelos gerentes e responsáveis pelo desenvolvimento dos engenheiros.

Os temas propostos para o Método surgiram após observações e entrevistas com as pessoas e responsáveis pela Educação Corporativa e da Engenharia de Projetos da empresa pesquisada. Os assuntos acima pesquisados têm um papel relevante em todo ambiente onde a presença de engenheiros se torne necessária.

A aplicação das etapas do Método, que representaram seus requisitos, e a verificação dos níveis da pontuação das questões do questionário, conduziram à avaliação da situação atual dos procedimentos adotados à luz dos objetivos definidos no estudo.

Os dados obtidos com o resultado dessas etapas produziram informações que possibilitaram a engenharia da mineradora identificar na educação corporativa o índice de aderência da efetividade entre o perfil profissional desejado e o obtido.

O engenheiro, quando admitido em uma empresa de grande porte, é recrutado para assumir posições estratégicas e responsabilidades de gerenciamento de pessoas e processos que lhe exigem conhecimentos dentro dos três níveis hierárquicos da organização: estratégico, tático e operacional. Tal fato mostra também que ele passa a ser responsável pela construção da cultura organizacional e pela aprendizagem dentro do contexto da Educação Corporativa.

Sendo assim as informações produzidas pela pesquisa tiveram seus dados organizados dentro dos cinco temas já apresentados no início desta seção. Elas foram organizadas em um conjunto de questões, que configurou cada tema, dentro do questionário em uma abordagem qualitativa-quantitativa.

A totalização de respostas nos critérios do Método também colaborou para estabelecer outro tipo de análise dos resultados. Segue uma breve explanação dos resultados por tema seguido da análise final do estudo realizado na Engenharia da Empresa.

**a) Análise do Tema Liderança:** As questões para a análise do tema Liderança buscaram permitir aos gerentes avaliar a atuação dos coordenadores de projetos no processo de educação organizacional e o comportamento dos engenheiros dentro de sua equipe de trabalho. Com isso foi possível perceber a atuação do profissional de engenharia na difusão do conhecimento necessário para sua equipe alcançar os objetivos propostos de um projeto.

A avaliação final do Tema Liderança mostra que a empresa exerce práticas executadas de forma sistemática e padronizada em quase toda a engenharia, fator considerado positivo para a organização.

**b) Análise do Tema Estratégias:** As informações produzidas para o tema Estratégias tiveram como objetivo avaliar a difusão da informação e do conhecimento empregados pela engenharia em seus projetos.

Chamou atenção da pesquisadora tal fato por indicar que a empresa ainda faz uso de práticas não sistematizadas e sem avaliação de resultados.

**c) Análise do Tema Informações e Conhecimento:** Destacaram como mais relevantes os níveis de pontuação “concordo totalmente” ou “concordo parcialmente” em 58% das respostas dos entrevistados. Tal fato considerou que mais da metade dos pesquisados perceberam que existe gestão e meios de capturar as lições aprendidas. A empresa exerceu práticas de forma sistemática e padronizada em quase toda a Engenharia de Projetos. Dentro dos níveis de pontuação adotados neste trabalho, tal fato representou um fator positivo.

**d) Análise do Tema Pessoas:** A política da cultura organizacional da Companhia foi direcionada para troca de conhecimentos. Este estudo buscou elaborar questões relativas à difusão do conhecimento adquirido dentro dos projetos e das melhores práticas organizacionais através da avaliação de competências pós treinamento e também pela qualidade do mesmo. Isso quer dizer que o treinamento e a capacitação dos funcionários são alinhados com o negócio da organização e que as pessoas envolvidas com o projeto têm acesso às informações necessárias para a execução das suas atividades.

**e) Análise do Tema Processos:** O tema Processos foi significativo para a área de engenharia em função do valor que gerou para a empresa através de sua criação, controle e monitoramento que torna possível

assegurar o desempenho de um projeto em uma organização. Sua finalidade o coloca alinhado aos objetivos estratégicos da empresa.

As questões que foram elaboradas no questionário relativas a este tema foram focadas na avaliação dos processos do programa de capacitação, dos documentos produzidos pelos projetos, das estratégias da organização, do desenvolvimento das pessoas e da aprendizagem adquirida através da educação corporativa.

Tal fato indicou que mudanças nos processos para a execução dos projetos são registradas e divulgadas para as pessoas envolvidas com os mesmos, que as pessoas têm acesso aos recursos de tecnologia tais como computador e Internet e que existiam mecanismos de monitoramento e controle para o avanço físico dos projetos.

A Análise do Nível de Aderência dos Temas que compuseram a pesquisa da Empresa revelou que os melhores resultados indicaram altos níveis de aderência nos temas Processo (42%) e Liderança (39).

A liderança é um tema extremamente amplo e está desgastada entre alguns grupos (Gardner e Avolio, 1998; Chen e Meindl, 1991; Kerr e Jermier, 1978; Meindl et al., 1985; Meindl, 1990), “alguns especialistas, entretanto, acreditam que líderes fazem a diferença”. (ROWE, 2002).

Os demais temas, Estratégias, Informações e Conhecimento e Pessoas, requereram atenção em função da concentração de respostas para os critérios “indiferente” e “descordo parcialmente” (Vide Gráfico 1).

Considerando a percepção de Rebelo (2004, p 10) para Estratégias, pode-se declarar que ela “[...] é o padrão de respostas que se forma na organização através do feedback contínuo àquilo que emerge do ambiente, através dos tempos”.

Tal fato indicou que, quando comparados aos temas Liderança e Processos, os demais temas necessitam de melhoria nas suas práticas, para se equipararem ao que apresenta maior grau de aderência.

Ao se medir a grandeza dos resultados apurados na pesquisa observou-se que, dos cinco temas estudados, apenas dois mostram um desempenho adequado por terem apresentado valores próximos ou maiores que 40%.

Os números obtidos com a aplicação do Método sugeriram que a empresa em estudo precisa trabalhar 60% da aderência do perfil profissional desejado, em relação ao apontado nesta pesquisa, para alcançar a sua efetividade na educação corporativa.

A próxima seção trata das considerações finais mostrando a contribuição dos conceitos e princípios da educação corporativa, com base nas novas tecnologias, à Sociedade do Conhecimento.

## 5 CONTEXTUALIZAÇÕES FINAIS

As contextualizações finais do presente estudo buscou alinhar o trabalho de fundamentação teórica com o objetivo da pesquisa que consistiu avaliar a efetividade da educação corporativa com a formação do engenheiro, o trabalho que realiza nas organizações e seu desenvolvimento profissional.

As contínuas e profundas transformações sociais, oriundas da velocidade de produção de novos conhecimentos científicos e tecnológicos, tem em sua rápida difusão pelo setor produtivo e pela sociedade em geral agregado estruturas de poder sob uma nova geopolítica, que divide o planeta em três categorias de nações e/ou regiões: as que lideram o desenvolvimento tecnológico, as que têm condições de utilizar e adaptar as tecnologias geradas pelas primeiras (entre as quais se encontram algumas regiões do Brasil) e as que são apenas usuárias dos bens e dos serviços produzidos. (RELATÓRIO DO PROJETO, 2004).

O desenvolvimento tecnológico de uma nação depende, fundamentalmente, de sua capacidade de produzir conhecimento. Neste contexto a engenharia é inserida devido a sua capacidade de transformar recursos em bens e serviços potencializando com isso o alinhamento da educação, da ciência e da tecnologia (Relatório do Projeto, 2004). O foco do presente estudo buscou analisar a formação do engenheiro em relação a sua atuação no campo profissional no Brasil.

Telles (1984), ao relatar seu estudo sobre a história da engenharia, descreveu a presença desta profissão no Brasil desde os primórdios do descobrimento. Inicialmente voltado para a produção de naus e fortificações na defesa dos interesses da Coroa lusitana e, posteriormente, sustentando o desenvolvimento do único Império em terras americanas e a República brasileira.

Para Laudares (2000), no século XIX, a prática profissional do engenheiro se realizava no âmbito da sociedade política. Tanto a formação, quanto o trabalho, estavam estritamente ligados à arte militar, na medida em que sua tecnologia interessava apenas como meio de segurança e repressão.

Bazzo (1998) defende um ensino que não aponte para uma formação estritamente técnica, todavia que oportunize a reflexão das implicações políticas, econômicas, sociais e ambientais dos produtos destas áreas técnicas (Tecnologia).

## 5 CONCLUSÃO

As instituições de ensino superior voltadas para a formação de engenheiros, por vezes refletem e desenham a história, as composições de poder do grupo que estão no poder.

E o engenheiro, na sua formação, sofre diretamente a influência do projeto político-pedagógico da instituição de ensino de onde está sendo formado. E, por conta muitas das vezes dessas diferenças, se percebe, na prática, quando o engenheiro chega às organizações, essas diferenças na sua formação, apesar de existirem legislações sobre o assunto.

É necessário repensar ações na formação dos alunos de engenharia, para que, ao ingressarem no mercado de trabalho, as organizações sejam incumbidas da capacitação profissional específica para o seu ramo de negócio, para sua atividade-fim e não para suprirem as deficiências oriundas dos programas educacionais. Assim sendo, pensa-se na gestão das instituições educacionais, pois uma gestão eficaz é capaz de identificar essas carências e alavancar o desempenho dos alunos, melhorando os seus resultados, elaborando estratégias e revendo os projetos políticos e pedagógicos das instituições educacionais.

A formação do engenheiro tem sido o objeto de vários anos de estudos, pois se entende que em um ambiente de rápidas transformações, ele se vê diante do desafio de atualizar-se permanentemente. E as organizações estão oferecendo essas atualizações, por meio da educação corporativa, normalmente composta por psicólogos, pedagogos e profissionais de recursos humanos que procuram entender quais são as necessidades dos processos de complementação da qualificação para o trabalho que afetam diretamente o negócio da empresa e, aí, sim, analisá-las.

É perceptível que a formação do engenheiro, frente às mudanças que estão ocorrendo no mundo e no Brasil, ainda trará grandes e complexas discussões a respeito do assunto.

O engenheiro, nesse contexto, ocupa posição estratégica, assumindo responsabilidades de gerenciamento de pessoas e processos que lhe exigem conhecimentos estratégicos, táticos e operacionais nas empresas. O que torna imperativo a compreensão da dinâmica das organizações e os valores que as formam obtendo com isso a capacidade de lutar por sua transformação.

As empresas que prosperam se configuram por atuarem com firme disposição, permanecerem ao lado e junto do cliente, incentivarem líderes com iniciativa, creditando autonomia, privilegiarem a produtividade através das pessoas, valorizando-as, atendo-se ao conhecido e adotando formas simples e equipes dirigentes pequenas e, por fim, apresentando propriedades flexíveis e simultâneas. A origem do sucesso de uma empresa se concentra nas pessoas e que elas representam a fonte dos recursos fundamentais para o seu êxito.

Para que a Gestão do Conhecimento tenha sucesso, é preciso que ela faça parte da cultura da organização, pois é ela quem define a maneira de pensar e agir das pessoas, através de políticas, crenças, valores, mitos, regras e tabus.

Os resultados analisados na pesquisa revelaram que os profissionais de engenharia se encontravam aquém do que a empresa espera alcançar com sua atuação na organização quando realizam grandes somas de investimento, para a implantação de tecnologia de informação e comunicação no ambiente corporativo.

A formação deficitária em alguns saberes na graduação de Engenharia interfere diretamente na atuação deste indivíduo nas empresas de grande porte de um modo geral, pois um tema relevante como “difusão do conhecimento” que representa a base da cultura e do diferencial competitivo de uma organização, ainda carece de boas práticas, independentemente do grau de tecnologia acessível na empresa.

Esse fato interfere, na aprendizagem, dentro da organização, e necessita ser abordado com mais critério, no processo de formação do engenheiro nas escolas pois o que se observa é a aplicação de uma abordagem profissional empírica descontextualizada da formação acadêmica.

Como consequência, o procedimento adotado pela área de desenvolvimento dos profissionais de engenharia de projetos mostrou-se inadequado.

## REFERÊNCIAS

- [1] BAZZO, W.A. Ciencia, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica. Florianópolis: editora da UFSC, 1998.
- [2] LAUDARES, João Bosco e RIBEIRO, Shirlene - Trabalho e formação do engenheiro - Revista Brasileira Estudos Pedagógicos, Brasília, v. 81, n. 199, p. 491-500, set. /dez. 2000.
- [3] MEISTER, Jeanne C. Educação corporativa: a gestão do capital intelectual através das universidades corporativas. São Paulo: Pearson Makron Books, 1999.
- [4] REBELO, Luiza Maria Bessa. A dinâmica do processo de formação de estratégias de gestão em universidades: a perspectiva da teoria da complexidade. 2004. 278f. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção - Centro Tecnológico, UFSC, Florianópolis. Disponível em: <http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/9012.pdf>. Acesso em 13 de março de 2008.
- [5] <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/87085/205899.pdf?sequence=1>
- [6] RELATÓRIO DO PROJETO. Volume I – Os serviços de Engenharia no Brasil. Instituto Militar de Engenharia – IME, 2004. p. 12.
- [7] ROWE, W. Glenn. Liderança estratégica criação de valor São Paulo, 2002, v.42-n.1-p.7-19
- [8] TELLES, Pedro Carlos da Silva, História da Engenharia no Brasil (séculos XVI a XIX), Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1984.

# Capítulo 2

## REPRESENTAÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE DISCIPLINAS, COMPETÊNCIAS E PERFIL DE FORMAÇÃO POR MEIO DE INFOGRÁFICO

*Paulo Afonso Franzon Manoel*

*Rogério Máximo Rapanello*

*Bethânia Graick Carízio*

**Resumo:** Os Cursos de Engenharia do Brasil devem atender resoluções e leis que estabelece a carga horária, conteúdos a serem abordados, entre outras exigências. Porém, ao atualizar a matriz curricular do Curso de Engenharia Elétrica foi possível notar que era necessário determinar o encadeamento entre as disciplinas antes de promover alterações no curso. Neste estudo, procurou-se investigar e estabelecer relações entre disciplinas (conteúdos), competências e perfil de formação profissional. Os resultados desta análise foram apresentados na forma de um infográfico para o corpo docente e discente. Também permitiram que os gestores educacionais entendessem os vínculos entre disciplinas, principalmente aquelas que mais exercem influência na matriz curricular, algo que permite tomada de decisões estratégicas no âmbito do Curso, além de possibilitar o alinhamento na apresentação de conteúdos entre o corpo docente.

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos desafios enfrentados pelos gestores educacionais ao elaborar o Programa Pedagógico do Curso (PPC) de um Curso do Ensino Superior é o de atender as resoluções e demais requisitos legais apontados pelo Ministério da Educação (MEC) e pelas devidas entidades de classe. Por isso, os gestores fazem uso de diversas estratégias para cumprir os requisitos mínimos do Curso e ao mesmo tempo agregando diferenciais, alguns de caráter regional.

No entanto, ao implementar o Curso de Graduação, diferentes demandas começam a ser notadas pelo coordenador, pelo Núcleo Docente Estruturante (NDE), pelo Colegiado do Curso e pelos discentes, via questionários da Comissão Permanente de Avaliação (CPA) e pelos canais disponíveis para contato com o coordenador.

Então, faz-se necessária a revisão do PPC para permitir o melhor encadeamento entre as disciplinas, que por sua vez favorece a interdisciplinaridade entre estas e o desenvolvimento de projetos que se apropriam das relações entre as disciplinas, que tornam o processo de formação mais proveitoso.

Além disso, determinadas deficiências podem ser sanadas ao longo dos Cursos de Graduação ao realinhar os conteúdos entre as disciplinas, de modo a oferecê-los no momento exato, antes que o estudante se depare com outras matérias que utilizem tais pré-requisitos. É necessário também otimizar a matriz curricular, evitando o sobreposição de conteúdos, ou seja, a repetição do mesmo tópico em diferentes disciplinas.

Outro desafio encontrado é o monitoramento da formação de competências ao longo do curso, como é possível determinar se o desenvolvimento de competências descrito em um plano de ensino está adequado para uma disciplina e se ela está mesmo contribuindo com o desenvolvimento de um perfil de formação específico?

Tomando como base esta e outras necessidades observadas na organização da estrutura curricular dos Cursos de Graduação, notou-se que se faz necessário o uso de uma ferramenta capaz de apresentar um panorama geral do Curso de Graduação, as relações entre as disciplinas, a formação de competências ao longo da matriz curricular e contribuições para o perfil de formação. Por isso, este estudo tem o objetivo de elaborar um infográfico capaz de sintetizar tais informações e apresentá-las para a comunidade acadêmica de modo intuitivo.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Todas as matrizes curriculares dos Cursos de Engenharia do Brasil devem atender a Resolução CNE/CES nº 02/2007 (BRASIL, 2007a), que dispõe sobre carga horária mínima e procedimentos relativos à integralização e duração dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial. Esta resolução indica que os grupos com carga horária mínima entre 3.600 e 4.000 h devem apresentar limite mínimo para integralização de 5 anos e também dispõe que a carga horária mínima para estágio corresponde a 160 h.

Além disso, os Cursos de Engenharia também devem cumprir os requisitos presentes na Resolução CNE/CES nº 11/2002 (BRASIL, 2002), que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Tal Resolução foi fundamentada no Parecer CNE/CES nº 1.362/2001, aprovado em 12 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001).

Quadro 1 – Perfil de Formação.

Perfil de Formação	Tópicos
I	Metodologia Científica e Tecnológica
II	Comunicação e Expressão
III	Informática
IV	Expressão Gráfica
V	Matemática
VI	Física
VII	Fenômenos de Transporte
VIII	Mecânica dos Sólidos
IX	Eletricidade Aplicada
X	Química
XI	Ciência e Tecnologia dos Materiais
XII	Administração
XIII	Economia
XIV	Ciências do Ambiente
XV	Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania

Fonte: Brasil (2002).

A Resolução CNE/CES nº 11/2002 (BRASIL, 2002) dispõe que 30% (trinta por cento) da carga horária total dos Cursos de Engenharia deve versar sobre os conteúdos apresentados no quadro 1, dado como Ciclo Básico. Também dispõe que 15% (quinze por cento) da carga horária deve corresponder às disciplinas do Ciclo Profissionalizante. O restante da carga horária (55%) encontra-se distribuída entre as disciplinas do Ciclo Específico, Estágio Curricular, Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e atividades complementares.

Além disso, o Parecer CNE/CES nº 1.362/2001 (BRASIL, 2001) também apresenta informações sobre as competências necessárias aos egressos dos Cursos de Engenharia, apresentadas por meio do quadro 2.

Além das seguintes resoluções citadas os Cursos de Graduação no Brasil também devem atender as seguintes Leis, Decretos e Resoluções:

- A Lei 9.394/1996, de 20 de dezembro de 1996 (BRASIL, 1996) que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional;
- Lei Nº 9.795/1999, no Decreto Nº 4.281/2002, que dispõe sobre políticas de educação ambiental (BRASIL, 1999);
- O disposto no Decreto nº 5.773/2006 (BRASIL, 2006) sobre o exercício das funções de regulação, supervisão e avaliação de instituições de educação superior e cursos superiores de graduação e sequenciais no sistema federal de ensino;
- Decreto Nº 5.296/2004, que trata das condições de acessibilidade (BRASIL, 2004a);
- Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação das Relações Étnico Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-Brasileira e Africana (BRASIL, 2004b)
- Decreto nº 5.626/2005, que dispõe sobre a oferta de disciplina de LIBRAS (BRASIL, 2005);
- Resolução CNE/CES nº 03/2007 (BRASIL, 2007b), que dispõe sobre procedimentos a serem adotados quanto ao conceito de hora-aula, e dá outras providências;
- Resolução CNE/CES nº 1, de 17 de junho de 2010 (BRASIL, 2010) que normaliza o Núcleo Docente Estruturante (NDE) e dá outras providências.

- Resolução nº 1, de 30 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) que estabelece as Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos.

Quadro 2 – Competências e habilidades gerais.

Item	Descrição das competências e habilidades
R1	aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
R2	projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
R3	conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
R4	planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
R5	identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
R6	desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
R7	supervisionar e avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
R8	comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica, interpretação de desenhos técnicos e de textos técnico-científicos;
R9	atuar em equipes multidisciplinares;
R10	compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
R11	avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
R12	avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
R13	assumir a postura de permanente busca de atualização profissional;

Fonte: Adaptado de Brasil (2001).

### 3. MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1. WORLD CAFÉ

Após percepção das necessidades do Curso pelo coordenador em conjunto com o NDE, foi realizada uma reunião de Colegiado de Curso no formato de World Café, no qual os docentes do Ciclo Básico foram divididos em cinco diferentes mesas conforme a especialidade: Comunicação Escrita e Gráfica, Física, Humanidades/Negócios, Matemática e Materiais/Química.

Estes passaram a atuar como anfitriões e os demais docentes dos Ciclos Profissionalizante e Específico passaram a visitar cada uma das mesas em intervalos com 10 (dez) minutos de duração, em seguida trocavam de mesas, sem repetir aquelas já visitadas. Os representantes discentes também acompanharam as discussões como visitantes.

A atividade foi encerrada após todos os docentes visitantes transitarem por todas as mesas.

Em todas as mesas os docentes das disciplinas dos Ciclos Profissionalizante e Específico apresentaram as dificuldades e déficits que estava encontrando em suas respectivas disciplinas e quais pré-requisitos estas apresentam.

As informações levantadas nesta reunião foram utilizadas na elaboração do infográfico.

#### 3.2. ELABORAÇÃO DO INFOGRÁFICO

O Word Café é uma técnica empregada para a busca e obtenção de soluções inovadoras por meio do diálogo entre pares, realizado de maneira informal.

A prática parte do pressuposto de que todos os integrantes possuem ideias e vivências capazes de proporcionar soluções originais quando conectadas, ou seja, todo o conhecimento necessário para a solução encontra-se disponível na equipe e pode emergir quando estes passam buscar soluções de forma coletiva. (TEZA et al, 2013).

O World Café pode ser realizado seguindo alguns passos essenciais apontados por Teza et al (2013). Primeiro é necessário reunir a equipe envolvida, em seguida é preciso criar um ambiente acolhedor, de modo que todos sintam-se à vontade para colaborar com ideias e sugestões. Então, os participantes se dividem em diversos grupos de discussão para tratar do tema principal, as rodas de discussão devem focar em questões relevantes, é necessário que todos participem de forma ativa. Se for necessário abordar mais de um tema no encontro é preciso deixar claro a transição para os participantes.

Após certo tempo de discussão, a ser definido pelos organizados, realiza-se uma prática denominada polinização cruzada (TEZ et al., 2013), na qual os membros de cada roda são convidados a trocar de meio e formarem novas rodas. No entanto, um membro denominado anfitrião permanece na roda de origem para nortear o novo grupo e apresentar a produção do grupo anterior.

Cabe aos organizadores determinarem quantas vezes as trocas dos membros dos grupos será feita no World Café e qual a dinâmica de deslocamento dos participantes. Ao final as conclusões de cada roda são socializadas e o grupo chega a uma solução coletiva.

### 3.3. ELABORAÇÃO DO INFOGRÁFICO

Para esboçar um infográfico capaz de estabelecer relações entre disciplinas, competências e perfil de formação foi necessário transcrever todos estes dados em uma planilha eletrônica.

Primeiramente foram alocados os 9 perfis de formação no infográfico. Em seguida, foram estabelecidas relações entre as disciplinas e a formação de competências. Por último, as disciplinas munidas com competências foram alocadas no perfil de formação mais adequado.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para levantar informações necessárias para a elaboração do infográfico que explicita as relações entre as disciplinas do Curso, foi necessário reunir o Colegiado do Curso em 31 de janeiro de 2017 no formato de World Café para analisar a matriz curricular do Curso de Engenharia Elétrica elaborada em 02 de agosto de 2014, ano de abertura do Curso.

Os resultados apresentados a seguir são fruto da análise e discussão do Colegiado de Curso empregando a técnica de World Café. Ao compilar as informações obtidas na ocasião foi possível determinar as relações entre as disciplinas e se estas atendiam ou não os requisitos legais.

Na qual foram definidos os perfis de formação apresentados no quadro 3, que apresentam diferenciais de caráter regional.

Quadro 3 – Perfil de formação do Curso de Engenharia Elétrica.

Item	Descrição das competências e habilidades
P1	Formação generalista crítica e reflexiva.
P2	Aptidão em utilizar e desenvolver novas tecnologias.
P3	Atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas.
P4	Aptidão para comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica.
P5	Atuação em equipes multidisciplinares.
P6	Atuação profissional ética e responsável, consciente de aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais.
P7	Atitude de constante atualização profissional.
P8	Atuação na geração, transmissão, distribuição, utilização de energia elétrica e em áreas correlatas.
P9	Desenvolver, implantar, dar manutenção e operar sistemas de medição e controle.

Fonte: O próprio autor.

Ao realizar o mapeamento do Curso Superior de Engenharia Elétrica foi possível notar que a nova matriz curricular apresenta carga horária total de 4500 horas-relógio e que as disciplinas presentes nesta estavam dispostas conforme apresentado no quadro 4.

Quadro 4 – Matriz curricular do Curso de Engenharia Elétrica.

Ciclo de Formação	Participação na Carga Horária do Curso	Disciplinas Relacionadas
Conteúdos de Formação Básica	30,1%	Álgebra Linear e Geometria Analítica, Cálculo de Várias Variáveis, Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Ciências do Ambiente, Comunicação e Expressão, Desenho Técnico, Eletricidade Aplicada, Expressão Gráfica, Funções de Uma Variável Complexa, Fundamentos de Administração, Fundamentos de Economia, Fundamentos de Matemática, Humanidades, Informática Básica, Mecânica Clássica, Métodos e Técnicas de Estudo e Pesquisa, Probabilidade e Estatística, Química Geral e Tecnológica, Tecnologia e Mecânica dos Materiais e Termodinâmica.
Conteúdos de Formação Profissionalizantes	28,2%	Algoritmos e Estrutura de Programação, Circuitos Digitais I, Circuitos Digitais II, Circuitos Elétricos I, Circuitos Elétricos II, Conversão de Energia, Eletromagnetismo I, Eletromagnetismo II, Eletrônica I, Eletrônica II, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Instrumentação, Máquinas Hidráulicas e Térmicas, Materiais Elétricos, Organização de Computadores e Teoria de Comunicações.
Conteúdos de Formação Específica	39,8%	Acionamentos Elétricos, Automação, Comportamento Organizacional, Controle de Sistemas Dinâmicos, Custos Industriais, Eletrônica de Potência, Empreendedorismo e Gestão da Inovação, Ética e Legislação Profissional, Geração, Transmissão e Distribuição, Instalações Elétricas I, Instalações Elétricas II, Introdução à Engenharia Elétrica, Máquinas Elétricas I, Máquinas Elétricas I, Máquinas Elétricas II, Práticas Integradoras I-VII, Projeto de Pesquisa, Qualidade de Energia, Redes de Comunicação Industrial, Sinais e Sistemas, Sistemas Elétricos de Potência, Trabalho de Conclusão de Curso I e Trabalho de Conclusão de Curso II.
Disciplinas Optativas	1,9%	Gestão da Manutenção, Gestão de Projetos, Libras e Tópicos Especiais em Engenharia Elétrica.
TOTAL	100 %	-

Fonte: O próprio autor.

O quadro 4 não apresentou o Estágio Curricular Supervisionado nem Atividades Complementares, pois não se entram nestes computo. O estágio Curricular Supervisionado possui carga horária de 90 h no 9º Semestre e 90 h no 10º, totalizando 180 h. As atividades Complementares podem ser realizadas desde o início do Curso e devem totalizar 200 h.

É possível notar que a distribuição da carga atende a distribuição de carga horária prevista na Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002 (BRASIL, 2002), que estipula que a duração do Ciclo Básico representar distribuição igual ou maior a 30% da carga total, enquanto a carga horária destinada para o Ciclo de Formação Específica deve ser igual ou superior a 15% do total.

Também possível notar o atendimento às seguintes normativas apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Atendimento aos requisitos legais.

Normativa	Disciplina	Item Correspondente na Ementa
Lei nº 11.645/2008 e Resolução CNE/CP nº1/2004	Humanidades	Relações étnico-raciais.
Lei nº 9.795/1999 e Decreto nº 4.281/2002	Ciências do Ambiente	Educação ambiental no contexto cotidiano dos profissionais de Engenharia.
Decreto Nº 5.626	Libras (optativa)	Introdução à Linguagem Brasileira de Sinais – LIBRAS: origem e formação. Noções básicas dos aspectos funcionais e estruturais da língua. Aspectos básicos da comunicação em LIBRAS.
Resolução nº01/2012	Humanidades	Princípios éticos e a formação da cidadania
	ÉTICA E LEGISLAÇÃO PROFISSIONAL	Ética: conceito, virtudes e deveres profissionais; Ética como doutrina na condição humana; Ética profissional; Responsabilidade social das empresas; Códigos de ética e código de ética do engenheiro.

Fonte: O próprio autor.

Após a reflexão sobre o atendimento dos atos legais os membros do Colegiado do Curso avaliaram os itens presentes no quadro 6 que correspondem à formação de competências destinadas a proporcionar um diferencial regional. O Colegiado mostrou-se favorável às competências R14 e R15.

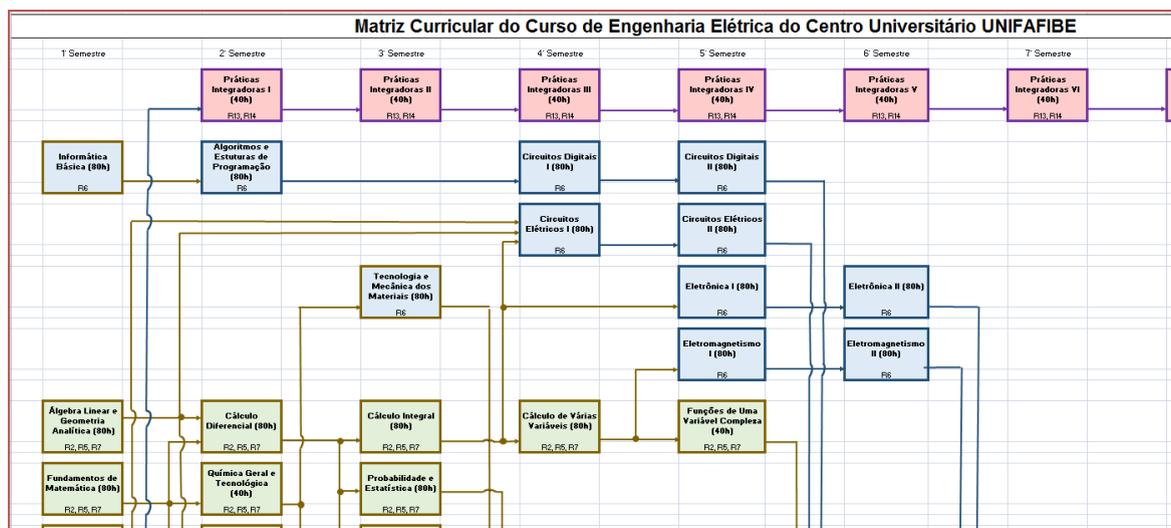
Quadro 6 – Competências e habilidades específicas do Curso de Engenharia Elétrica.

Perfil de Formação	Descrição
R14	Associar e relacionar diferentes objetos do conhecimento de forma clara e coerente
R15	Atuar com espírito empreendedor

Fonte: O próprio autor.

Após o World Café os docentes entregaram anotações sobre as relações entre suas disciplinas, que foram editadas em uma primeira análise empregando um editor de planilhas eletrônicas.

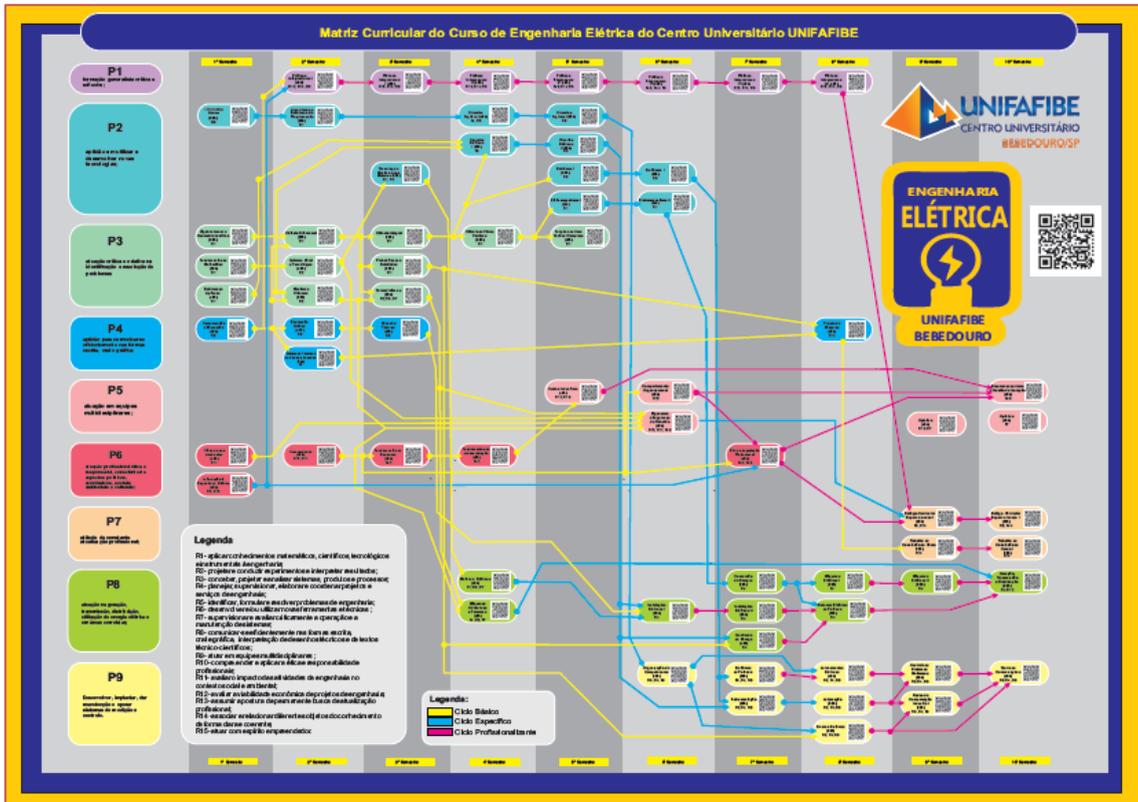
Figura 1 – Recorte do matriciamento das disciplinas.



Fonte: O próprio autor.

Após estabelecidas as relações foi elaborada uma arte final empregando um editor de gráficos vetoriais.

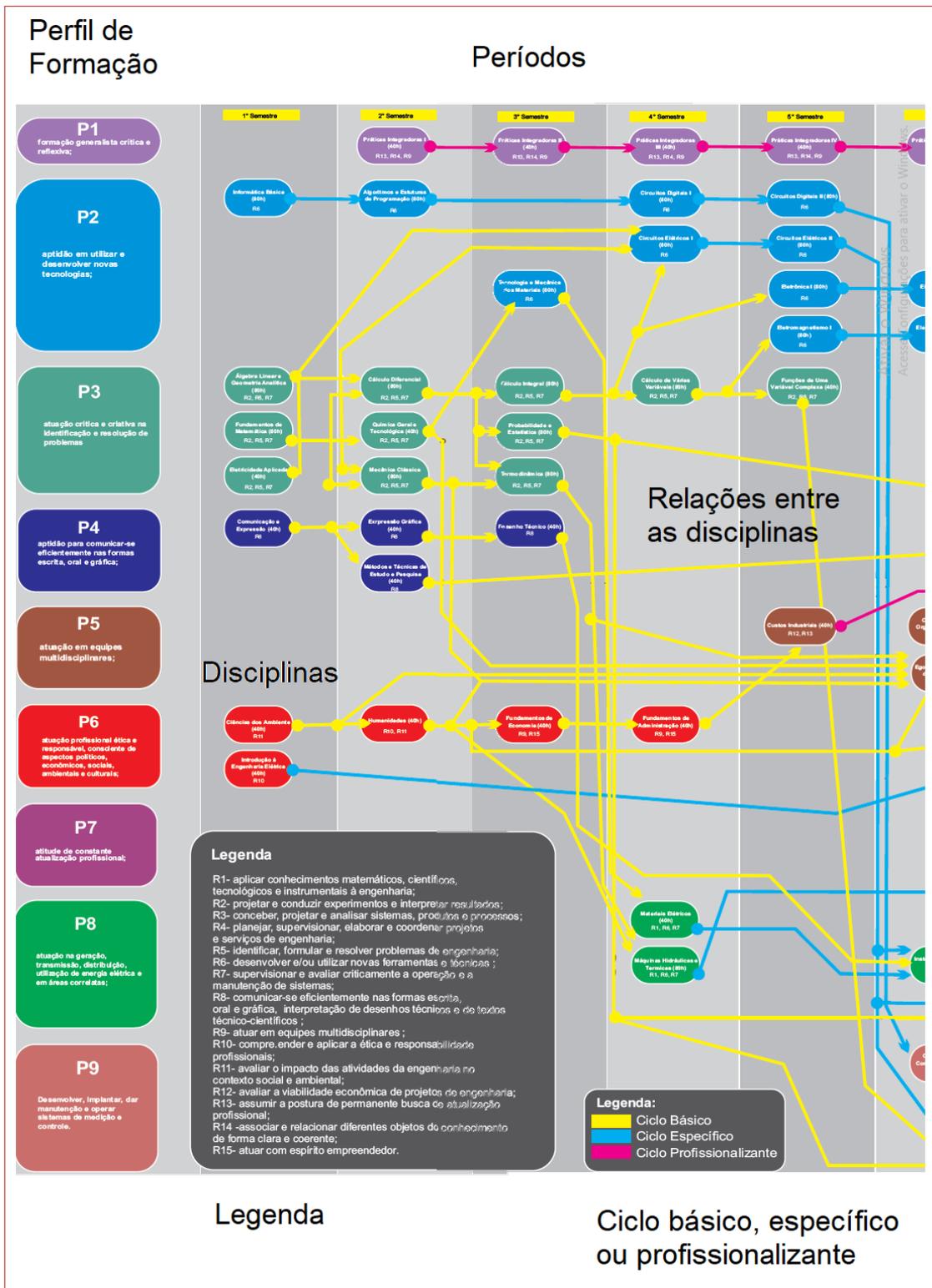
Figura 2 – Infográfico da matriz curricular.



Fonte: O próprio autor.

O recorte do infográfico presente na figura 3 evidencia a forma de apresentação dos 9 (nove) perfis de formação, as disciplinas, as relações entre as disciplinas, os períodos do Curso, os diferentes ciclos do Curso e legenda contendo o detalhamento das competências.

Figura 3 – Recorte do infográfico.



Fonte: O próprio autor.

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O infográfico gerado a partir da análise realizada no presente estudo se difere de um fluxograma que apresentada o encadeamento entre as disciplinas de um Curso de Graduação, pois apresenta características particulares, dadas pela organização das disciplinas segundo o perfil de formação, algo que foi possível somente após o mapeamento dos conteúdos e das competências em cada disciplina.

Para elaborar o infográfico foi necessário realizar o matriciamento do Curso de Engenharia Elétrica por meio do cruzamento das disciplinas, competências e perfil de formação, que demandou esforços da equipe composta por gestores (coordenador e assistente) e corpo docente.

O infográfico elaborado apresenta relações entre as disciplinas, evidenciando pré-requisitos na matriz curricular. Além disso, fornece subsídios para proporcionar alinhamento entre os docentes de um mesmo grupo na formação de competências. Por exemplo, as disciplinas de Matemática se encaixam em um mesmo perfil de formação e levam à formação das mesmas competências.

Caso gestores e docentes apresentem interesse em elaborar um projeto interdisciplinar é possível determinar quais as disciplinas que compartilham características em comum, ou seja, que formam determinadas competências. O mesmo vale para o projeto integrador.

O infográfico elaborado foi impresso e disposto para os discentes em uma área comum, a fim de ganhar publicidade, e sua versão digital foi disponibilizada para docentes (via e-mail) e discentes (via portal do aluno).

Uma vez elaborado este instrumento, espera-se promover o alinhamento dos planos de ensino em todo o Curso de Engenharia Elétrica, em seguida determinar quais as disciplinas com maior índice de reprovação e por meio do infográfico determinar quais os pré-requisitos destas disciplinas e quais fatores estão levando aos índices. O mesmo vale para os resultados do ENADE, uma vez que posse dos resultados é possível verificar quais os resultados alcançados em cada um dos perfis de formação e determinar quais competências estão ou não sendo formadas ou desenvolvida. No entanto, toda análise parte do instrumento elaborado no presente estudo.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm)>. Acesso em: 22 jan. 2016.
- [2] \_\_\_\_\_. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- [3] \_\_\_\_\_. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- [4] BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Conselho Nacional de Educação (CNE). Parecer CNE/CES nº 1.362/2001, de 22 de fevereiro de 2002: Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. 2001. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1362.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2016.
- [5] \_\_\_\_\_. Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002: Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2016.
- [6] \_\_\_\_\_. Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nº 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Brasília, 2004a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm)>. Acesso em: 21 jan. 2016.
- [7] \_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Resolução nº 1, de 17 de junho de 2004. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação das Relações Étnico Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-Brasileira e Africana. Brasília, 2004b. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/res012004.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2016.
- [8] \_\_\_\_\_. Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras, e o art. 18 da lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Brasília, 2005. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm)>. Acesso em: 21 jan. 2016.
- [9] \_\_\_\_\_. Decreto nº 5.773, de 9 de maio de 2006. Dispõe sobre o exercício das funções de regulação, supervisão e avaliação de instituições de educação superior e cursos superiores de graduação e sequenciais no sistema federal de ensino. Brasília, 2006. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/decreto/d5773.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5773.htm)>. Acesso em: 16 jan. 2016.

- [10] \_\_\_\_\_. Resolução CNE/CES nº 2, de 18 de junho de 2007: Dispõe sobre a carga horária mínima e procedimentos relativos à integralização dos cursos de graduação, bacharelado, na modalidade presencial. 2007a. Disponível em:
- [11] <[http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/2007/rces002\\_07.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/2007/rces002_07.pdf)>. Acesso em: 16 jan. 2016.
- [12] \_\_\_\_\_. Resolução CNE/CES nº 3, de 2 de julho de 2007. Dispõe sobre procedimentos a serem adotados quanto ao conceito de hora-aula, e dá outras providências. Brasília, 2007b. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rces003\\_07.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rces003_07.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- [13] \_\_\_\_\_. Resolução CNE/CES nº 1, de 17 de junho de 2010. Normaliza o Núcleo Docente Estruturante e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=6885&Itemid=>](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=6885&Itemid=>)>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- [14] \_\_\_\_\_. Resolução CNE/CES nº 1, de 30 de maio de 2012. Estabelece Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos. Brasília, 2012. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=10889&Itemid=>](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=10889&Itemid=>)>. Acesso em: 15 jan. 2016.
- [15] \_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Resolução nº 1, de 30 de maio de 2012. Estabelece Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos. Brasília, 2012. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rcp001\\_12.pdf](http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rcp001_12.pdf)>. Acesso em: 16 jan. 2016.
- [16] TEZA, Pierry et al. Geração de ideias: aplicação da técnica world café. International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM), Florianópolis, v. 3, n. 3, p.1-14, out. 2013. Disponível em: <<http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJKEM/article/view/1990/2776>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

# Capítulo 3

## FORMAÇÃO E COMPETÊNCIA DO ENGENHEIRO ELETRICISTA – ANÁLISE SISTÊMICA

*Lucas Vinícios Oliveira Filgueiras*

*Danielly Norberto Araujo*

*Talvanes Meneses Oliveira*

**Resumo:** Em função das mudanças tecnológicas, econômicas e sociais ocorridas nos últimos anos, a interdependência entre as engenharias está cada vez maior. Isso ocorre devido às novas tecnologias, novas áreas de atuação e aos novos problemas, que exigem conhecimentos multidisciplinares e uma forma diferente de divisão de trabalho, com padronização, automação e modularidade. No curso de engenharia elétrica, com a reforma do setor elétrico, houve uma necessidade de deixar mais próximo o que é demandado pelo setor e ensinado pela academia. Dessa forma, houve uma divisão do curso em cinco áreas de atuação, sendo essas áreas, técnicas e interligadas entre si, além da indispensabilidade de uma formação generalista, humanista, crítica e reflexiva desse engenheiro. O presente trabalho tem como objetivo apresentar as áreas de atuação do curso de engenharia elétrica, as competências e habilidades que o profissional engenheiro eletricitista deve possuir, além de abordar a importância da formação generalista e multidisciplinar desse profissional. Para tanto, é realizada uma pesquisa, por meio de um questionário eletrônico, com engenheiros eletricitistas egressos de uma Instituição de Ensino Superior com o objetivo de coletar suas opiniões e expressões sobre o assunto.

**Palavras-chave:** Engenharia. Formação. Generalista. Multidisciplinar.

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico contínuo impõe, aos cursos de engenharia, a inserção cada vez maior de informações em suas propostas curriculares. Esse aumento gradual de informações, combinado à interdependência entre as áreas de atuação das engenharias cada vez maior, contribui, de uma forma ou de outra, à difícil tarefa de separar os currículos de uma engenharia da outra.

Os princípios, fundamentos, condições e procedimentos para a formação de engenheiros estão explícitos na resolução nº 11/2002, da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação (CES/CNE), que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino de Graduação em Engenharia (BRASIL, 2002).

De acordo com essa resolução, os engenheiros formados nas Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras devem estar aptos a realizar competências e ter habilidades gerais de modo a: aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia; planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia; atuar em equipes multidisciplinares; avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental; entre outros.

Desse modo, os engenheiros devem estar capacitados a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação de problemas e suas respectivas soluções. Além disso, o engenheiro também deve considerar os aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais do meio em que está inserido e atender às demandas da sociedade com visão ética e humanista.

O conselho que estabelece as atividades das diferentes modalidades dos profissionais da Engenharia e Agronomia é o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), criado em 11 de dezembro de 1933, por meio do Decreto nº 23.569. Por outro lado, cabe ao conselho de classe regional estabelecer as atribuições e as responsabilidades técnicas e sociais dos engenheiros (BRASIL, 1933).

A engenharia elétrica pode ser dividida, basicamente, em cinco áreas de competência, ou atuação, sendo elas: eletrotécnica, eletrônica, controle e automação, telecomunicações e computação. Porém, mesmo com essas ramificações, todas as áreas estão interligadas entre si, cabendo ao engenheiro eletricista uma formação profissional generalista, tanto do ponto de vista técnico, quanto do ponto de vista social e humanista.

Segundo Cotosck (2007, p. 22), as disciplinas nos cursos de engenharia elétrica são, na maioria das vezes, apresentadas aos alunos de forma dissociada uma das outras. Em oposição a isto está o futuro do aluno de engenharia: as áreas integralizadas, os equipamentos utilizando diferentes tecnologias e profissionais de setores diferentes trocando informações.

Os artigos 8º e 9º da resolução nº 218/1973, do CONFEA, definem as atribuições as quais compete ao engenheiro eletricista, que por área de formação lhes compete, as atividades de supervisão, coordenação e orientação técnica, vistoria, perícia, avaliação, arbitramento, laudo e parecer técnico, execução e fiscalização de obra, entre outros (BRASIL, 1973).

Quando egresso de uma IES, são inúmeras as atividades e competências que podem ser atribuídas a um engenheiro eletricista, que passa a ser resultado do currículo proposto no Projeto Pedagógico do Curso (PPC). Logo, a motivação desse trabalho é expor a necessidade de uma formação sólida e completa do engenheiro eletricista, devido à quantidade e à diversidade de atividades e funções que podem ser realizadas e atribuídas, respectivamente, a ele.

Assim, o objetivo do trabalho é apresentar a importância da formação generalista dos engenheiros eletricistas, a partir da análise de funções e cargos que podem ser ocupados por esses profissionais. A análise foi realizada a partir de dados coletados por meio de um questionário virtual aplicado aos egressos do curso de graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Engenharia Elétrica e Informática (CEEI) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Esse trabalho é organizado da seguinte forma: Seção 2 apresenta o referencial teórico estudado para elaboração do artigo. Na Seção 3 expõe a motivação da pesquisa e a metodologia utilizada. Na seção 4 são apresentados os resultados obtidos e na Seção 5 são feitas as considerações finais e a conclusão do trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para a realização deste trabalho foi feito um estudo sobre a história da engenharia elétrica e suas diferentes áreas de atuação. Em seguida, foi analisada a interdisciplinaridade existente no curso de graduação de engenharia elétrica, exemplificando com apenas uma das possíveis funções que o engenheiro eletricitista pode exercer. Serão expostos, também, alguns dos diferentes conhecimentos técnicos que estes profissionais devem dominar para que obtenham êxito na sua carreira profissional.

### 2.1 A ENGENHARIA ELÉTRICA

Os estudos pioneiros sobre eletricidade são desenvolvidos desde a antiguidade grega. Tales de Mileto, no século VII a.C., identificou as propriedades de atração e repulsão oriundas do atrito entre diferentes materiais, dando um pontapé inicial para os estudos sobre o magnetismo.

Porém, apenas em 1752 surgiu a primeira aplicação prática dos estudos sobre eletricidade: o para-raios. Criado por Benjamin Franklin, o para-raios é considerado o marco inicial no desenvolvimento da Engenharia Elétrica. Em 1800, a primeira bateria de zinco e chapas de cobre são construídas por Alessandro Volta e, 78 anos depois, Thomas Edison inventa a lâmpada elétrica.

No Brasil, em 23 de novembro de 1913, Theodomiro Santiago fundou a primeira escola de Engenharia Elétrica da América do Sul, conhecida como Instituto Eletrotécnico e Mecânico de Itajubá (IEMI). Deu-se então o primeiro passo para o estudo e produção científica desse ramo da engenharia no país.

A revolução tecnológica ocorrida na segunda metade do século XX, tida como a terceira revolução industrial, foi marcada pelo surgimento de novas tecnologias, como a eletrônica analógica e digital e os sistemas de telecomunicações avançados, exigindo conhecimentos multidisciplinares e uma forma diferente de processo de trabalho.

A partir daí a engenharia elétrica veio a absorver diversas áreas de atuação e atualmente abrange inúmeras especializações, porém todas interdependentes entre si.

Segundo Silveira (2005, p. 13), no passado recente (há 20 anos) exigia-se que estes engenheiros fossem apenas competentes em projetar e gerenciar sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Outras características, como liderança ou competência administrativa, eram apenas mencionadas como desejáveis, não como determinantes.

Na UFCG, especificamente, a engenharia elétrica é ramificada em quatro áreas de competência: a eletrotécnica, a eletrônica, o controle e automação e as telecomunicações.

A especialização em eletrotécnica trata, principalmente, da energia elétrica propriamente dita. Os especialistas dessa área projetam e constroem usinas de geração, linhas de transmissão e redes de distribuição. Além disso, o planejamento e a operação contínua do sistema elétrico são de responsabilidade dessa área de competência. A geração de energia a partir de fontes renováveis aquece o mercado para este setor.

A eletrônica surgiu com a invenção da válvula e tomou força com a chegada do transistor em 1947. A microeletrônica é responsável por projetar, fabricar e testar circuitos integrados (chips) destinados tanto a sistemas de computação e de telefonia, quanto a sistemas de aquisição e transmissão de dados. Já a eletrônica industrial visa aumentar a eficiência energética de dispositivos, equipamentos e máquinas elétricas.

O controle e automação é responsável por controlar plantas e processos industriais, otimizando-os, além de automatizá-los, exigindo uma mão de obra humana cada vez mais qualificada no cenário industrial. A robótica e os estudos de inteligência artificial são os protagonistas dos pesquisadores deste ramo.

O engenheiro eletricitista com competência na área de telecomunicações é responsável por desenvolver serviços de expansão de telefonia e de transmissão de dados por imagem e som. Projetar e construir sistemas e equipamentos para telefonia, radiodifusão, redes de comunicação de dados e de processamento digital de sinais. A invenção da fibra ótica revolucionou este ramo da engenharia elétrica.

Porém, mesmo havendo uma distribuição da engenharia elétrica em diversas áreas de atuação, todas elas estão interligadas. Por isso, uma formação generalista é de grande importância para que se prepare profissionais diferenciados e com conhecimentos sólidos.

## 2.2 FORMAÇÃO GENERALISTA DO ENGENHEIRO ELETRICISTA

Uma vez admitido, o profissional deve estar preparado para enfrentar as adversidades que possam surgir na empresa relacionados ao exercício da função. Deve sugerir soluções criativas para problemas, e estar apto para operar todo e qualquer tipo de sistema, independente da sua especialização, uma vez que o ramo da engenharia elétrica envolve áreas tecnológicas em geral.

Segundo Gama, (2002, p. 11), a atual estrutura do ensino de engenharia no Brasil, passa por transformações que visam melhor atender as demandas atuais e futuras da sociedade, num contexto de amplo e dinâmico desenvolvimento científico e tecnológico. Busca-se o desenvolvimento de uma formação profissional, que possibilite o futuro engenheiro a atuar num cenário globalizado e em constantes mudanças.

Um exemplo da interdisciplinaridade do curso de formação de um engenheiro eletricitista será abordado para corroborar a necessidade de uma visão geral sobre todos os ramos da sua área de atuação.

### Subestações teleassistidas

Diferente do que se possa pensar, para projetar, construir e garantir a operação contínua das subestações elétricas, são necessários conhecimentos que vão além do domínio da eletrotécnica. Com o avanço das tecnologias, a automação dos processos e seu acesso remoto, passou a fazer parte do cenário mundial. E o setor elétrico não se faz exceção.

As subestações são os sistemas de tratamento de energia para que se otimize os processos de transmissão e distribuição. Sob o aspecto construtivo, são projetadas com dois setores principais: o pátio de manobra, onde se situam os equipamentos de alta tensão, e a sala de controle, onde ficam os sistemas de supervisão, proteção e controle da subestação. A partir das salas de controle convencionais já era possível se dar o monitoramento local e comandar remotamente o estado dos equipamentos do pátio de manobra. Contudo, a tecnologia até meados da década de 1970 baseava-se em dispositivos eletromecânicos, fazendo com que o controle fosse feito de maneira manual e os quadros de comando ocupassem um considerável espaço físico. (PEREIRA, 2007)

Na década de 1980, os avanços da eletrônica analógica na área de automação e controle do setor industrial, elucidaram as empresas de energia elétrica para a possibilidade da utilização desses sistemas em seus processos. A partir de então as empresas começaram a utilizar equipamentos eletrônicos para a aquisição e envio remoto de dados da subestação a centros de operação. Assim, foi possível fazer com que o controle e a operação de um conjunto de subestações fossem realizados a partir de unidades afastadas e a partir de um mesmo computador central.

Nas redes de transmissão atuais, quase todas as subestações são monitoradas e controladas online por sistemas de gerenciamento de energia. As principais linhas de transmissão geralmente são equipadas para operação em corredor paralelo, com cabos de fibra óptica, onde as subestações são acessadas através de sistemas de comunicação de alta velocidade. Essa nova geração de subestações possui vantagens tais como: maior precisão dos dados, maior rapidez de operação, maior confiabilidade e menor espaço físico necessário para a sua instalação. A utilização da fibra óptica reduziu significativamente a quantidade de fios necessários para a transmissão de dados da subestação, simplificando sua topologia.

A evolução da configuração das subestações destaca o avanço da sua complexidade operacional, exigindo profissionais cada vez mais completos. Dessa forma, um engenheiro eletricitista com uma visão limitada apenas na área de eletrotécnica estará fadado ao insucesso, uma vez que todas as áreas da engenharia elétrica estão contempladas em uma única subestação: A eletrotécnica está presente no funcionamento elétrico propriamente dito; o controle e automação está presente na automatização dos processos de manobra dos equipamentos; a eletrônica está presente nos microcomputadores e painéis de aquisição de dados; e, por fim, as telecomunicações estão presentes no processo de transmissão de dados.

Portanto, a inviabilidade de contratação de um especialista de cada área pela empresa exige do engenheiro eletricitista conhecimentos sobre todas as áreas de atuação. O profissional generalista estará preparado para operar, realizar manutenção e planejar expansões das subestações, assim como sugerir e realizar soluções criativas para os problemas que, por ventura, possam ocorrer.

### 3 METODOLOGIA

A UFCG oferece, para os alunos de engenharia elétrica, uma formação generalista sobre quatro as áreas de atuação das citadas anteriormente, sejam elas: eletrônica; eletrotécnica; controle e automação; e telecomunicações. Nela, o estudante recebe uma base sólida de cálculo, física, química e programação nos dois primeiros anos de graduação. Nos dois anos subsequentes o curso entranha-se nos conteúdos profissionais, fornecendo uma visão geral sobre todas estas áreas de competências. O penúltimo semestre é reservado para o aluno aprofundar os seus estudos em uma das áreas de competência escolhida, podendo ele escolher de uma até todas as quatro áreas fornecidas pela UFCG, no modo de disciplinas presenciais. No último semestre, o aluno faz o seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e a disciplina de Estágio.

Devido ao tipo de formação oferecido pela UFCG, os debates, entre os alunos e os professores deste curso, sobre a sua importância são contínuos. Alguns defendem a formação generalista do curso e outros defendem a sua divisão, para uma formação específica. Todavia, sem nunca se ouvir as expressões e impressões dos egressos do curso. Portanto, por nunca ter havido uma quantificação das opiniões dos egressos sobre este assunto, viu-se a necessidade de se realizar uma pesquisa com estes, para coletar as suas posições.

#### 3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

A pesquisa foi realizada por meio de um questionário criado na plataforma “Google Docs”. Para respondê-lo, o usuário deveria acessá-lo por meio do link fornecido na plataforma do Google e identificar-se, fornecendo seu nome, e-mail e ano de formação.

O questionário foi elaborado de forma a ser respondido com praticidade e rapidez. Seu objetivo foi obter dados sobre quais áreas de formação foram escolhidas pelos profissionais egressos da UFCG, bem como sobre suas áreas de atuação efetiva no seu trabalho atual. Foi perguntado ainda se estão alocados em algum cargo de gestão e, por fim, se são ou não a favor da formação generalista oferecida pela universidade em que se formaram.

É importante destacar que o número total de engenheiros eletricitas egressos da UFCG desde a fundação do curso, em 1963, é de aproximadamente 2800. Deve-se observar que o currículo generalista com aprofundamento nas quatro áreas de competências, passou a ser utilizado a partir de 1999, após implementação de novo PPC. Além disso, apenas a partir de 2002, os discentes egressos concluíram mais de 80% deste novo PPC, resultando numa formação generalista de aproximadamente 1050 engenheiros eletricitas.

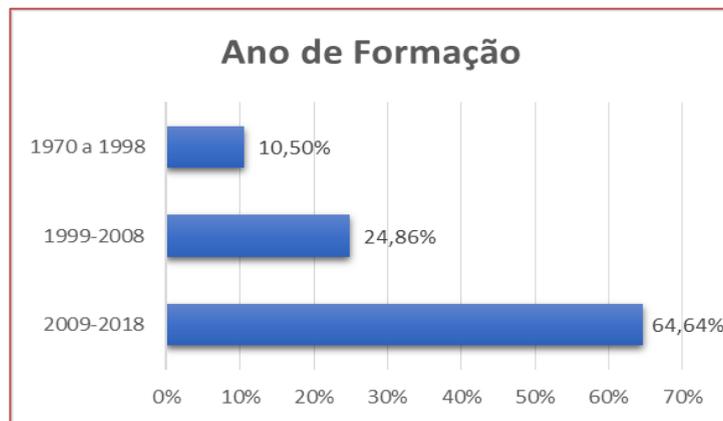
O questionário começou a ser respondido no dia 05 de abril de 2018 e os dados foram extraídos no dia 22 de abril de 2018, obtendo um total de 181 respostas. Isso significa que se obteve uma amostra de 6,5% do total de toda a vida do curso e, referentes aos egressos a partir de 2002, a amostra representa 15% do universo de egressos graduados.

### 4 RESULTADOS

O perfil do engenheiro que respondeu esse questionário é bem variado, tanto pelo ano de formação, quanto pela sua atuação profissional. A data de formação desses profissionais vai desde o ano de 1970 até o ano corrente, 2018. Há engenheiros atuantes nas indústrias e comércios do setor privado e também aqueles que atuam no setor público. Alguns são empreendedores, outros seguiram a carreira acadêmica. E, do total de 181 respostas, apenas 9 responderam que estão desempregados.

Na Figura 1 são fornecidos os dados do ano de formação dos engenheiros que responderam ao questionário. Aqueles que têm até 10 anos de formação representam 64,64% das respostas. Já os que possuem entre 10 e 20 anos de formados, representam 24,86%, e apenas 10,50% das respostas constituem os engenheiros formados há mais de 20 anos.

Figura 1 – Ano de formação dos engenheiros egressos da UFCG x Percentual.

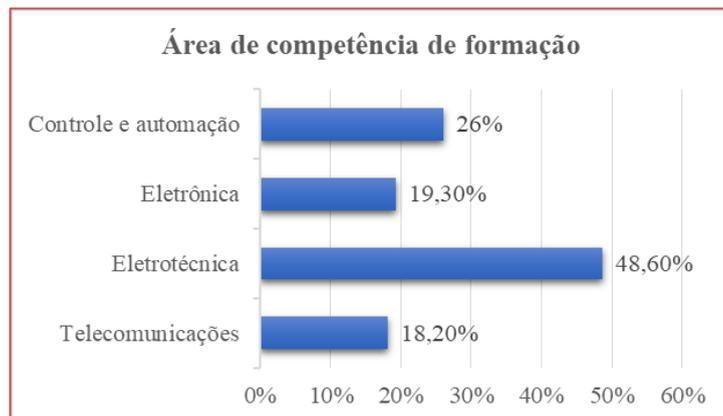


Fonte: Autoria própria, 2018.

#### 4.1 ÁREA DE FORMAÇÃO

Na Figura 2 são quantificadas as áreas de competência que foram escolhidas para aprofundamento de estudos pelos engenheiros eletricitas egressos da UFCG que responderam ao questionário. É importante lembrar que o estudante pode escolher, para a sua formação, quantas áreas de aprofundamento desejar. A eletrotécnica é a área com maior número de engenheiros eletricitas formados, com 48,60% do total. Em seguida, com 26,00%, está controle e automação, seguido pela eletrônica, com 19,30%. Por fim, a área de telecomunicações corresponde a 18,20% do total de profissionais egressos da UFCG.

Figura 2 – Áreas de competência escolhidas para aprofundamento dos estudos x Percentual.



Fonte: Autoria própria, 2018

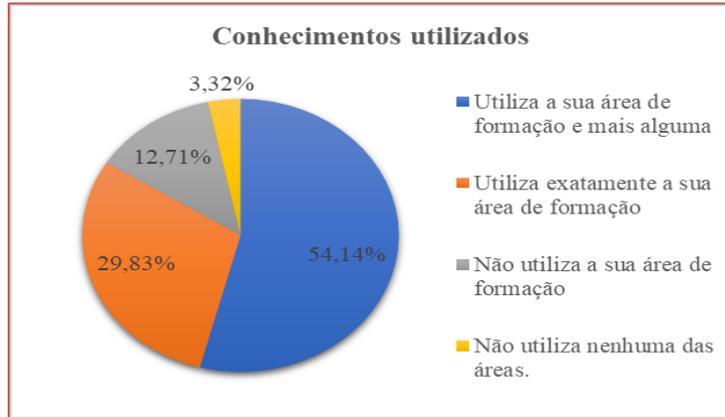
E ainda, foi perguntado sobre o conhecimento de quais áreas de competência é utilizado, atualmente, pelos engenheiros, para o pleno exercício da sua profissão. O objetivo dessa pergunta é quantificar os engenheiros eletricitas que utilizam conhecimentos que fogem do escopo da sua área de aprofundamento na formação.

#### 4.2 ATUAÇÃO PROFISSIONAL

Com os dados obtidos conclui-se que 54,14% dos questionados utilizam a sua área de formação e pelo menos mais outra, e 29,83% utilizam apenas os conhecimentos da sua área de formação específica. Já 12,71% utilizam conhecimentos de uma área de competência diferente daquela que escolheu para aprofundar os estudos durante sua formação. Numa última análise das respostas dadas, 3,32% não utilizam conhecimentos de nenhuma das quatro áreas de aprofundamento de estudos fornecidas no PPC.

Além disso, nas respostas fornecidas, quantidade considerável dos participantes afirmam que utilizam conhecimentos de todas as áreas de formação da engenharia elétrica. Aqueles que não utilizam nenhuma das áreas de aprofundamento representam os engenheiros eletricitas que não trabalham com a engenharia, chamando a atenção para o fato de que metade destes trabalham, atualmente, com computação. Na Figura 3 é mostrado esse resultado.

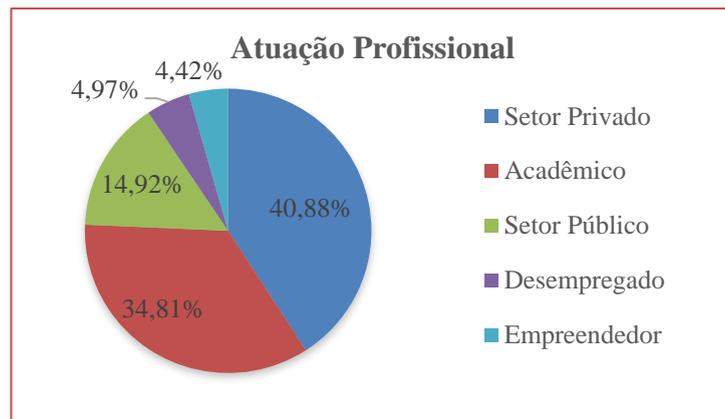
Figura 3 – Conhecimentos utilizados para a atuação profissional.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Quanto à atuação profissional desses engenheiros no mercado de trabalho, foi elaborado o gráfico da Figura 4. Os engenheiros atuantes nas indústrias e comércios do setor privado somam 40,88% do total, enquanto que os atuantes no setor público somam 14,92%. Os optantes pela carreira acadêmica, a exemplo do magistério superior, totalizaram 34,81%. E, as minorias são representadas pelos desempregados e empreendedores, somando 4,97% e 4,42% respectivamente.

Figura 4 – Setores de atuação profissional.



Fonte: Autoria própria, 2018.

### 4.3 CARGOS E CURSOS DE GESTÃO

Devido à grande quantidade de cargos de gestão atribuídos aos engenheiros, foi perguntado, no questionário, se os profissionais estão alocados em um cargo como este. As respostas afirmativas somaram 35,91% do total, como expresso na Figura 5. Chama a atenção, também, a quantidade de engenheiros que fizeram algum curso de gestão. É curioso que as respostas afirmativas para esta pergunta somaram, também, 35,91% do total, sendo que 4,42% realizaram esse curso ainda na graduação e 31,49% fizeram uma pós-graduação neste tema.

Figura 5 – Cargos de gestão atribuídos aos engenheiros.

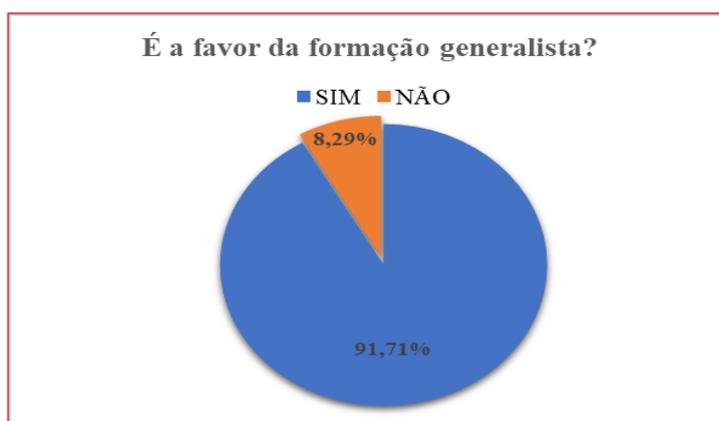


Fonte: Autoria própria, 2018.

#### 4.4 PERCENTUAL QUE CONSIDERA A FORMAÇÃO GENERALISTA IMPORTANTE.

Finalmente, foi perguntado ao engenheiro eletricitista egresso da UFCG, se a formação generalista fornecida a ele foi importante para a sua atuação profissional. As respostas afirmativas somaram 91,71% do total, como mostrado na Figura 6. Os que responderam negativamente a essa pergunta correspondem a 8,29% do total. É notado que alguns dos que não são a favor da formação generalista atuam em uma área diferente daquela em que se formou.

Figura 6 – Importância da formação generalista.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Além dessas perguntas, no questionário foi reservado um espaço de sugestões e comentários. Nesse espaço é bastante expressiva a quantidade de comentários afirmando que a formação generalista oferecida pela UFCG forneceu uma flexibilidade profissional considerável e uma capacidade de abstração de problemas acima da média.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram apresentadas algumas das atividades dos engenheiros eletricitistas, facilitando o entendimento sobre sua formação e competências. Com isso, o porquê da importância de uma formação generalista e multidisciplinar para esse profissional ficou exteriorizado.

O profissional com esse tipo de formação tem maiores chances de êxito em suas atividades profissionais. Isso deve-se ao fato de que ele estará preparado para as adversidades que possam surgir, uma vez que os problemas a serem solucionados são, muitas vezes, imprevisíveis e independentes da área de atuação do

profissional especialista. A exemplo da subestação de energia elétrica teleassistida, que envolve as quatro áreas de competência da engenharia elétrica oferecidas pela UFCG.

Além disso, a realização de uma pesquisa com os engenheiros eletricitas egressos da UFCG evidencia as expressões e impressões desses profissionais em relação a esse tipo de formação. A pesquisa expõe que grande parte dos engenheiros eletricitas utilizam, profissionalmente, conhecimentos que vão além da sua formação e, também, que grande e ampla maioria considera a formação generalista importante para a sua atuação profissional.

Por fim, reforça-se a importância de reflexão por parte das IES que formam engenheiros eletricitas capacitados a atender às diferentes solicitações profissionais. Esses engenheiros, uma vez egressos do sistema educacional, devem possuir uma visão crítica, criativa e inovadora. Além disso, sua formação básica, geral e humanista deve estar sempre associada a uma formação profissional sólida e generalista.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao professor Talvanes Meneses pela orientação e parceira em mais um trabalho.

## **REFERÊNCIAS**

- [1] BRASIL. Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, Resolução nº 218, de 29 junho 1973. Disponível em: <http://www.confea.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1561&sid=193>. Acesso em: fevereiro de 2018.
- [2] BRASIL. Conselho Nacional de Educação: Câmara de educação superior. Resolução CNE/CES nº 11, 11 de março de 2002. Institui diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2018.
- [3] BRASIL. Decreto nº 23.569, de 11 de dezembro de 1933. Regula o exercício das profissões de engenheiro, de arquiteto e de aqrimensor. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1930-1949/d23569.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23569.htm). Acesso em: abril de 2018.
- [4] COTOSCK, Kelly Regina. Proteção de sistemas elétricos: uma abordagem técnico pedagógica. 2007. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- [5] GAMA, Sinval Zaidan. Novo perfil do engenheiro eletricitista no início do século XXI. 2002. 98 f. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- [6] PEREIRA, R. M.; SPRITZER, I. M. P. A. Automação e digitalização em subestações de energia elétrica: um estudo de caso. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, Paraná, v. 03, n. 04: p. 147-160, 2007.
- [7] SILVEIRA, Marcos Azevedo da. A formação do engenheiro inovador: uma visão internacional. estrutura das revoluções científicas. Rio de Janeiro: PUC-Rio, Sistema Maxwell, 2005.

# Capítulo 4

## *TRABALHO EM EQUIPE E COMPETITIVIDADE: O RELATO DE UM ESTUDO DE CASO COMO ESTÍMULO À GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PESSOAL NA FORMAÇÃO DO TÉCNICO E DO ENGENHEIRO*

*Anselmo Paulo Pires*

*Euclides Gonçalves Martins Filho*

*João Bosco dos Santos*

*Joel Lima*

**Resumo:** O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso, aplicado como uma dinâmica em grupo, denominado “construindo uma torre”, adotado como prática de ensino aplicado à área do conhecimento gerencial associado à disciplina Gestão Integrada, ministrada para alunos do Curso Técnico em Mecânica de uma Instituição de Ensino Superior (IES) localizada na cidade de Belo Horizonte. Com base nos estudos sobre dinâmicas ou técnicas de simulação de Sauer (2006) e Wachelke (2005) e da competitividade em grupos de trabalho de Carvalho (2008) e Alvares (2010) entre outros, espera-se que este estudo de caso contribua para incentivar práticas similares na formação de novos profissionais das áreas técnicas. Além de fomentar pesquisas referentes à área de desenvolvimento de pessoal tanto em ambientes escolares quanto em empresas e, principalmente, motive o futuro técnico ou engenheiro a ampliar seu engajamento nos trabalhos realizados em equipe. Como resultado constatou-se que a iniciativa de utilização de práticas inter e transdisciplinares na formação de técnicos e engenheiros em sala de aula tem se tornado potencialmente um laboratório de comportamento, contribuindo para o levantamento de hipóteses e proposições de novas pesquisas e, sobretudo, elevar o estudante às posições de destaque na gestão do desenvolvimento de pessoal.

**Palavras-chave:** Liderança. Dinâmica de grupos. Formação de equipes. Competitividade.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Carvalho (2008), a competitividade das equipes de trabalho, para cumprimento de obras de grandes dimensões, tem sido utilizada desde os primórdios da civilização humana. Assim, quando existe a necessidade de implementação de projetos de grande envergadura, como a construção das pirâmides egípcias, no mundo antigo, ou em obras modernas e pós-modernas do século XXI, como os edifícios e as ilhas artificiais de Dubai, os responsáveis pelo projeto e execução são obrigados a lançar mão de estratégias de competição entre grupos de trabalho para obterem êxito na materialização de suas ideias desafiadoras para engenharia.

Dessa forma, seria interessante trabalhar, também, com este tipo de abordagem técnica comportamental para se obter maiores níveis de produtividade e competitividade, incentivando os futuros engenheiros e técnicos, ainda no ambiente acadêmico, a serem competitivos entre seus pares e suas equipes de trabalho. Visto que, segundo Alvares (2010), a competitividade entre equipes de trabalho pode ser um elemento motivador e propulsor para se buscar novos desafios e vencer as dificuldades postas nos ambientes organizacionais.

De acordo com Sabbag (2007), a sociedade do conhecimento e da informação é representada pela mente humana, constituindo o homem como a principal variável desta equação. Este assimila a informação nos cursos de formação técnica específica, convertendo-se em elemento gerador de outras formas de conhecimento dentro das organizações, ou seja, a reflexão transforma e melhora a ação humana. Portanto, o incentivo de práticas didáticas/pedagógicas alternativas na formação do futuro engenheiro se dá com a utilização de jogos, brincadeiras, entre outras técnicas participativas em um ambiente descontraído. Por meio deles há uma possível contribuição para ampliar seu nível de aprendizagem, sobretudo, em suas relações interpessoais e no autoconhecimento de suas potencialidades para, assim, trabalhar e coordenar equipes competitivas e vitoriosas.

De acordo com Sauaia (2006) as técnicas de Dinâmicas de Grupos (DG), também chamadas de Técnicas de Simulação (TS), têm sido amplamente utilizadas pelas organizações na fase de contratação, promoção ou realocação em postos de trabalhos. Nessas atividades lúdicas é possível discutir temas polêmicos e até estimular que sejam externados conflitos — do indivíduo e do grupo — para que os participantes alcancem uma melhoria qualitativa na percepção de si mesmo, do mundo e, conseqüentemente, nas relações pessoais estabelecidas. Nessas técnicas de simulação os participantes são submetidos a situações em que devem tomar decisões em estado de tensão, assumir riscos, negociar estratégias, cooperar com demais pessoas envolvidas, desenvolver liderança. Enfim, os critérios de avaliação serão de acordo com os resultados do processo de desenvolvimento coletivo e em situações que simulam condições reais de trabalho.

Segundo Wachelke (2005) e Carvalho (2008), existem diversas dinâmicas catalogadas e publicadas pela literatura especializada, tendo cada uma delas os objetivos específicos para se alcançar o resultado desejado. Assim, o objetivo deste ensaio é apresentar uma experiência em sala de aula, na forma de um estudo de caso, na aplicação de uma dinâmica de grupo, denominada “Construindo uma Torre” que tem sido adotada como prática de ensino aplicada à área do conhecimento gerencial associado à disciplina Gestão Integrada, ministrada para alunos do Curso Técnico em Mecânica de uma Instituição de Ensino Superior (IES) localizada na cidade de Belo Horizonte.

Essa instituição está vinculada à Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT), ligada ao Ministério da Educação (MEC), com sede em Belo Horizonte, outros três campi na capital e 10 unidades descentralizadas em diversas regiões do estado. Sua implantação data de 1910, a partir da criação da Escola de Aprendizes e Artífices, tendo desde então passado por várias transformações até se consolidar como uma importante instituição de Educação Profissional em 1978, quando foi elevada ao status de Centro Federal de Educação Tecnológica.

Historicamente, a referida instituição tem obtido êxito na sólida formação técnico-científica de seus alunos de nível técnico e superior, com destaque para o emprego de formas e práticas de aprendizagens que acompanham, o que é chamado por Carvalho (2008), de pedagogia moderna. Nessa, os alunos são submetidos, entre outras formas de aprendizagem, às dinâmicas comportamentais para desenvolvimento de suas habilidades de gestão e de trabalho em equipe. No segmento metal mecânica de produção e de processo e infraestrutura, há uma busca para complementar o currículo do aluno que hoje carece deste tipo de formação.

Assim, as novas modalidades de conhecimento interdisciplinares e transdisciplinares<sup>1</sup> vivenciadas pelas abordagens pedagógicas presentes nas matrizes curriculares para formação destes profissionais na aludida instituição, têm transformado os alunos em engenheiros e técnicos de excelência, preparados para assumir uma postura organizacional como agentes transformadores numa perspectiva harmônica dentro das organizações, conforme afirma Colombelli (2010). Tais estudantes vêm desenvolvendo e adquirindo conhecimentos e habilidades para o gerenciamento de trabalho em equipe, identificando e aplicando os princípios básicos de gestão de pessoas e do relacionamento interpessoal nas organizações.

Portanto, espera-se que o futuro técnico ou engenheiro saiba planejar, coordenar e supervisionar processos de trabalho, observando os aspectos de qualidade e produtividade, contribuindo para organização ou empresa em que deverão atuar para: identificar os principais fatores influentes em ambientes de trabalho que interferem na capacidade do processo, produtividade e dispêndio de energia; avaliar os resultados de processos produtivos, agir em no tratamento de situações problemáticas observando os aspectos organizacionais, tecnológicos e humanos; diferenciar os principais fatores estratégicos influentes em um ambiente empresarial e analisar os principais resultados de processos produtivos de uma organização.

Por conseguinte, espera-se que ao final de cada técnica de simulação nas escolas ou nas empresas, os grupos realizem uma análise do processo a partir de suas múltiplas perspectivas para se tirar algumas conclusões, sem a pretensão, no entanto, de se chegar à uma solução única e sim aprender com a interação e o diálogo entre os membros. Com efeito, esta abordagem adotada em sala de aula de forma prática e lúdica pode possibilitar ao professor/facilitador orientar melhor o graduando em engenharia, no sentido de fazê-lo refletir sobre as potenciais causas que podem levá-lo a posições de destaque na tomada de decisão, se destacando tanto na gestão de pessoas quanto na obtenção de resultados operacionais.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A atividade em equipe em pauta, também denominada de dinâmica de grupo, teve por objetivo primário avaliar a habilidade e o conhecimento dos membros envolvidos, em relação ao planejamento e execução da tarefa de construção de uma torre. Como matéria-prima foram utilizados: latas vazias de alumínio de 350 ml vazias (5), palito para churrasco (6), palito para picolé de madeira (5), rolos internos de papel higiênico (5), cartolina (3), cola branca, fita adesiva, revistas e jornais para recorte e tesoura (1).

O desenvolvimento desta atividade baseava-se na formulação de estratégias e negociações que deveriam surgir dentro do grupo constituído por cinco componentes, seguindo as instruções fornecidas por meio de um roteiro pelo professor/facilitador. Os indicadores de qualidade do produtor/torre seriam avaliados pelos seguintes critérios: altura, estabilidade, originalidade, beleza e utilização de todo material descrito, além da execução em menor tempo possível.

Na semana anterior à realização da dinâmica, o professor dividiu a turma de alunos em equipes de trabalho com seis membros cada. Nesta primeira fase da tarefa, cada equipe deveria nomear um líder para providenciar a obtenção da matéria prima e, no dia da execução, liderar os trabalhos para a construção da torre. Ressalta-se que as instruções para a construção da torre não foram reveladas, portanto, os grupos ainda não tinham sido informados dos procedimentos e nem das características do processo e do produto final.

Como estratégia de ação do professor/facilitador este líder constituído, deixaria sua equipe de origem e passaria a desempenhar as tarefas de observador/avaliador em outra equipe concorrente. Dessa forma, a avaliação, tanto do produto quanto do processo, seria balizada por um membro externo de outra equipe que atuaria como observador. Tal estratégia apresentaria uma dificuldade para os grupos, uma vez que no

---

<sup>1</sup> Esses diferentes termos foram criados para tentar induzir um diálogo maior entre as disciplinas e entre os conhecimentos para tratar determinados problemas complexos que não devem ser tratados de maneira monodisciplinar. Foram forjados de modo bastante simples: acrescentando-se à palavra disciplinaridade diferentes prefixos de multiplicidade ou de relação: multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade, transdisciplinaridade. Os dois primeiros prefixos: “multi” e “pluri” indicam uma multiplicidade ou uma pluralidade de disciplinas. O terceiro: “inter”, aponta para uma relação entre as disciplinas e através delas. O quarto: “trans”, remete, do mesmo modo que o prefixo “inter”, para uma relação entre as disciplinas e através delas, mas também, para uma relação com algo que está além das disciplinas.

ato da execução, eles perderiam sua liderança e seriam obrigados a escolher entre os membros que restaram um outro líder.

Assim, a equipe recém-formada perderia temporariamente sua referência em relação a uma liderança escolhida, e deveria fazer surgir naturalmente nesta equipe, alguém que fosse conciliador e pudesse assumir o papel de distribuir as tarefas e fazer a equipe cumprir seu desafio de construção da torre. Estava estabelecida nas equipes de trabalho um clima conflituoso, onde os membros deveriam ser proativos para se atender ao propósito.

Outro desafio apresentado para/pelo o professor/facilitador seria a constituição das equipes. Se por um lado ele deixasse os próprios alunos se agruparem por afinidades e pares, o que tornaria o trabalho mais fácil, por outro, a aleatoriedade na escolha poderia ocasionar desconforto nos participantes pelo fato de terem que trabalhar com colegas que até então não se relacionavam com frequência nas atividades acadêmicas — apesar de se encontrarem frequentemente nos dias normais de aulas. Estava posta uma nova variável à atividade, que se tratava da consolidação do conceito de equipe lidando com a heterogeneidade entre seus componentes, suas necessidades e motivações para mudar suas atitudes diante de situações inusitadas.

Por fim, a escolha do professor/facilitador foi pela aleatoriedade, escolhendo os membros do grupo por enumeração de cada aluno por um número de 1 a 5 em sequência. Os grupos se reuniram por equivalência de numeração, ou seja, todos os alunos enumerados com o número 1 formariam um grupo, todos os alunos com o número 2 formariam outro e assim sucessivamente. A aleatoriedade nas escolhas é sempre desejável para garantir que alguma identidade e formação de pares já estabelecidas, fossem quebradas, para formação de novas equipes com novas perspectivas de competição.

## 2.1 DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE

O espaço de desenvolvimento da dinâmica ocorreu na própria sala de aula com espaço aproximado de 50 m<sup>2</sup>, quadro branco, pincel marcador e carteiras escolares. As carteiras serviram como demarcadores de espaços para as equipes. O tempo previsto para a realização da atividade era de duas horas/aulas, equivalentes a 100 minutos e ao recepcionar os alunos o professor já direcionava os grupos para suas posições na sala.

O material para a execução da dinâmica foi embrulhado em jornais para garantir que outros materiais não fossem utilizados. Então, o professor passou as instruções descritas na figura 1, deixando que os alunos já em formação grupal lessem as instruções. Esclareceu dúvidas, para que houvesse clareza quanto ao cumprimento das regras.

Nesse momento os líderes de cada grupo foram apartados de sua equipe, conforme já esclarecido anteriormente.

Em discussão, fora da formação dos grupos, o professor/facilitador orientou os ex-líderes para a função de observadores que eles passariam a desempenhar. Dentre suas atribuições constariam: as observações de comportamento e conduta de cada membro da equipe executora e, conseqüentemente, o registro dessas observações para o seu relatório denominado de “Orientação aos observadores”, conforme figura 2 abaixo.

O resultado final seria obtido pela soma das notas de desempenho do produto, de acordo com a figura 1, com os requisitos de processo, conforme figura 2. Para incentivar a competitividade, o facilitador concederia a cada componente do grupo uma pontuação na disciplina na qual estava inserida a dinâmica, da seguinte forma: para o primeiro colocado seria dado 5 pontos, para o segundo colocado 3, para o terceiro 2 e finalmente para o quarto 1 ponto.

Observa-se que dos 100 minutos disponíveis para as aulas, apenas 35 deles seriam utilizados efetivamente para a construção da torre.

Figura 1 – Instruções para construção da torre com os indicadores de produto

**TÍTULO: CONSTRUINDO UMA TORRE**

**FOLHA DE INSTRUÇÕES PARA OS MEMBROS DA EQUIPE**

- 1- A partir de agora, você e os demais integrantes passam a formar uma equipe de trabalho cujos objetivos são: construir uma TORRE e ganhar a competição dos DEMAIS GRUPOS.
- 2- Todos os grupos receberam materiais idênticos aos seus. Todos terão o mesmo tempo limite para construir a torre.
- 3- Todas as equipes poderão utilizar somente o material e os recursos fornecidos.
- 4- Será considerado vencedor o grupo que obtiver de UMA COMISSÃO DE JULGAMENTO, que será formada pelos observadores, o maior número de pontos.
- 5- Os critérios que essa comissão utilizará para dar a sua avaliação são expressos pelos indicadores e pontuação abaixo discriminados. Não haverá pontuação para os 2º e 3º colocados.

INDICADORES DE PRODUTO – Critérios	PONTUAÇÃO
1-Altura da torre em relação ao piso	10 pontos
2-Estabilidade da torre	5 pontos
3-Originalidade	3 pontos
4-Beleza	2 pontos
5-Uso de todo material fornecido	3 pontos
6-Economia de tempo - a cada 5 minutos	2 pontos

- 6- A decisão final da COMISSÃO será obtida pela média aritmética simples da somatória das pontuações individuais de cada integrante da mesma e terá caráter irrevogável.
- 7- Procure contribuir o máximo que puder para que sua equipe alcance seus objetivos.
- 8- A partir do sinal do facilitador a sua equipe disporá de 35 (trinta e cinco) minutos para construir a TORRE.
- 9- Assim que a equipe der por terminada a construção da torre, avise imediatamente ao facilitador para que este registre o tempo despendido. Evidentemente, após este aviso, nada mais poderá ser alterado no trabalho realizado.
- 10- Aguarde o sinal do facilitador para iniciar o trabalho.

Fonte: Material de aula do professor

Figura 2 – Orientação aos observadores sobre os requisitos de processo de construção da torre

**ORIENTAÇÃO AOS OBSERVADORES**

Todo grupo de trabalho apresenta dois fenômenos, a observar:

O PRODUTO DO GRUPO, ou seja, a realização do trabalho, nesse caso, a torre construída;

O PROCESSO DO GRUPO, ou seja, a interação dos elementos do grupo e as consequências dessa interação na evolução do trabalho, na qualidade do produto final e no alcance dos objetivos do grupo quanto à economicidade, aplicação de recursos e uso do tempo.

Na dinâmica “CONSTRUINDO UMA TORRE” nos interessa mais observar o processo do grupo, no sentido de evidenciar os fenômenos ligados aos aspectos de integração interpessoal, processos de comunicação, exercícios de liderança, divisão de tarefas, uso do poder, percepção do clima de trabalho, comprometimento dos elementos do grupo com o resultado de seu trabalho. Assim, procure observar, discretamente, fatos como:

REQUISITOS DE PROCESSO A SEREM OBSERVADOS	SIM	NÃO	Observações
Alguém procurou tomar a frente dos trabalhos, planejando, organizando o material, atribuindo tarefas, corrigindo, orientando, cobrando participação?			
Os outros elementos do grupo aceitaram tal liderança, rejeitaram, ou houve alternância de liderança durante a evolução dos trabalhos?			
Houve troca de opiniões, ajuda mútua entre os integrantes da equipe?			
Alguém se apropriou ou reteve consigo algum instrumento ou material necessário aos outros?			
Houve separação da equipe em subgrupos de acordo com as tarefas desenvolvidas?			
Houve membros silenciosos que não se integraram à tarefa da equipe?			
Alguém foi designado ou se preocupou em marcar o tempo/controlar o tempo decorrido?			
Alguém se preocupou com, ou mesmo “espionou”, o trabalho dos outros grupos?			
Alguém tentou participar/contribuir e não foi aceito/ouvido pelos demais? Insistiu? Desistiu?			

MEDIANTE o que você pode observar, atribua notas: DE 1 (RUIM), 3 (REGULAR) E 5 (ÓTIMO)

REQUISITOS – Item de Controle	VALOR
1-Clima de trabalho da equipe	
2-Planejamento dos trabalhos	
3-Comunicação entre os membros da equipe	
4-Ocorrência de liderança participativa na realização dos trabalhos	
5-Comprometimento dos membros da equipe com o resultado do trabalho	
Somatório	

Fonte: Material de aula do professor

Após o tempo decorrido de 35 minutos, estabeleceu-se a comissão de julgamento formada pelos observadores ex-líderes de cada equipe para levantar a pontuação referente às características do produto, conforme as instruções da figura 1. Paralelamente, o professor/facilitador tomava nota no quadro branco, de acordo com as observações dos avaliadores. Nesse sentido, a tabela de avaliação foi preenchida e a pontuação de cada equipe foi determinada. Abaixo apresenta-se os produtos finais dos grupos, identificados nesse artigo como A, B, C e D.

Figura 3 – Torre da Equipe A



Figura 4 – Torre da Equipe B

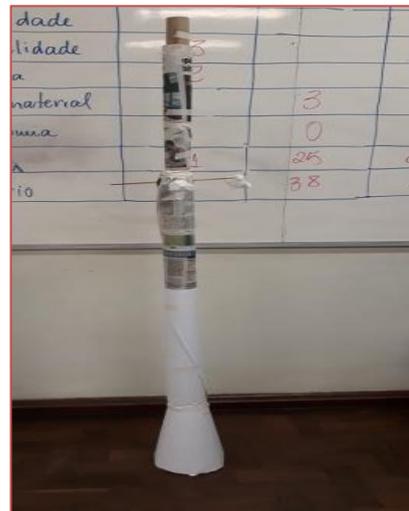


Fonte: Produto final produzido na dinâmica

Figura 5 – Torre da Equipe C



Figura 6 – Torre da Equipe D



Fonte: Produto final produzido na dinâmica

Em seguida, cada um dos observadores passou a relatar, de forma verbal, as observações obtidas no decorrer da construção da torre de acordo com os requisitos de processo apresentados na figura 2. Da mesma forma, o professor/facilitador registrou no quadro as pontuações obtidas pelos grupos.

Observa-se pela Figura 4 que a administração do tempo e da qualidade do produto construído pela equipe “B” não foram eficazes, pois no momento do transporte da torre ela se deformou, comprometendo a avaliação final, levando-a da primeira colocação para a segunda. Nos produtos finais das equipes “A” e “C”,

observou-se maior preocupação com a estabilidade, estética e com a beleza, enquanto que na equipe “D” o foco do projeto se deu na altura da torre, requisito de maior pontuação, segundo as orientações.

Ao final tinha-se o resultado dos indicadores do produto e do processo, somando-se as pontuações de ambos os requisitos. A classificação final dada pela comissão de julgamento, constituída pelos observadores, ficou dessa forma: 1º colocado, equipe “D”; 2º colocado, equipe “B”; 3º colocado, equipe “C” e 4º colocado, equipe “A”.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Terminada a avaliação, os alunos se dispuseram em um grande círculo para discutir suas ações e os resultados em uma análise crítica ou painel integrado pelo professor/facilitador. Esta permitia que os alunos envolvidos aprendessem e ensinassem uns aos outros com suas intervenções, tornando possível a discussão dos temas polêmicos que ocorreram.

Devia-se levantar as questões sobre o trabalho em equipe, a individualidade, o respeito às diferenças e cumprimento de metas, a competitividade, a motivação e o cumprimento dos objetivos propostos para o produto e para o processo. Tentando buscar as principais causas que levaram ao insucesso ou sucesso das equipes, a discussão partiu dos seguintes questionamentos:

- O que poderia ter sido feito para melhorar o desempenho da equipe?
- Como ficaram distribuídas as tarefas dentro de cada equipe após o recebimento das instruções?
- Alguém assumiu a liderança da equipe quando o líder recém-eleito foi afastado do grupo para desenvolver a atividade de observador?
- Na leitura das instruções a maior pontuação para a torre que seria construída estava baseada na altura e na estabilidade, isto foi alertado por algum membro da equipe?
- Houve equilíbrio entre o tempo de planejamento e execução da tarefa?
- Houve a presença de estilos de liderança na atividade?
- Os demais membros assimilaram as tarefas que eram propostas pelo líder recém empossado?
- Houve conflitos durante a realização da tarefa?
- Houve apatia ou desinteresse na execução das atividades por algum membro da equipe?

Em destaque, muitos alunos apontaram o fator “tempo” para a construção da torre, alegando que com 35 minutos seria improvável que o resultado fosse satisfatório. Outros contra-argumentaram, afirmando que o tempo teria sido suficiente, mas os grupos não administraram esse tempo.

Outro fator proeminente destacado foi a falta de comprometimento e de proatividade de alguns membros da equipe, que não se empenharam na realização da tarefa. Em intervenção do professor/facilitador ficou claro que o grupo, ao se constituir como tal, passa a ser responsável pela sua eficácia e, portanto, todos devem compartilhar a responsabilidade para que os resultados cheguem a ser concretizados, pois as equipes efetivas são aquelas em que cada membro assume a responsabilidade de acordo com os seus talentos e experiências.

Ao final das discussões, coube ao professor fazer um fechamento, pontuando os objetivos da dinâmica como uma técnica de simulação prevista pelos departamentos de recursos humanos das organizações na etapa de contratação e seleção de profissionais. Também ficou a cargo do professor/facilitador relacionar o resultado final do trabalho como produto e o resultado do desenvolvimento do processo, ou seja, geralmente os melhores processos geram melhores produtos, daí o cuidado que os futuros profissionais devem ter em focar em ambas as variáveis na obtenção de resultados finais.

Em síntese, as observações dos comportamentos sempre são relatadas aos alunos, tomando-se o cuidado de estabelecer correlações com a vida profissional nas corporações em que irão atuar após a conclusão do curso técnico ou engenharia.

### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo tem mudado a cada instante, seja em relação aos avanços tecnológicos ou por busca por processos de modernização organizacional cada vez mais avançadas ou nas denominadas reestruturações produtivas modernas. Quando as empresas se veem passar por essas transformações além de rotinas

recorrentes como corte de pessoal, mudança ou ampliação de sede, troca de gestores ou até em processo de certificação, elas necessitam deixar sua equipe mais motivada e preparada para lidar com essas e outras mudanças.

Dessa forma, as dinâmicas de grupo devem ser utilizadas para responder a objetivos específicos de uma determinada estratégia educativa ou produtiva, a fim de estimular a produção do conhecimento e a recriação desse tanto no grupo quanto em cada indivíduo. Assim, a dinâmica de trabalho em equipe aplicada serviu para quebrar o gelo, gerar ideias, melhorar a tomada de decisões e avaliar as habilidades de liderança e competitividade dos participantes.

Os resultados experimentais da simulação apresentados nesse trabalho, permitiram levantar as seguintes conclusões, entre outras:

tratou-se de um laboratório experimental do comportamento dos indivíduos em condições de tensão, onde o professor atuou como mediador, estabelecendo tempos e regras para cumprimento da mesma;

a atividade contribuiu para levantar hipóteses e propor pesquisas que poderão ser extremamente ricas em situações limites de competição entre grupos, de negociação na execução de tarefas, de mudança de estratégias para atingir objetivos, na escolha dentro de cada grupo;

a competitividade entre os grupos que se formaram ficou bem evidente, observando-se ainda que após a aula foi muito saudável perceber a motivação e a expectativa da turma para o próximo encontro com as atividades que ainda seriam desenvolvidas nos encontros seguintes, nos levando a considerar o alto nível de motivação que apresentaram.

Como principal resultado constatou-se que a iniciativa de utilização de práticas inter e transdisciplinares na formação de técnicos e engenheiros em sala de aula tem se tornado potencialmente um laboratório de comportamento, contribuindo para o levantamento de hipóteses e proposições de novas pesquisas e, sobretudo, elevar o estudante às posições de destaque na gestão do desenvolvimento de pessoal.

Espera-se que o relato deste estudo de caso, possa contribuir para o incentivo de práticas similares na formação de novos profissionais das áreas técnicas, fomentando pesquisas referentes à área de desenvolvimento de pessoal, tanto em ambientes escolares quanto empresariais e, principalmente, motive o futuro técnico ou engenheiro no engajamento nos trabalhos realizados em equipe para atingir resultados satisfatórios.

## AGRADECIMENTOS

Aos alunos do Curso Técnico em Mecânica do 1º semestre de 2018, matriculados na disciplina Gestão Integrada que participaram desta atividade da dinâmica em grupo “Construindo uma Torre” e ao engenheiro e professor André Luiz Gomes, que no início dos anos 2000, introduziu as atividades de Gestão de Pessoas para os alunos dos cursos técnicos e de Engenharia Mecânica na instituição, transpondo barreiras e mudando os paradigmas monodisciplinares desses cursos.

## REFERÊNCIAS

[1] ALVARES, L.; BAPTISTA, S. G.; ARAUJO, R.H. Gestão do conhecimento: categorização conceitual. Em *Questão*, Porto Alegre, v. 16, n. 2, jul./dez. 2010.

[2] CARVALHO, I. M.V.; PASSOS, A. E.V.M.; SARAIVA, S.B.C. Recrutamento e seleção por competências. Rio de Janeiro: Editora FGV, 1ª Edição, 2008.

[3] COLOMBELLI, G.L.; PORTO, A.; OLIVEIRA, G.D. Gestão do Conhecimento nas Escolas Técnicas Profissionalizantes: as Escolas Ensinam, mas Como Será que Aprendem? XXIV Encontro da ANPAD, Rio de Janeiro: 25 a 29 de setembro de 2010.

[4] SAUAIA, A. C. A. Conhecimento versus desempenho das organizações: um estudo empírico com jogos de empresas. *Revista Eletrônica de Administração*. Edição 49, v. 12, Nº 1 Jan-Fev 2006. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/read/article/view/40368>>. Acesso em 20/02/18

[5] WACHELKE, J.F.R.; NATIVIDADE, J.C.; ANDRADE, A.L. Construção e utilização de técnicas em dinâmicas de grupos. *Revista Psicologia Argumento PUCPR* v. 23, Nº 42 Jul-Set 2005.

# Capítulo 5

## *PERCEPÇÃO DOS EGRESSOS SOBRE A QUALIDADE DOS CURSOS DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE - UPM*

*Leila Figueiredo de Miranda*

*Terezinha Jocelen Masson*

*Antonio Hortêncio Munhoz, Jr.*

**Resumo:** O presente trabalho analisou o resultado da avaliação dos cursos de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), sob a ótica de seus egressos, no período de 2012 a 2017, visando utilizar os resultados como ferramenta de gestão do ensino. A avaliação de um curso de graduação em Engenharia, sob a ótica dos seus egressos, é um dos indicadores da qualidade do curso, pois estes têm uma visão ampla do processo de ensino e capacidade de verificar a contribuição do curso na sua formação pessoal e profissional, permitindo verificar se as metas de formação propostas estão sendo bem recebidas pelo mercado de trabalho globalizado. Para tanto, devem ser resgatados os conceitos relacionados à avaliação educacional e avaliação da educação superior no Brasil, prática desenvolvida por meio do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior - SINAES, criado pela Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004. Os resultados obtidos, fornecem subsídios para a crítica, a reflexão e o diálogo sobre o projeto pedagógico dos cursos oferecidos, apresentando tanto os seus diferenciais, que devem ser preservados e reforçados, quanto as suas fragilidades que indicam os aspectos que subsidiarão discussões que possam conduzir a melhorias dos cursos, devendo ser considerados como ferramentas de controle estratégico e operacional.

**Palavras-chave:** Avaliação de curso. Percepção do Egresso. Qualidade dos Cursos de Engenharia. Formação. Mercado de Trabalho.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com SINAES (2004),

Os principais objetivos da avaliação envolvem melhorar o mérito e o valor das instituições, áreas, cursos e programas, nas dimensões de ensino, pesquisa, extensão, gestão e formação; melhorar a qualidade da educação superior e orientar a expansão da oferta, além de promover a responsabilidade social das IES, respeitando a identidade institucional e a autonomia de cada organização.

A avaliação é uma prática que possibilita a transparência das realizações institucionais, tanto para a comunidade acadêmica como para a sociedade, fornecendo subsídios para a análise de seus processos, possibilitando uma visão da problemática educacional implantada. Deve ser um processo sistemático e contínuo que tem por finalidade oferecer meios para o aprimoramento do currículo, apresentando, entre outros aspectos a associação entre avaliação e o processo de tomada de decisão (VIANNA, 2000).

Como os processos avaliativos são instrumentos de gestão universitária capazes de indicar os melhores caminhos e formas de melhorias para um ensino de qualidade, a avaliação pelos egressos é uma das formas de se verificar a opinião deste grupo que já está exercendo suas atividades profissionais, possibilitando uma visão das transformações que ocorre com o egresso devido à influência exercida pelo currículo cursado, no seu desempenho como critério de avaliação de curso (VASCONCELOS, 2012).

A Avaliação Institucional na UPM já está consolidada e vem sendo realizada desde 1990, e de forma sistematizada desde 2001, objetivando a promoção da melhoria do ensino-aprendizagem e da avaliação global da eficiência da Universidade que se efetiva pela análise dos resultados obtidos (CASTANHEIRA; MASSON; MIRANDA, 2006; MIRANDA et al, 2011).

O objetivo maior dos Cursos de Engenharia da UPM é proporcionar ao aluno uma excelente formação integral e, seus egressos, podem fornecer subsídios para avaliar o alcance desse macro objetivo, sendo que o Projeto Didático Pedagógico (PPC), segundo Brito Cruz (2002), deve criar condições para capacitar seus egressos a criar e aplicar conhecimentos, promover a pesquisa cooperativa com empresas através do apoio em pesquisa e desenvolvimento (P&D), criar condições para a sustentabilidade em sua área específica, ser empreendedor e gestor. Muitos desses engenheiros deverão atuar no desenvolvimento de alta tecnologia em uma relação íntima entre a tecnologia e a ciência.

Assim, torna-se importante avaliar a percepção dos egressos para verificar se os objetivos estão sendo atingidos (VASCONCELOS; PEREIRA, 20015).

## 2 AVALIAÇÃO REALIZADA PELOS EGRESSOS

A avaliação é um tema que requer um detalhamento especial, pela sua própria natureza e principalmente pela função especial que cumpre dentro do currículo, que se fundamenta no princípio de que a aprendizagem não é alcançada espontaneamente pelo tecnicismo, mas, requer um processo acumulativo de assimilação reflexiva, de modo que o educando, a partir da reflexão sobre suas experiências e percepções iniciais, observe, reelabore e sistematize seu conhecimento acerca do objeto em estudo (DAVINI, 2008).

Objetivando conhecer e acompanhar o percurso dos egressos, quanto ao mercado de trabalho, à satisfação atual com o curso realizado e à imagem da UPM, a Comissão Própria de Avaliação-CPA desenvolveu um instrumento de investigação para ser aplicado periodicamente.

A importância da pesquisa com os egressos tem ganhado relevância na medida em que se percebe que o desempenho desse grupo pode ser considerado como um dos indicadores da qualidade dos cursos oferecidos pela Escola de Engenharia (Civil, Elétrica, de Materiais, Mecânica e de Produção), bem como do seu compromisso social, pois um dos objetivos da Universidade é a preparação de seu aluno para o mundo do trabalho.

Como parte do instrumento, o egresso é convidado a manifestar-se sobre a contribuição da Universidade na sua formação profissional e no seu desenvolvimento cultural. A pesquisa anterior teve uma abrangência de um período de 10 anos (egressos desde 2005/2º semestre a 2015/1º semestre), e a pesquisa atual, realizada em 2017, teve uma abrangência de 5 anos, correspondendo aos egressos formados no período de 2012/1º semestre a 2016/2º semestre.

O método de pesquisa utilizado foi o mail survey, que se caracteriza pelo questionamento direto das pessoas cuja opinião ou comportamento se deseja conhecer. Neste caso os levantamentos são utilizados quando o pesquisador deseja responder acerca da distribuição de uma variável ou de maneira como ocorrem em as relações entre características de pessoas ou grupos, de forma como ocorrem em situações naturais, sendo esta a estratégia mais apropriada para a análise de fatos e descrições (MARTINS; THEOPHILO, 2009).

Além disso, este tipo de pesquisa facilita a obtenção de um maior número de respondentes (UMBACH, 2004). Neste caso, os respondentes são os egressos de cursos de graduação da Escola de Engenharia da UPM. Os resultados estão divulgados em escala de 0 a 1 (onde 1 é o patamar máximo de qualidade – aprovação máxima do indicador; e 0 é o patamar mínimo de qualidade – reprovação absoluta do indicador).

Os indicadores apresentados de 0 a 1 representam as porcentagens de repostas positivas, retratando uma indicação de qualidade e o nível de satisfação do egresso sobre o tipo de serviço prestado pela universidade e a percepção da sociedade sobre a Escola de Engenharia da UPM.

O questionário utilizado é composto de 14 questões fechadas e 1 questão aberta (sugestões), de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Tipos de Questão

Tipos de Questões	Número de Questões
Sobre Profissão e Mercado de Trabalho	7
Sobre Profissão e o Mackenzie	3
Satisfação com o Mackenzie	4

Considerando o instrumento, o objetivo desse momento avaliativo foi conhecer a opinião do egresso sobre a qualidade da preparação oferecida pela UPM para o enfrentamento dos desafios da sociedade em geral e do complexo mundo corporativo.

### 3 RESULTADOS OBTIDOS

O processo avaliativo foi realizado em dois meses, abrangendo o envio do instrumento aos egressos e o fechamento da coleta dos dados. Dos 3273 alunos convidados a responder o instrumento, 658 responderam, ou seja, obteve-se uma adesão de 20,13%.

Para um intervalo de confiança de 95% da pesquisa, ou seja, se todos os indivíduos tivessem a mesma probabilidade de responder ao instrumento, a margem de erro estimada, para um índice de confiança de 95%, seria de 3,4%, mas neste caso deve-se levar em conta os erros estatísticos devido a dois fatores: não foram enviados e-mail para todos os formandos (somente para aqueles com os e-mails ativos), e nem todos responderam.

Comparando o número de participantes da pesquisa atual (20,13%) com a realizada anteriormente (20,67%) observou-se que o percentual de participantes foi praticamente igual (decréscimo de 0,54%).

O instrumento é composto por dois indicadores sensoriais que auxiliam na construção de uma base de dados para as análises que serão realizadas. A esses dois indicadores seguem três referentes ao ingresso no mundo do trabalho, dessa forma os cinco primeiros indicadores são de natureza objetiva e não abordam a percepção do egresso. A partir do sexto indicador busca-se a opinião do egresso sobre a qualidade percebida sobre a formação recebida assim como o modo como a sociedade, em especial o mercado de trabalho, percebe a UPM. Os últimos indicadores referem-se a situação atual do egresso no mundo corporativo. Esses indicadores podem ser associados a um critério de empregabilidade do egresso. As Tabelas 2 a 4 apresentam os resultados das repostas válidas sobre as informações gerais.

Tabela 2: Sexo do Egresso

Sexo	Quantidade de respostas	Percentual (%)
Feminino	289	43,92
Masculino	368	55,93
Sem Resposta	1	0,15
Total	658	100

Tabela 3: Idade atual do Egresso

Idade	Quantidade de respostas	Percentual (%)
≤ 25 anos	241	36,63
26 a 29 anos	282	42,86
30 a 40 anos	108	16,41
41 a 49 anos	26	3,95
mais de 50 anos	0	0,00
Sem Resposta	1	0,15
Total	658	100

Tabela 4: Estado onde o Egresso reside atualmente.

Estado	Quantidade de respostas	Percentual (%)
SP	624	94,83
MG	16	2,43
BA	2	0,30
PB	1	0,15
PE	1	0,15
RJ	2	0,30
Exterior	11	1,67
Sem Resposta	1	0,15
Total	658	100

Os resultados mostram que o percentual feminino ainda é menor que o masculino.

Comparando os resultados obtidos na pesquisa atual com a realizada anteriormente, observou-se que houve um aumento no percentual de egressos com faixa etária menor que 25 anos (aumento de 8,98%), bem como na faixa etária entre 26 a 29 anos (aumento de 3,80%).

Predominantemente os alunos residem na região sudeste (em São Paulo a maioria) e apenas 1,67% (11 alunos) estão residindo no exterior. Comparando os resultados obtidos na pesquisa atual com a anterior, houve um aumento no percentual de egressos residindo no exterior (aumento de 83%), e um decréscimo de no percentual dos egressos que residem em São Paulo.

A Tabela 5 apresenta o tempo entre a formatura e o início da atividade profissional.

Tabela 5: Tempo entre a formatura e o início da atividade profissional.

Tempo	Quantidade de respostas	Percentual (%)
Atividade antes da formatura	435	66,11
Menos de 1 ano	119	18,09
De 1 a 2 anos	67	10,18
De 2 a 3 anos	19	2,89
De 3 a 4 anos	9	1,37
Mais de 4 anos	5	0,76
Sem Resposta	4	0,61
Total	658	100

Embora a variação do tempo entre a formatura e o início da atividade profissional tenha sido praticamente mantida nesta pesquisa, observou-se um discreto aumento no tempo para o egresso ser absorvido pelo mercado de trabalho, quando se compara os resultados obtidos na pesquisa anterior.

A Tabela 6 apresenta o tipo de empresa em que o egresso trabalha.

Tabela 6: Natureza do emprego atual

Tipo de Empresa	Percentual (%)
Empresa privada	58,06
Profissional liberal ou autônomo	10,48
Proprietário de empresa ou firma individual	4,71
Outros	26,75
Total	100

Comparando os resultados obtidos na pesquisa atual com a realizada anteriormente, observou-se que houve um decréscimo no percentual dos egressos sendo absorvidos por empresas privadas (-2,21%) e dos proprietários de empresas ou firma individual (-0,44%), e um aumento em atividades como profissional liberal ou autônomo (+1,12%), o que aponta para um aumento da absorção do egresso em atividades profissionais empreendedoras.

A Tabela 7 apresenta a renda média mensal dos egressos. Comparando os resultados obtidos na pesquisa atual com a realizada anteriormente, observa-se que houve um aumento do percentual de egressos com salários menores que R\$5.000,00 (9,31%), embora na pesquisa anterior o universo da mesma tenha atingido egressos com maior tempo exercendo a atividade profissional.

Tabela 7: Renda Média Mensal (bruta) em reais.

Renda (R\$)	Quantidade de respostas	Percentual (%)
Até 5.000	227	34,50
De 5.001 até 7.000	293	44,53
De 7.001 até 9.000	58	8,81
Acima de 9.500	53	8,05
Sem Resposta	27	4,10
Total	658	100

### 3.1 INDICADORES INSTITUCIONAIS: AVALIAÇÕES DOS ANOS DE 2015 E 2017

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para o grau de satisfação do Egresso em relação à Instituição nas pesquisas realizadas nos anos de 2015 e 2017 (questões 4 a 13). O indicador varia de 0 (nota mínima) a 1 (nota máxima).

Tabela 8: Grau de satisfação do Egresso em relação à Instituição.

Perguntas	Avaliação 2015	Avaliação 2017	Variação
	(2ºS/2006-1ºS/2015)	(1ºS/2012-2ºS/2017)	
4. Qual o nível de satisfação com a sua profissão? (Alto)	0,58	0,56	-0,02
5. Você se sentiu preparado para o mundo do trabalho quando se formou? (Sim, muito)	0,73	0,74	+0,01
6. O conjunto de componentes curriculares contribuiu para o seu desempenho profissional? (Muito)	0,69	0,66	-0,03
7. O curso como um todo colaborou para o seu desenvolvimento cultural e social? (Sim, muito)	0,73	0,77	+0,04
8. Qual o conceito que você atribui aos professores do curso que você fez?	0,89	0,88	-0,01
9. Você mantém algum contato atual com a Universidade Presbiteriana Mackenzie? (Sim)	0,39	0,44	+0,05
10. Você escolheria a UPM novamente para realizar um curso de pós-graduação? (Sim)	0,78	0,82	+0,04
11. Como você avalia a imagem do Mackenzie ?	0,91	0,89	-0,02
12. Qual o seu nível de satisfação com a sua situação profissional atual no aspecto financeiro?	0,65	0,60	-0,05
13. Qual o seu nível de satisfação com a sua situação atual, no aspecto social?	0,81	0,77	-0,04
Média	0,72	0,71	-0,01

Embora a média dos indicadores seja maior que 70%, observa-se os indicadores que exigem maior atenção são aqueles correspondentes às questões 4 e 9 que apresentaram índices de satisfação menor ou igual a 60%.

Comparando-se os indicadores institucionais obtidos no ano de 2016 em relação ao ano de 2015, observa-se que dos 10 indicadores avaliados houve um decréscimo em 7 indicadores.

Salienta-se que entre os indicadores que sofreram acréscimo foram: questões 5, 7, 9 e 10, com aumentos de 0,01; 0,04; 0,05 e 0,04%, respectivamente. A queda média nos indicadores foi de -0,01. A maior queda foi atribuída à questão 12, cujo decréscimo foi de -0,05.

Em relação ao nível de satisfação profissional e à percepção quanto à formação obtida na universidade para o mundo do trabalho (desempenho profissional), os indicadores obtidos apresentaram uma discreta queda em relação à avaliação anterior.

Observa-se que 74% dos alunos avaliam de forma satisfatória a formação recebida, sendo que tanto o atendimento como as estruturas curriculares são consideradas fatores que atenderam às necessidades do aluno. A satisfação do egresso com a Instituição, bem como a sua qualidade são atestadas pelos índices obtidos para a intenção de complementação da formação na UPM.

### 3.2 ÍNDICE DE SATISFAÇÃO GERAL

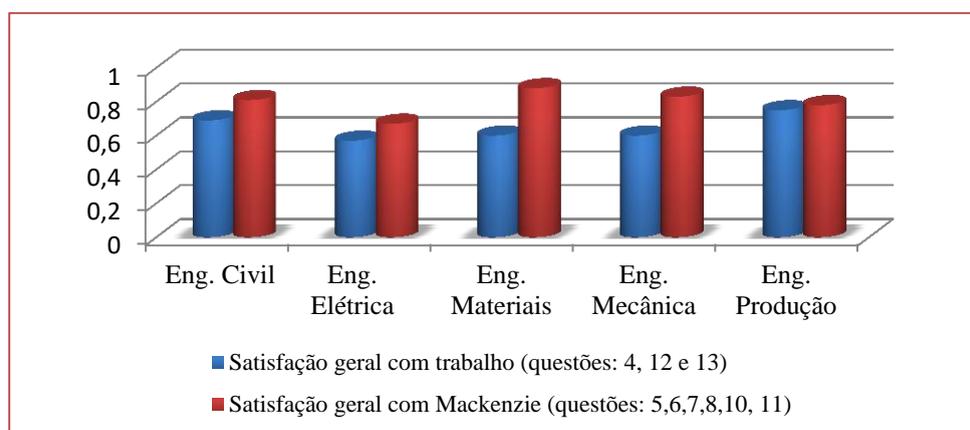
Neste item são abordados dois parâmetros em que se agregam as questões em médias aritméticas para dois conjuntos de séries: satisfação geral com trabalho (questões: 4, 12 e 13) e satisfação geral com o

Curso/UPM (questões: 5,6,7,8,10, 11). A Tabela 9 e o Gráfico 1 apresentam os resultados obtidos para os índices de satisfação geral por curso.

Tabela 9: Índices de satisfação geral.

Curso	Satisfação geral com trabalho (questões: 4, 12 e 13)	Satisfação geral com o Curso e UPM (questões: 5,6,7,8,10, 11)
Eng. Civil	0,65	0,81
Eng. Elétrica	0,55	0,67
Eng. Materiais	0,69	0,88
Eng. Mecânica	0,63	0,83
Eng. Produção	0,68	0,75
Média	0,64	0,79

Gráfico 1: Índices de satisfação geral.



Por meio dos resultados pode-se observar que na Escola de Engenharia da UPM, o curso que apresenta o maior índice de satisfação com o trabalho é o Curso de Engenharia de Materiais (0,69) e o que apresenta o menor índice de satisfação é o Curso de Engenharia Elétrica (0,55).

Quanto ao índice de satisfação com o Mackenzie o curso que apresenta o maior índice de satisfação é o Curso de Engenharia de Materiais (0,88) e o que apresenta o menor índice de satisfação é o Curso de Engenharia Elétrica (0,67).

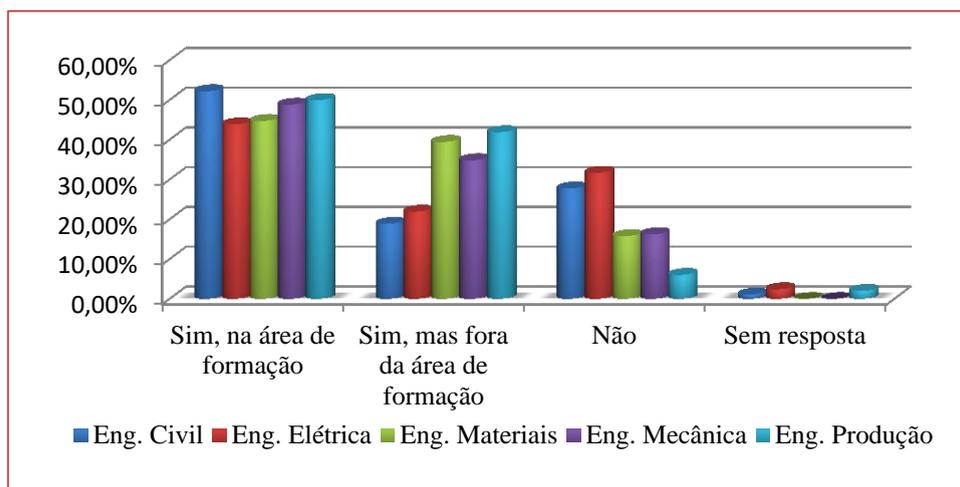
### 3.3 GRAU DE EMPREGABILIDADE

A Tabela 10 e o Gráfico 2 apresentam os resultados obtidos para o grau de empregabilidade

Tabela 10: Grau de empregabilidade (exercício de alguma atividade profissional).

Cursos	Sim, na área de formação	Sim, mas fora da área de formação	Não	Sem resposta
Civil	52,22%	18,89%	27,78%	1,11%
Elétrica	43,90%	21,95%	31,71%	2,44%
Materiais	44,74%	39,47%	15,79%	0,00%
Mecânica	48,84%	34,88%	16,28%	0,00%
Produção	50,00%	41,91%	6,06%	2,03%
Média EE	49,95%	27,85%	21,27%	0,93%

Gráfico 2: Grau de empregabilidade (exercício de alguma atividade profissional)



Os resultados obtidos mostram que cerca de 50% dos alunos trabalham na área de sua formação e 77,80% se encontram empregados. O curso que apresenta o maior grau de empregabilidade é o curso de Engenharia de Produção (91,91%) e o com menor empregabilidade é o de Engenharia Elétrica (65,85%).

Os egressos dos cursos de engenharia são os que vem sofrendo maior impacto com a crise econômica pela qual o país vem passando, pois o mercado de trabalho para este profissional foi um dos mais afetados. Neste contexto, a ênfase que vem sendo implementada em toda a universidade para a educação empreendedora, torna-se um importante diferencial para a inserção do egresso da UPM no mercado de trabalho.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos avaliativos são fundamentais para a melhoria dos cursos de Engenharia, pois por meio das informações obtidas nesses levantamentos, os projetos pedagógicos são atualizados, incorporando as solicitações globalizadas exigidas pelo mercado de trabalho, com enfoque nas observações dos alunos e dentro do contexto institucional.

Pela importância socioeconômica da engenharia, o seu ensino deve ser coerente com as aspirações da sociedade onde se insere. Para isso, deverá atualizar-se constantemente criando condições para o pleno desenvolvimento técnico e humanístico de seus alunos, que devem estar preparados para enfrentar situações diversas, conscientes de suas expertises.

Desta forma a avaliação é a única forma de assegurar o acompanhamento do ensino e da aprendizagem, da gestão, da pesquisa e das atividades extracurriculares preservando assim a identidade institucional e sua capacidade de se adaptar às exigências do mercado sem perder de vista a formação integral do aluno.

As avaliações realizadas com os egressos da Escola de Engenharia da UPM, em 2017, utilizando a metodologia mail survey contemplaram um número significativo de alunos (cerca de 20%). O ideal seria pelo menos 40%, o que é extremamente difícil de se conseguir depois de algum tempo, pois os dados são dinâmicos.

Os resultados obtidos mostraram que a satisfação positiva do egresso com a Instituição, bem como a sua qualidade são atestadas pelos índices obtidos para a intenção de complementação da formação.

Os projetos didático-pedagógicos dos cursos de engenharia da UPM têm sido atualizados periodicamente considerando os resultados destas avaliações e de outros estudos e análises que envolvem dados levantados como o perfil do aluno que se deseja formar e com as ações necessárias para cumprir os objetivos, deixando explícito o perfil do profissional a ser formado.

Para atingir estes objetivos, dentre as ações implementadas, citam-se: reformulação e flexibilização curricular com revisão da estrutura acadêmica buscando o aumento da qualidade; mudança de horário de

aulas, de forma a envolver mais o aluno como a implantação de atividades integradoras ao longo de todo o curso, incentivando o protagonismo estudantil, visando despertar maior interesse pela sua área escolhida; maior incentivo ao empreendedorismo, estímulo à inovação, bem como a participação em programas de iniciação científica, além da implantação de práticas pedagógicas modernas objetivando o decréscimo nas taxas de evasão.

Destaca-se também o incentivo à internacionalização, por meio dos convênios com Universidades Estrangeiras, que permitem aos alunos vivenciar novas realidades, novos métodos de ensino, proporcionando uma formação mais abrangente, além de propiciar a dupla titulação que possibilita o futuro exercício profissional fora do país.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Lei no 10.861, de 14 de abril de 2004. Institui Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES.
- [2] BRITO CRUZ, C. H. B. A Universidade, a Empresa, e a Pesquisa que o país precisa. *Parcerias Estratégicas* v. 1 (8), p. 5-30, 2000.
- [3] CASTANHEIRA, A. M. P.; MASSON, T. J.; MIRANDA, L. F. . A avaliação institucional como parâmetro de qualidade de ensino na Escola de Engenharia. In: *International conference on Engineering and Computer Education-ICECE'2007*. Anais. Santos, 2007
- [4] DAVINI, M. C. Métodos de enseñanza: didáctica general para maestros y profesores. Santillana: Buenos Ayres, 2008
- [5] MARTINS, G. A.; THEOPHILO, C. R. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. São Paulo: Atlas, 2009.
- [6] MIRANDA, L. F.; MASSON, T. J. ; MUNHOZ JÚNIOR, A. H. ; FALDINI, S. B. . Curriculum e Avaliação Integrada na Engenharia de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie. In: *XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2011*, Anais Blumenau, 2011.
- [7] UMBACH, P. D. Web Surveys: Best practices. *New Directions for Intitucional Research*. v.2004, n.121, 2004.
- [8] VASCONCELOS, N.V.C., PEREIRA, F.C.B., Avaliação do Ensino Superior Sob a Ótica dos Egressos. Editora Appris, 1a Edição, Curitiba-PR, 2015.
- [9] VASCONCELOS, N.V.C. Egressos na Avaliação da Qualidade de um Curso: O Caso da Engenharia de Produção da UFRN. Dissertação apresentada ao Programa de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2012.
- [10] VIANNA, H. M. Avaliação Institucional. São Paulo: Ibrasa, 2000.

# Capítulo 6

## *ANÁLISE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO DE ACORDO COM A PERCEPÇÃO DOS ALUNOS*

*Vítor Freitas Mendes*

*Valmir de Paulo Bernardes Junior*

*André de Oliveira Faria*

*Karine Franco Basto*

*Larissa Valverde Uryu*

*Chrystian Cleiderson Ventura*

**Resumo:** O texto apresenta aspectos relacionados ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto, com base em formulário elaborado para os discentes do 2º ao 10º semestre, a fim de identificar as condições de oferta do curso. Foi possível levantar uma quantidade significativa de opiniões, uma vez que 212 estudantes responderam às perguntas. Quesitos como o aumento da carga horária prática, o ensino de softwares, a correlação entre as disciplinas e a reformulação da grade curricular obtiveram destaque entre as respostas, evidenciando a necessidade de modernização do curso na instituição. Além disso, notou-se também que os pontos como a infraestrutura e a capacitação dos docentes são particularidades da instituição bem avaliadas e, contrapondo aos aspectos insatisfatórios, corroboram para uma melhor percepção dos discentes acerca do curso de Engenharia Civil.

**Palavras-chave:** Engenharia Civil. Avaliação. Estudantes. Qualidade de Ensino.

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma visão crítica acerca do ensino oferecido por uma instituição, aliado ao reconhecimento das qualidades e às propostas de soluções para as possíveis falhas existentes, são pontos importantes para a adequação de um curso. Sendo assim, a fim de avaliar o curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto, com foco nos destaques positivos bem como nas falhas e suas possíveis melhorias, foram desenvolvidos e aplicados questionários para os alunos do curso.

A Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), fundada em 21 de agosto de 1969, abriga hoje a Escola de Minas, idealizada em 1876 e que possui 9 cursos de Engenharia e um curso de Arquitetura e Urbanismo. Dentre esses, há o curso de Bacharelado em Engenharia Civil, criado em 1891. Segundo a própria Universidade, o curso tem como objetivo formar profissionais aptos a projetar, executar e gerenciar todas as etapas de uma construção civil.

A Engenharia Civil na UFOP é compreendida por 10 semestres, sendo os 4 primeiros dedicados primordialmente ao ensino básico da engenharia geral e os 6 seguintes ao ensino profissionalizante. Os alunos permanecem vinculados à instituição por aproximadamente 5 anos e possuem, portanto, aptidão para avaliar pontos relacionados ao curso.

Levando isso em consideração, o formulário foi elaborado virtualmente na plataforma SurveyMonkey e aplicado ao longo do mês de outubro do ano de 2017 através do envio de e-mail para cada estudante do 2º ao 10º período de Engenharia Civil da UFOP. Seu preenchimento não foi obrigatório e obteve-se um total de 212 estudantes que participaram da avaliação.

Por meio de estatística descritiva (média ponderada e frequência), foi possível analisar as respostas de todos os alunos e, então, interpretar a situação atual do curso.

Notou-se que o curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto possui pontos positivos consolidados e perpetuados pela instituição ao longo dos anos. Entretanto, outros pontos relacionados à grade curricular, à didática dos docentes, ao apoio da instituição para atividades extracurriculares, entre outros, necessitam de modificações. Foi percebido que tais ajustes, muitas vezes, reincidentem na desatualização do curso.

## 2 IMPRESSÕES DOS ALUNOS SOBRE O CURSO

Para início de análise do ensino de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto, fora necessário compreender os motivos pelos quais os alunos optam pelo curso nessa instituição e, por conseguinte, compreender o que torna o curso de Engenharia Civil da UFOP atrativo. Sendo assim, foi apresentada a seguinte pergunta: "O que te levou a escolher o curso de Engenharia Civil da UFOP?". Mais de uma alternativa pôde ser escolhida, podendo ser observado que o renome do curso ou da instituição foi a mais expressiva, representada por 68,42% de um total de 354 respostas. O fato de a Universidade ser a opção mais próxima para os estudantes foi representado por 30,70% das respostas; ser a mais viável financeiramente foi representada por 21,93%; ter sido uma indicação, 15,79%; ter sido a única opção, 5,70%; e outros motivos, 8,77% das respostas. Assim, é notório o reconhecimento externo do curso, já que, se os itens de indicação e renome do curso ou da instituição forem somados, totalizam mais de 80% de representatividade.

A história e a tradição herdadas por uma Universidade existente desde 1969, com um curso de Engenharia Civil em funcionamento desde 1891, influenciam e provêm prestígio ao mesmo. Guiado por esse raciocínio, o renome de uma instituição pode ser entendido como uma classificação positiva para o curso.

### 2.1 IMPRESSÕES DOS ALUNOS DURANTE O CURSO

Levando em consideração a vivência e uma visão global – e ao mesmo tempo mais aprofundada – dos que estão inseridos no meio em questão, foi feita a pergunta "Como você classifica o curso de Engenharia Civil da UFOP?" aos alunos do 5º ao 10º período, sendo 1 a menor e 5 a maior nota para a resposta. Observou-se que a nota 3 correspondeu à 46,51% de um total de 129 respostas e a nota 4 à 41,08%, ao passo que a nota 2 correspondeu à 7,75%, a nota 5 à 2,33% e a nota 1 à 2,33%. Portanto, para os alunos do 5º ao 7º período, a nota média de avaliação foi 3,30. Do 8º ao 10º período, o resultado final não ficou muito distante, 3,35.

É possível correlacionar tais notas com o último Conceito Preliminar de Curso (CPC) divulgado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). O CPC indica a qualidade dos cursos de graduação, tendo como parâmetros o valor agregado pelo processo formativo, os insumos referentes às condições de oferta do curso, seguindo a orientação técnica aprovada pela Comissão Nacional de Avaliação Superior (Conaes), e a avaliação de desempenho dos estudantes, realizado pelo Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade). Para o curso de Engenharia Civil na UFOP, o CPC obtido do ano de 2014 foi 3,00 (INEP, 2018). Isso difere apenas 0,35 da avaliação dos alunos do 8º ao 10º período.

## 2.2 PERCEPÇÕES DO ENSINO BÁSICO E PROFISSIONALIZANTE PELOS ALUNOS

Após entender os motivos que levaram os alunos a escolherem o curso na instituição e como esses o classificam de modo geral, buscou-se compreender, de forma mais aprofundada, seus posicionamentos. Foram avaliadas suas percepções em relação aos professores do ciclo básico e do ciclo profissionalizante do curso.

Ao serem questionados sobre os docentes que ministram as disciplinas do 1º ao 4º período, com respeito à didática, organização, domínio do conteúdo, conteúdos atualizados, interdisciplinaridade, coerência em avaliações, cumprimento dos programas segundo as ementas e disponibilidade para atendimento, foi observado que, para mais de 50% das 193 respostas obtidas de alunos do 2º ao 10º semestre, todos os fatores abordados obtiveram classificação de regular a bom dentro de uma escala incluindo péssimo, ruim, regular, bom e ótimo. Dessa forma, evidencia-se uma avaliação positiva para o processo de ensino e aprendizagem durante os períodos iniciais do curso.

Sobre a avaliação dos professores do 5º ao 7º período, obteve-se 138 respostas de alunos que cursam do 5º ao 10º semestre do curso. Nesse sentido, aspectos como domínio do conteúdo, disponibilidade para atendimento e cumprimento dos programas disciplinares segundo as ementas, obtiveram destaque ao serem classificados como "bom" por mais da metade dos questionados. Por outro lado, por aproximadamente 60% dos referidos respondentes, fatores como conteúdos atualizados, interdisciplinaridade, conteúdo prático, uso e aproveitamento de laboratórios foram classificados entre ruim e regular, evidenciando uma necessidade de melhoria em tais aspectos.

A Tabela 1 explicita detalhadamente essas nuances observadas nas respostas dos alunos do 5º ao 10º período sobre a avaliação dos quesitos referentes aos docentes do 5º ao 7º semestre.

Tabela 1 - Opinião dos alunos do 5º ao 10º semestre para a pergunta "Como você classifica os professores com os quais cursou disciplinas do Ciclo Básico Profissionalizante?"

	PÉSSIMO	RUIM	REGULAR	BOM	ÓTIMO
Didática	3,62%	9,42%	49,27%	34,06%	0,00%
Organização	2,90%	5,80%	43,48%	42,03%	1,45%
Domínio do conteúdo	0,72%	2,90%	21,02%	52,90%	18,84%
Conteúdos atualizados	6,52%	26,09%	35,51%	24,64%	2,90%
Interdisciplinaridade	8,69%	28,26%	31,16%	23,91%	3,62%
Conteúdo prático	18,12%	27,53%	31,16%	17,39%	0,72%
Uso e aproveitamento de laboratórios	13,77%	28,26%	31,16%	19,56%	2,17%
Coerência em avaliações	4,35%	10,87%	42,75%	34,78%	1,45%
Cumprimento dos programas segundo as ementas	0,72%	3,62%	26,09%	53,62%	10,87%
Disponibilidade para atendimento	3,62%	6,52%	21,02%	50,73%	13,77%

Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

Ao avaliar os docentes que ministram disciplinas para alunos do 8º ao 10º período, 90 opiniões foram analisadas. O domínio do conteúdo foi um fator que sobressaiu ao ser classificado como bom ou ótimo por

mais de 70% dos envolvidos. Além disso, como fator de destaque negativo, o uso de softwares foi classificado como ruim ou péssimo para mais de 60% das respostas. O conteúdo prático também foi classificado como ruim ou péssimo por mais de 50% da classe de alunos e o uso e aproveitamento de laboratórios obteve 70% de respostas que variaram entre regular e péssimo. Os outros fatores obtiveram classificação predominantemente regular e boa como mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Opinião dos alunos do 8º ao 10º semestre para a pergunta "Como você classifica os professores com os quais cursou disciplinas do Ciclo Básico Profissionalizante?".

	PÉSSIMO	RUIM	REGULAR	BOM	ÓTIMO	NÃO SEI
Didática	4,44%	14,44%	30,00%	40,00%	4,44%	6,67%
Organização	2,22%	12,22%	27,78%	46,67%	4,44%	6,67%
Domínio do conteúdo	0,00%	5,56%	15,56%	51,11%	20,00%	7,78%
Interdisciplinaridade	7,78%	23,33%	28,89%	30,00%	3,33%	6,67%
Conteúdos atualizados	12,22%	23,33%	27,78%	25,56%	4,44%	6,67%
Uso de softwares	46,67%	14,44%	22,22%	8,89%	0,00%	7,78%
Conteúdo prático	28,89%	26,67%	23,33%	12,22%	2,22%	6,67%
Uso e aproveitamento de laboratórios	23,33%	23,33%	24,44%	18,89%	2,22%	7,78%
Coerência em avaliações	0,00%	5,56%	30,00%	53,33%	1,11%	10,00%
Cumprimento dos programas segundo as ementas	1,11%	1,11%	24,44%	54,44%	10,00%	8,89%
Disponibilidade para atendimento	2,22%	4,44%	23,33%	51,11%	11,11%	7,78%

Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

Em vista desta situação, fica evidenciada a necessidade de melhoria para fatores como conteúdo prático e uso e aproveitamento de laboratórios, sendo estes já observados na avaliação dos professores do 5º ao 8º período do curso. Junto a tais fatores, se associa a carência de ações que promovam a maior utilização de softwares nas disciplinas.

### 3 PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DO CURSO NA VISÃO DOS ALUNOS

Ao serem solicitados a citar os pontos positivos e negativos observados acerca do curso em uma resposta de cunho dissertativo, os discentes apresentaram opiniões diversificadas. Para tanto, estas foram avaliadas a fim de definir tendências positivas e negativas.

Ao verificar os pontos prós, foi notada a predominância das opiniões quanto à satisfação com respeito à infraestrutura do curso, ressaltando a existência de bons laboratórios e salas equipadas disponíveis para utilização. Em sequência, a existência de atividades extracurriculares foi bem avaliada em vista da presença de segmentos estudantis e de oportunidades de desenvolvimento de trabalhos nos laboratórios da instituição. A capacitação dos professores foi um aspecto abordado, junto do bom reconhecimento da sociedade quanto à existência e ao retorno que o curso propicia à região. Para exemplificar tais características positivas, a Figura 1 ilustra, à esquerda, a situação na qual as palavras com maior destaque indicam uma maior frequência de resposta.

Figura 1 – Pontos positivos (à esquerda) e pontos negativos (à direita) do curso citados pelos alunos.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

Sobre os pontos negativos, o fator que obteve destaque entre as respostas foi a ausência de didática de parte do corpo docente do curso, evidenciando a necessidade de se trabalhar métodos e alternativas para melhorar tal aspecto. Em seguida, a falta de atividades práticas nas disciplinas, bem como de ensino de softwares, foram os fatores relevantes. Tal fato foi ainda intensificado nas respostas apresentadas pelos alunos pertencentes à fase final do curso, dos quais alguns se afirmaram deficientes em tais aspectos quando comparados a outras instituições.

Seguindo essa análise, a forma como as disciplinas são ministradas carece de uma ponderação entre as necessidades atuais do mercado e da sociedade, sendo um fato citado por discentes pertencentes ao 2º até o 10º período. Esse fator está atrelado ao também citado questionamento referente ao excesso de atividades teóricas do curso. Logo, fica reforçada a necessidade de desenvolver ações práticas que objetivem, proponham e implementem atividades ilustrando a atuação no mercado de trabalho, como comentado anteriormente. Outro aspecto também citado pelos alunos foram os problemas burocráticos do departamento quanto à tomada de decisões e às ações, repercutindo nas relações entre professores e, conseqüentemente, no aprendizado dos alunos.

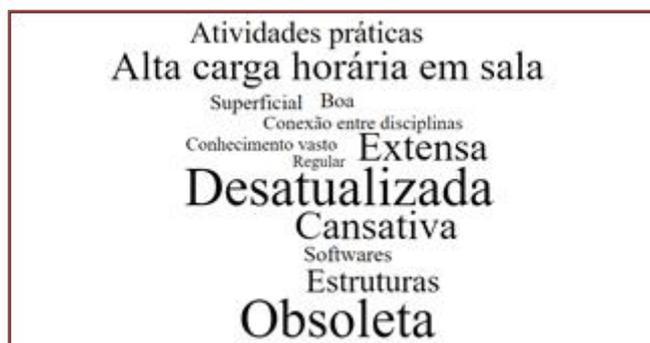
Fatores como necessidade de visitas técnicas, projetos de extensão, oportunidade de estágio e outros aspectos foram citados em algumas respostas. Contudo, não foram tão recorrentes quanto as mencionadas anteriormente. A Figura 1 retrata, à direita, o grau de importância para cada fator abordado pelos alunos, na qual as palavras com maior destaque indicam uma maior frequência de resposta.

#### 4. OPINIÃO DOS ALUNOS SOBRE A GRADE CURRICULAR VIGENTE

Com o propósito de coletar pareceres acerca da grade curricular vigente, foi solicitado que todos os alunos respondessem à pergunta “Comente sua opinião com relação à grade curricular da Engenharia Civil da UFOP”. Foram avaliadas 128 respostas dissertativas a fim de se reunir as tendências observadas.

Apesar de algumas opiniões classificarem a grade curricular atual como boa ou regular, o fator mais citado foi a desatualização e a obsolescência da mesma, mostrando a necessidade de renovação de abordagens, aulas e metodologias de ensino de acordo com as necessidades e exigências das gerações, dos avanços tecnológicos e do mercado. A inclusão de disciplinas eletivas, o uso de softwares em aulas e principalmente a inclusão de atividades práticas e visitas técnicas (não somente laboratoriais), foram anseios e sugestões dentro da percepção dos respondentes. Além disso, a má distribuição de disciplinas entre o ciclo básico e o ciclo profissionalizante, a desarmonia entre o conteúdo ministrado e as respectivas ementas e a desconexão entre as disciplinas ministradas ao longo de todo o curso, foram nuances mencionadas. Sendo assim, uma reavaliação das ementas e do papel das respectivas disciplinas para constante evolução do ensino se fazem necessários. A incidência das respostas pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 – Pontos levantados pelos alunos sobre a grade curricular.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

Por conseguinte, toca-se no ponto da distribuição da carga horária de disciplinas teóricas e práticas. A primeira foi considerada, por alunos de todos os períodos, excessiva frente à segunda, considerada insuficiente. No geral, a carga horária em sala de aula foi classificada como alta, cansativa e extensa. Devido a esta desproporcionalidade, algumas opiniões mencionaram a dificuldade e inviabilidade de se capacitar e compensar este déficit através de atividades extracurriculares, como um estágio.

No geral, os alunos classificaram a grade curricular como ampla. Todavia, as opiniões se dividem entre esta ser capaz de oferecer um vasto conhecimento sobre toda a Engenharia Civil e, ao mesmo tempo, ser superficial e generalista demais, não proporcionando ao aluno um conhecimento suficiente para futura atuação em uma das áreas. Foi mencionado, com frequência significativa, o quanto a grade é focada em certas áreas de forma desigual, mesmo sendo considerada viabilizadora de uma formação generalista. Predominantemente, a área de Estruturas foi mencionada como tendo uma carga horária de disciplinas excessiva, ao passo que as áreas de Transportes, Geotecnia e Construção Civil deixam a desejar neste aspecto.

## 5. PERCEPÇÕES DAS ATIVIDADES EXTRACURRICULARES DO CURSO PELOS ALUNOS

Além do envolvimento com ensino, pesquisa e extensão, a participação em entidades, organizações e movimentos estudantis proporciona enorme crescimento aos estudantes de graduação. Quando questionados com a pergunta “Você participou ou participa de atividade(s) extracurricular(es) relacionada(s) ao curso?”, 130 pessoas de um total de 186 respostas, afirmaram já ter participado ou estarem participando, o que corresponde a cerca de 70%.

A maior parte (34,41%) é conferida à iniciação científica, seguida pela empresa júnior (25,27%), programas de monitoria (18,28%), projetos de extensão (11,29%), centro acadêmico (9,68%), programa de educação tutorial (9,68%), dentre outros. É importante salientar que a mesma pessoa pode participar ou já ter participado de duas ou mais atividades extracurriculares. Sendo assim, estes números representam uma porcentagem relativa e não exclusiva.

Para um aprofundamento nesse tópico, além de verificar o empenho dos estudantes com as atividades extracurriculares, buscou-se entender como é o apoio e respaldo oferecido pelos órgãos e docentes da instituição. A maioria dos participantes das atividades de iniciação científica, monitoria e programa de educação tutorial classificaram como moderado para a pergunta “O quanto você julga que essas atividades têm apoio e respaldo dos professores e da Universidade?”, cujas respostas poderiam ser nulo, escasso, moderado e suficiente. No entanto, a maioria dos alunos participantes de projetos de extensão, empresa júnior e centro acadêmico consideraram escasso.

Além disso, é experimentada no ambiente acadêmico uma disparidade entre atividades vinculadas ao ensino e pesquisa – mais apoiadas e promovidas, ainda que de forma insuficiente – e as demais atividades. Isso constata que ainda não é realidade o reconhecimento pleno das atividades extracurriculares por parte da Universidade, demonstrando uma incoerência da instituição diante destas iniciativas, visto que a maioria absoluta dos participantes afirma que as mesmas proporcionam excelentes experiências. Nesse sentido, faz-se necessário o debate do papel da Universidade e o real impacto de suas ações e decisões.

## 6. IMPRESSÕES DOS ALUNOS SOBRE O MÉTODO DE ENSINO DO CURSO

Visto que a maior carga horária acadêmica é despendida em atividades obrigatórias, a qualidade da grade curricular está intimamente relacionada com a possibilidade de os alunos obterem um aprendizado teórico integrado com a aplicação das tecnologias contemporâneas, levando em consideração o desenvolvimento de traços relevantes à sua inserção no mercado de trabalho. Sendo assim, os alunos foram questionados a respeito das oportunidades proporcionadas nas disciplinas obrigatórias em relação aos parâmetros de aprendizagem inovadora; aprendizagem de softwares; acesso a conhecimentos atualizados (ou contemporâneos); desenvolvimento de argumentação e reflexão; desenvolvimento de autonomia e liderança; trabalho em equipe e empreendedorismo.

Foi possível perceber que, exceto pelo quesito “Trabalho em equipe”, mais de 50% dos questionados acreditam que esses fatores são escassos ou nulos, podendo-se questionar a integração do aprendizado para a melhor formação do aluno como futuro profissional.

Buscando correlacionar esses dados às formas de aprendizagem que são proporcionadas aos alunos durante o curso, foi também indagada a forma de estudo utilizada pelos mesmos, e verificou-se que, para a pergunta "Em relação aos estudos, o quão proveitoso e/ou relevante você considera: as aulas, cadernos e anotações, livros, videoaulas, materiais digitais e provas anteriores", 30,65% acredita que as aulas, base do modelo de ensino aplicado em grande parte do país e na UFOP, são irrelevantes, pouco relevantes ou indiferentes. Também foi visto que os materiais associados à tecnologia vêm ganhando espaço no ambiente acadêmico: 52,56% acreditam que videoaulas são relevantes ou muito relevantes, e essa porcentagem em relação a materiais digitais cresce para 88,32%. Entretanto, os materiais físicos convencionais ainda mantêm seu espaço: 86,86% consideram cadernos e anotações relevantes ou muito relevantes, enquanto 74,45% fazem a mesma constatação em relação aos livros. A grande maioria, 89,78% acredita que provas antigas são relevantes ou muito relevantes.

Este último número pode ser interpretado no contexto avaliativo, no qual avaliações escritas são tidas como prioridade e, em consequência disso, o aluno busca a aprovação por meio do foco em questões que podem ser avaliadas e não pelo conhecimento da disciplina em si. É válido também questionar esse valor aliado à baixa relevância das aulas expositivas, demonstrando a incoerência do que é ensinado e o que é avaliado. A natureza desta pode ser relacionada aos parâmetros já analisados quanto aos professores nas Tabelas 1 e 2, em especial os dados a respeito da didática e da coerência em avaliações.

A Tabela 3 apresenta os dados coletados sobre as oportunidades propiciadas nas atividades obrigatórias.

Tabela 3 - Opinião dos alunos para a pergunta “Nas atividades obrigatórias, o quanto lhe foram propiciadas oportunidades de:”

PARÂMETROS	NULO	ESCASSO	MODERADO	ABUNDANTE	EXCESSIVO
Aprendizagem inovadora	10,64%	47,88%	35,11%	5,85%	0,53%
Aprendizagem de softwares	15,96%	57,98%	24,47%	1,59%	0,00%
Acesso a conhecimentos atualizados e/ou contemporâneos	5,85%	48,93%	37,77%	6,91%	0,53%
Desenvolvimento de argumentação e reflexão	13,83%	42,02%	37,76%	5,85%	0,53%
Desenvolvimento de autonomia e liderança	21,81%	47,87%	23,94%	5,85%	0,53%
Trabalho em equipe	3,72%	27,13%	46,81%	20,74%	1,60%
Empreendedorismo	40,96%	40,96%	14,89%	2,13%	1,06%

Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

## 7. OPINIÕES DOS ALUNOS SOBRE AS DISCIPLINAS OBRIGATÓRIAS DO CURSO

Com relação às disciplinas obrigatórias da grade curricular do curso, de acordo com a opinião dos discentes que participaram, para a pergunta “Existe alguma disciplina que você considere dispensável da grade curricular obrigatória? Se sim, qual(is)?”, 36 disciplinas, de um total de 65, seriam dispensáveis. Apesar de aparentemente preocupante, este número (36) deve ser analisado não apenas de forma quantitativa, já que algumas disciplinas foram citadas em raras ocasiões das 150 respostas obtidas.

Partindo dessa premissa, as disciplinas que obtiveram os números mais representativos foram: Educação Física e Desportos 1 (104 respostas, ou seja, 69,33% consideram dispensável), Educação Física e Desportos 2 (107 - 71,33%), Introdução a Filosofia da Ciência das Ideias (57 - 38%) e Física 4 (31 - 20,67%). Todas elas possuem conteúdos que não estão diretamente relacionados à engenharia civil, o que explica a aversão dos discentes quanto à sua obrigatoriedade.

Além disso, para algumas disciplinas, foi apresentado como problema a metodologia de ensino, o conteúdo programático e a carga horária, ou seja, a relevância da disciplina não foi alvo de discussão. Alguns exemplos são a união de Geometria Analítica e Cálculo Vetorial com Introdução à Álgebra Linear em uma única disciplina, muito comum em outros cursos de engenharia, inclusive da UFOP. Outra sugestão é a redução de duas para uma disciplina de Economia bem como Organização e Administração.

Seguindo esse raciocínio de aprimoramento das disciplinas, foi perguntado sobre a necessidade de ser acrescentada alguma disciplina obrigatória à matriz curricular do curso. Novamente foi possível perceber a necessidade de integração entre avanço tecnológico e ensino, dado que, para a pergunta "Existe alguma disciplina que você considere relevante adicionar à grade curricular obrigatória? Se sim, qual(is)?", a inclusão de disciplinas relacionadas à softwares foi citada em 35 das 104 respostas, tanto por alunos de períodos mais avançados quanto por calouros. Disciplinas relacionadas à gestão de obras foram citadas 29 vezes, e disciplinas específicas compatíveis com a demanda atual da engenharia civil, como patologia das construções e construções em concreto foram citadas 14 e 13 vezes, respectivamente. Ou seja, vê-se um consenso na necessidade de implantação de disciplinas com uma menor carga teórica e mais aplicações práticas.

## 8. OPINIÕES DOS ALUNOS SOBRE A NATUREZA DO CURSO

Atualmente, as Universidades ainda mantêm suas divergências quanto à natureza (generalista ou com ênfase em uma das grandes áreas da Engenharia Civil) da grade curricular e interferem, portanto, na liberdade concedida ao aluno para direcionar ou não sua trajetória ao longo da graduação. Assim, a partir das opiniões exibidas através das respostas às questões abertas aplicadas, é possível observar certo equilíbrio entre a preferência de todos os alunos respondentes quanto ao modelo de estrutura pedagógica da grade curricular. Ademais, apesar de se caracterizar por uma grade curricular generalista, a de Engenharia Civil da UFOP comporta significativa parcela da carga horária de suas disciplinas na área de Estruturas.

Das 173 respostas coletadas para a pergunta "Na sua opinião, qual estrutura pedagógica (em relação à grade curricular de um curso de Engenharia Civil) promove uma melhor formação dos alunos e se adequa melhor às exigências do mercado de trabalho atual?", aproximadamente 55% delas refletiram uma preferência dos estudantes por uma formação de Engenheiro Civil especialista com ênfase em uma área de conhecimento específica ao final do curso. Em contrapartida, quase 45% refletiram uma preferência por uma formação generalista do curso, obtendo conhecimento básico de todas as grandes áreas de conhecimento da Engenharia Civil.

## 9. CONCLUSÃO

Nesse trabalho pôde-se observar o processo de análise e compreensão das opiniões dos estudantes de Bacharelado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto perante o curso. A opinião dos alunos pode contribuir para uma adequação do curso, além de propiciar um esclarecimento maior quanto aos desafios enfrentados pela instituição para alcançar as melhorias necessárias.

Assim, a partir da realização do questionário para os alunos de engenharia civil da instituição de ensino e da análise dos dados obtidos, pode-se concluir que, apesar de alguns pontos favoráveis, há muito a aprimorar. Nota-se nitidamente que a necessidade de atualização e avanço tecnológico nos meios de ensino, bem como o aumento das aulas práticas são itens constantemente levantados pelos estudantes.

Apesar disso, os fatores de renome do curso ou instituição, a infraestrutura, a variedade de atividades extracurriculares e a capacitação dos professores são pontos fortes e favoráveis do curso. No entanto, entende-se que as primeiras impressões boas se enfraquecem quando os estudantes ingressam academicamente e mantêm um contato constante com a instituição.

Os problemas detectados apresentados pelos alunos e na análise do formulário são passíveis de serem sanados. A reforma pontual de quesitos como carga horária prática e teórica, didática dos professores com incidência na interdisciplinaridade, apoio em atividades extracurriculares, método de ensino e disciplinas obrigatórias presentes na grade curricular, mostra-se pertinente e adequada.

## REFERÊNCIAS

- [1] CADASTRO E-MEC DE INSTITUIÇÕES E CURSOS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR, E-MEC. Detalhes do Curso - (586) Bacharelado em Engenharia Civil. Disponível em: <http://emec.mec.gov.br/emec/consulta-cadastro/detalhamento/d96957f455f6405d14c6542552b0f6eb/Ng==/c1b85ea4d704f246bcced664fdaeddb6/RU5H RU5IQVJJQSBDSVZJTA==>. Acesso em: 9 jan. 2018.
- [2] INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, INEP. Conceito Preliminar de Curso (CPC). Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/conceito-preliminar-de-curso-cpc->. Acesso em: 17 fev. 2018.

# Capítulo 7

## *FORMAÇÃO DOCENTE: O NOVO DESAFIO PARA O ENSINO TÉCNICO DE ELETROMECAÂNICA – IFBA – CAMPUS SIMÕES FILHO*

*Esly César Marinho da Silva  
Claudia Cunha Torres da Silva  
Solange Dias de Santana Alves  
José Jorge Mendes de Freitas*

**Resumo:** A crescente demanda por profissionais técnicos, principalmente, nas áreas industriais tem alavancado sérias discussões sobre a falta deste profissional no mercado, bem como a qualidade de sua formação. Sabe-se que a maior parte dos docentes que lecionam nos cursos técnicos nas áreas industriais (mecânica, automação industrial, eletromecânica, eletrotécnica, etc.) são engenheiros ou tecnólogos. Estes próprios profissionais têm percebido que a formação docente e continuada é de fundamental importância para atuação na educação básica, pois, se trata de um público específico, e muitos buscam a formação docente após a conclusão do curso. O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, IFBA, campus Simões Filho visando atender aos aspectos legais como: o percentual de 20 % do total de vagas destinada ao Instituto para cursos de licenciaturas, previstos na Lei 11.892, os termos do § 1º do artigo 62 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB;) e atualmente a Resolução Nº 2 de 1 de julho de 2015 (que trata das diretrizes curriculares nacionais para formação inicial em nível superior), a partir do segundo semestre de 2011 oferece o Curso de Licenciatura em Eletromecânica para egressos do nível médio. Este artigo tem o objetivo de apresentar o curso de Licenciatura em Eletromecânica do IFBA, campus Simões Filho mostrando as principais características, a demanda por estes profissionais, que ao lado da formação continuada de Engenheiros e Bacharéis estarão aptos para a docência da educação básica.

**Palavras-chave:** Formação docente, educação profissional, Eletromecânica, Licenciatura.

## 1 INTRODUÇÃO

A formação docente na educação profissionalizante constitui-se em um dos principais entraves para o atendimento à legislação em vigor, Resolução 2/2015, que trata as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciaturas, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura), além da formação continuada. Quando da constituição dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, através da Lei 11.892 de 29 de dezembro de 2008, ficou estabelecido que, entre seus objetivos, está a oferta de cursos em nível de educação superior na modalidade licenciatura, no percentual mínimo de 20% do total de vagas.

A política federal de valorização do ensino profissionalizante foi intensificada no período de 2010 a 2016, com a ampliação da rede federal de educação técnica e tecnológica em todo o país, além de ações como o PRONATEC, programa Brasil Profissionalizado, rede e-Tec, mulheres mil, profuncionário, etc., além do fortalecimento e ampliação da educação profissional e tecnológica integrada ao ensino médio nas redes estaduais, em parceria com o governo federal. Outras ações como o FIES Técnico e Empresa tem como objetivo financiar cursos técnicos e cursos de formação inicial e continuada ou de qualificação profissional para estudantes e trabalhadores em escolas técnicas privadas e nos serviços nacionais de aprendizagem – SENAI, SENAC, SENAT, SESC e SENAR.

Mesmo no momento, início do ano de 2018, o governo federal lançou editais para o programa MEDIOTECH, que nada mais é que uma ação do Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC) que oferta cursos técnicos simultâneos/concomitantes com os cursos de nível médio, que serão executados em parceria com a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) e as Redes Públicas Estaduais e Distrital de Educação (RPEDE), além das instituições privadas de ensino técnico de nível médio.

O número de cursos técnicos de nível médio ofertados pelo estado da Bahia passou de 15, em 2007, para 80 em 2013, em 12 Eixos Tecnológicos, que permanecem até os dias de hoje, distribuídos em Centros Territoriais de Educação Profissional, Centros Estaduais de Educação Profissional e Centros de Educação Profissional. Na rede, são ofertadas diferentes formas de articulação: Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio (EPI), Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio para Jovens e Adultos (Proeja Médio), Qualificação Profissional Integrada ao Ensino Fundamental II (Proeja Fundamental), Subsequente (Prosub) e concomitante. Estão em implantação, o Proeja Médio e Proeja Fundamental em Regime de Alternância e o subsequente semipresencial.

Diante do constante crescimento em busca de profissionalização, a formação docente para atender esta demanda precisa possuir um perfil diferenciado, pois, além de transmitir conhecimentos técnicos, o docente deve levar em consideração: o pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas, valorização da experiência extraescolar, o trabalho e as práticas sociais, o respeito e a valorização da diversidade étnico-racial, educação dos direitos humanos, educação inclusiva, formação sólida e práticas interdisciplinares, entre outras, de modo que atenda as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, bem como a Resolução 06 de 20 de setembro de 2012 Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de Nível Médio, e a Resolução CNE/CP nº 2, de 1 de julho de 2015.

Machado (2008) em seu artigo Diferenciais Inovadores na Formação de Professores para a Educação Profissional destaca a relevância de formar professores para atuar na educação profissional, sendo a criação de licenciaturas para esta modalidade uma necessidade urgente. Segundo a autora “a carência de pessoal docente qualificado tem se constituído num dos pontos nevrálgicos mais importantes que estrangulam a expansão da educação profissional no país”.

Com esta perspectiva o IFBA, no mês de fevereiro de 2018, lançou um edital interno com a Diretoria de Educação a Distância da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e as Secretarias de Educação do Estado e Municípios, mantenedoras dos Polos de apoio presencial integrantes do Sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB) processo seletivo simplificado para seleção de professores não licenciados para o curso de Formação Pedagógica e desta forma atender a Meta 15 do Plano Nacional da Educação (PNE 2014-2024) que visa garantir a todos os professores da educação básica formação em curso de licenciatura de nível superior na área em que atuam.

Além desta ação, principalmente na área de Eletromecânica, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, campus Simões Filho, procurou atender a legislação específica para os Institutos Federais, com a criação de cursos de licenciatura (20 % do total de vagas destinada ao campus) previstos na Lei 11.892, os termos do § 1º do artigo 62 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e atualmente a Resolução Nº 2 de 1 de julho de 2015, a partir do primeiro semestre de 2011, oferta o Curso

de Licenciatura em Eletromecânica que trata da formação inicial docente destinada para o ensino básico e técnico.

## 2 CRESCIMENTO DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

A política federal de valorização do ensino profissionalizante vem intensificando a ampliação de escolas técnicas em todo o país, sendo que atualmente conta-se com 644 campi em 512 municípios atendidos. Percebe-se que o governo investe na criação de cursos técnicos nas escolas públicas já existentes e articula a criação de uma rede própria de Educação Profissional.

Com a aprovação do Plano Nacional de Educação (PNE), as entidades federativas, bem como as instituições de ensino, principalmente, as de educação profissional, possuem um norteamento estratégico para elaboração e criação de novos cursos. Uma das metas consiste em triplicar as matrículas da Educação Profissional Técnica de nível médio, assegurando a qualidade da oferta e pelo menos 50% da expansão no segmento público.

Figura 1 – Metas para matrículas na educação profissional

Figura 2 – Metas para expansão de matrículas na educação profissional



Considerando que o Ensino Médio se oferece pouco atrativo aos jovens por ser muito focado no preparo para o vestibular, quando muitos deles procuram de fato um trabalho remunerado, uma possível saída seria a ampliação da oferta de cursos de nível médio profissionalizante, aproveitando a própria vocação local do município de Simões Filho, além da política federal de valorização do ensino profissionalizante estar vivenciando a maior expansão de sua história.

A carência de professores da área técnica com habilitação em nível superior e formação pedagógica não é algo novo. A Lei nº 5.540/68 e posteriormente a portaria ministerial 339/70, já tratavam de organizar e coordenar através do MEC, a implementação do curso denominado de Esquema I, que incluíam complementação pedagógica para os portadores de diplomas de nível superior.

Segundo Carvalho (2014) a formação de graduados, com habilitação em licenciatura, permite ao profissional do ensino, tomar conhecimento dos assuntos relativos ao exercício docente em sala de aula, bem como articular esses conhecimentos ao conjunto de conceitos relacionados à prática educativa mais geral, que corresponde ao planejamento organizacional e a identificação de necessidades dos sujeitos individuais (alunos) e coletivos (instituições).

Pena (2014) tratou em sua pesquisa das práticas e desafios de professores de cursos técnicos na rede federal, e na maioria das entrevistas realizadas, os participantes informaram que o mestrado foi relevante não só pelos conhecimentos adquiridos, mas também pela possibilidade de observar a forma como seus professores trabalhavam, sua relação com os alunos e suas metodologias de ensino, sendo, portanto, suas referências metodológicas.

Desta forma, docentes mal qualificados, tem se tornado umas das principais limitações para a expansão da educação profissional no país. A formação inicial e continuada destinam-se à preparação e ao desenvolvimento de profissionais para funções de magistério na educação básica em suas etapas – educação infantil, ensino fundamental, ensino médio – e modalidades – educação de jovens e adultos, educação especial, educação profissional e técnica de nível médio, educação escolar indígena, educação do campo, educação escolar quilombola e educação à distância – a partir de compreensão ampla e contextualizada de educação e educação escolar, visando assegurar a produção e difusão de conhecimentos de determinada área (Resolução nº 2, CNE/CP, 2015).

Assim sendo, deseja-se que o docente da educação profissional saiba articular conhecimentos técnico-pedagógicos, juntamente com a experiência profissional, tornando-se capaz de exercer a profissão de docente com a competência que o ofício exige, nos mais diversos campos do conhecimento e nos mais variados contextos sociais.

As licenciaturas têm sido apontadas como absolutamente essenciais por serem um espaço privilegiado da formação docente inicial e pelo importante papel que pode ter na profissionalização docente, para o desenvolvimento de pedagogias apropriadas às especificidades da educação profissional, o intercâmbio de experiências no campo da educação profissional, o desenvolvimento da reflexão pedagógica sobre a prática docente nesta área, a responsabilidade do professor, etc. (Machado, 2008).

### **3 LICENCIATURA EM ELETROMECAÂNICA: PERFIL DOCENTE**

A formação pedagógica de professores engenheiros tem sido alvo de diversos estudos que tratam de diversas temáticas sobre: a inserção deste profissional no meio acadêmico, a aplicação de novas metodologias de ensino, reflexão permanente sobre os saberes da docência, sobre a educação do ensino da engenharia, novos desafios no ensino de engenharia, construção da prática pedagógica, entre outros. (BAZZO, 2000; PINTO, 2012; VALDIERO, 2006; PEREIRA, 2012)

Verifica-se em quase sua totalidade que os professores que lecionam disciplinas das áreas técnicas, em específico, as áreas industriais, suas formações acadêmicas de nível superior decorrem dos cursos de engenharia e tecnólogos. Diante deste perfil, muitos destes docentes percebem-se em ambientes muito distintos dos quais foram formados, uma vez que os saberes e conhecimentos não foram alinhados para o efetivo exercício da docência. É de extrema importância a relação dos professores com os saberes e a valorização dos saberes da experiência, pois constituem os fundamentos da prática e da competência profissional, (TARDIF, 2002).

Sabe-se no que o quadro docente do IFBA é qualificado, pois o ingresso no instituto está pautado em um processo de seleção. O que se coloca imprescindível, neste momento, é a ruptura do papel do engenheiro ou tecnólogo para assumir um novo papel: o papel de docente.

Tornar-se docente não é simplesmente começar a ministrar aulas. É um processo muito mais complexo, de construção de saberes capazes de aprender e de buscar caminhos e soluções para os mais variados enfrentamentos da prática docente, do processo de ensinar. Assim, muito embora seja indissociável a construção do profissional professor com sua prática em sala de aula, há a necessidade de um aprofundamento reflexivo anterior ou simultâneo à essa prática, que o subsidie para a busca de caminhos e o instrumentalize nas necessidades do seu cotidiano docente, (BONILAURE & RESENDE, 2013).

Lidar com o inesperado para o professor é algo que faz parte do cotidiano, ou seja, lidar com questionamentos, dúvidas, respostas incompletas, perguntas inesperadas, resultados incertos e críticas, além do tratamento interdisciplinar e dialético de todo o processo de ensino-aprendizagem. A licenciatura tem um papel fundamental na formação inicial do professor, independentemente de qual seja a área de trabalho.

O curso de Licenciatura em Eletromecânica tem o objetivo de licenciar professores para o ensino de disciplinas técnicas na área de eletromecânica, tais como: eletricidade; tecnologia dos materiais; máquinas e equipamentos elétricos e mecânicos; automação industrial; metrologia; processos de fabricação e Instalação e manutenção, para atuar em instituições de educação profissional e tecnológica, bem como em espaços de educação não formal, mediante a aquisição de competências na área da eletromecânica e habilidades relacionadas ao desempenho da prática pedagógica, preparando-os para o exercício crítico e competente de uma docência pautada em valores e princípios políticos, éticos e científicos de forma que a pesquisa e o auto aperfeiçoamento sejam um exercício contínuo para a melhoria das condições do desenvolvimento da educação.

Além das informações mencionadas acima, o curso de licenciatura em eletromecânica também pretende,

- Proporcionar ao aluno no percurso da sua formação situações de aprendizagem que possibilitem dominar os conteúdos básicos relacionados às áreas de conhecimento que são objetos de sua atividade de ensino;
- Mediar cientificamente, com ética, independência, criticidade, criatividade e tratamento interdisciplinar o processo pedagógico na Educação Básica, tendo em vista contribuir com a construção de uma sociedade mais justa e humanizada;
- Solucionar, com base na utilização de métodos de investigação científica, os problemas na área da Eletromecânica, identificados no contexto educacional e social de forma individual ou coletiva;
- Desenvolver a capacidade de analisar as atividades desenvolvidas nas instituições em que esteja inserido, interagindo de forma ativa e solidária com a comunidade, na busca de soluções aos problemas identificados, a partir da utilização de métodos de investigação científica;
- Analisar problemas reais da prática pedagógica, observando as etapas de aprendizagem dos alunos, como também suas características socioculturais, mediante uma postura reflexivo-investigativa;
- Colaborar no processo de discussão, planejamento, execução e avaliação do projeto pedagógico da instituição em que esteja inserido.

### 3.1 ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE LICENCIATURA EM ELETROMECAÂNICA

O Curso de Licenciatura em Eletromecânica do IFBA, campus Simões Filho, é um curso de graduação, ofertado na modalidade presencial, oferecendo 40 vagas anuais no período noturno, com duração mínima de 8 semestres e máximo de 14 semestres.

O objetivo principal do curso de Licenciatura em Eletromecânica é possibilitar aos alunos uma formação sólida tanto na área de formação específica quanto pedagógica, sendo ambas alicerçadas em princípios políticos e éticos capazes de prepará-los para o exercício crítico e competente da docência tanto em escolas de educação profissional de nível técnico quanto em ambientes de educação não formal. A coerência entre este objetivo e o currículo pode ser observada na forma como a matriz curricular foi estruturada permitindo ao aluno uma formação básica, específica, humanística e complementar. Todas estas áreas são organizadas nos oito períodos que constituem o curso e cada um em sua especificidade contribui para a construção das competências científicas e pedagógicas que envolvem a formação do futuro professor. Ademais a organização curricular foi elaborada considerando as exigências do mundo do trabalho e as especificidades do cotidiano, que demandam uma prática profissional articulada e crítica. Com esse fim, alguns cuidados foram necessários no sentido de manter um diálogo entre ciência e realidade nos conteúdos curriculares, oferecendo atividades práticas desde o início do curso. A organização curricular pode ser assim distribuída:

#### Disciplinas do núcleo básico:

- Metodologia da Pesquisa;
- Comunicação e Informação;
- Introdução à Física;
- Física Aplicada;
- Química;
- Ciências Tecnologia e Sociedade;
- Informática Aplicada à Educação;
- Introdução à Matemática;
- Cálculo Diferencial e Integral;
- Desenho Básico;
- Desenho Técnico;
- Tecnologia dos Materiais I;
- Resistência dos Materiais;

- Circuitos Elétricos;
- Organização Industrial;
- Inglês Instrumental;

**Disciplinas do núcleo profissionalizante:**

- Tecnologia dos Materiais II;
- Elementos Mecânicos;
- Segurança, Meio Ambiente e Saúde;
- Processos de Fabricação I;
- Processos de Fabricação II;
- Instrumentos e Medidas Elétricas;
- Instalações Elétricas Prediais;
- Instalações Elétricas Industriais;

**Disciplinas do núcleo específico:**

- Máquinas e Equipamentos Mecânicos;
- Gerenciamento da Manutenção;
- Técnica e Planejamento e Programação da Manutenção;
- Técnica de Manutenção de Máquinas e Equipamentos Industriais;
- Máquinas e Equipamentos Elétricos;
- Acionamentos Elétricos;
- Automação Industrial I;
- Automação Industrial II;
- Eletrônica Analógica;
- Eletrônica Industrial;

**Disciplinas do núcleo pedagógico:**

- História da Educação;
- Psicologia da Educação;
- Filosofia da Educação;
- Sociologia da Educação;
- Didática;
- Avaliação da Aprendizagem;
- Metodologia e Prática do Ensino de Eletromecânica I;
- Metodologia e Prática do Ensino de Eletromecânica II;
- Organização da Educação Brasileira;
- Metodologia da Pesquisa do Ensino e Eletromecânica
- Educação Inclusiva e diversidade;
- Libras.

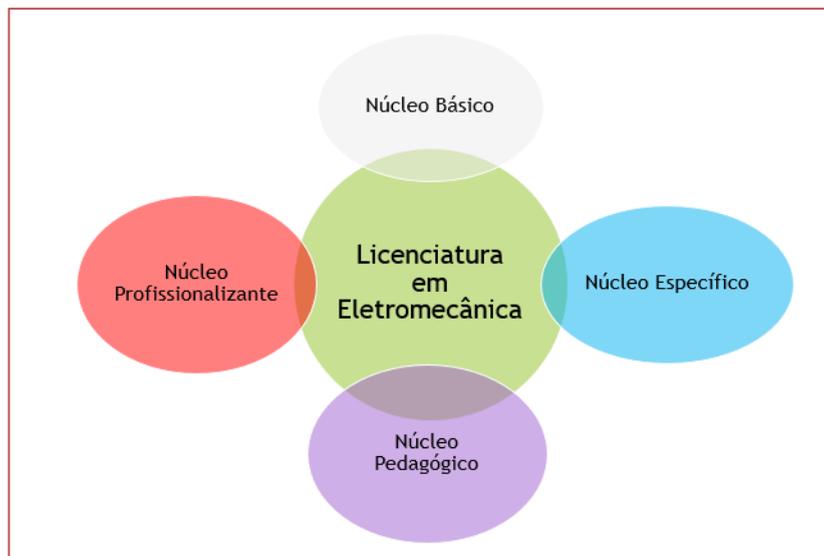
Para atendimento das diretrizes dos cursos de licenciatura que regem que estes cursos devem ter pelo menos 400 horas destinadas às práticas de estágio supervisionado, o curso de Licenciatura em Eletromecânica, oferece;

- Estágio Supervisionado I - Observação;

- Estágio Supervisionado II – ensino na área de mecânica;
- Estágio Supervisionado III – ensino na área de eletricidade e eletrônica;
- Estágio Supervisionado IV – intervenção em espaços formais e não formais.

A figura a seguir apresenta de maneira resumida, as áreas de formação acadêmica ao qual os discentes do curso de Licenciatura em Eletromecânica, do IFBA, campus de Simões Filho perpassam.

Figura 3 – Áreas da formação acadêmica oferecidas para os discentes do Curso de Licenciatura em Eletromecânica – IFBA – Campus Simões Filho.



#### 4 COERÊNCIA DO CURRÍCULO COM O PERFIL DESEJADO DO EGRESSO

A formação entendida como um processo permanente do ser humano é, na verdade, uma construção contínua e integrada que acontece em variados espaços – formais e não formais - e momentos, como escolas, participação em entidades dos movimentos sociais, reuniões, encontros, capacitação em serviço, seminários, intercâmbios, desenvolvimento de projetos, etc. Sendo assim, além da formação inicial, os futuros professores deverão buscar, na medida do possível, desenvolver um processo de formação continuada, vinculado às práticas que se dão no cotidiano da escola, de modo que esteja sempre refletindo e repensando a sua prática profissional a partir de um referencial teórico, do diálogo, da troca de experiências, da confrontação de ideias, da difusão de descobertas, experimentação de novos instrumentos e técnicas de trabalho.

O professor, como resultado das políticas autoritárias, da massificação do ensino e da formação docente fragmentada, deve fazer parte do passado. O atual se faz em direção a uma prática docente democrática, autônoma e reflexiva em torno do seu fazer pedagógico de modo a tornar esse fazer cada vez mais dinâmico e significativo.

A preparação do professor ocorrerá em condições similares àquelas que se quer que ele atue. Para isso, foi fundamental a organização de um currículo com uma proximidade com o cotidiano, a realidade e as necessidades dos alunos do Ensino Profissional de Nível Médio, desenvolvido de forma dialógica, com ênfase no método reflexivo, visando à resolução de problemas, onde haja articulação entre os conhecimentos teóricos e a prática docente. Ou seja, incorporando aos contextos, aos saberes e às competências definidas pela educação escolar, as aprendizagens adquiridas em situações outras que, fazendo parte da cultura dos jovens servirão como referência na construção de um novo saber.

Dessa forma, o currículo da Licenciatura em Eletromecânica está organizado de modo a possibilitar uma atuação competente do futuro professor, ou seja, a proposta de formação se orienta pelo propósito da

construção de competências que “se constituem, por sua vez, na mobilização de conhecimentos (saberes), habilidades e valores para o enfrentamento de situações reais” (BRASIL/MEC/IFBA, 2013, p. 101).

Nesta proposta, competência é entendida como a capacidade de mobilizar múltiplos recursos, entre estes, os conhecimentos teóricos, as habilidades e as experiências da vida profissional e pessoal, tendo em vista sua aplicação (procedimentos de atuação) em situações concretas de trabalho. Ter o conhecimento sobre o seu trabalho não é o suficiente para garantir uma boa atuação. Portanto, é fundamental que saiba mobilizá-los e aplicá-los no momento certo, valendo-se do saber, exigências compatíveis com o problema a ser solucionado.

Para formar um profissional com este perfil, os conteúdos foram organizados de maneira que em cada área de formação o aluno adquira determinadas habilidades que poderão assegurar uma prática pedagógica autônoma e crítica de maneira que o futuro professor possa atuar em diferentes espaços de trabalho.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação inicial docente sempre foi e será um desafio para a educação brasileira e, cada vez mais, o cenário educacional aponta para a necessidade de uma formação docente melhor consolidada. Seja para atender novas resoluções, as demandas do setor produtivo ou mesmo o anseio da sociedade, percebe-se, intrinsecamente, a necessidade de formar profissionais capazes de coadunar conhecimentos técnico-científicos e pedagógicos para realizar a arte de ensinar.

No contexto da Licenciatura em Eletromecânica do IFBA, campus Simões Filho, a instituição se propõe contribuir para formação de profissionais licenciados, habilitados para o exercício docente nas áreas técnicas, com sólida formação pedagógica, capaz de atender as demandas da educação profissional nas diversas instituições de ensino (IFs, SENAI, SENAT, instituições privadas, Ongs, etc.) e nos programas (Pronatec, Profucionário, Prominp, rede Certific, etc.).

O Instituto se propõe oferecer uma formação na qual a práxis pedagógica prevaleça durante o exercício docente do futuro profissional, ampliando suas possibilidades de ação em sala, fortalecendo sua identidade docente e despertando para o contínuo movimento de busca por uma formação cada vez mais sólida. Desta forma, busca-se uma melhor interação com ensinamentos fundamentais e médios, de modo a despertar novas vocações na área de engenharia, em especial, no campo da eletromecânica.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL/MEC. Lei no 11.892/08 - CAP. II - SEÇÃO III. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/11892.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/11892.htm)>. Acesso em: 09 mai. 2016.
- [2] BRASIL/MEC/IFBA. Plano de desenvolvimento institucional - PDI do IFBA (2009-2013). 79 p. Aprovado pelo Conselho Superior do IFBA 2009-2013.
- [3] BRASIL/MEC. Parecer CNE/CP nº 2, de 9 de junho de 2015. Brasília. 2015.
- [4] BRASIL/MEC. Lei nº 5.540/68. Brasília, 1968.
- [5] BAZZO, W. A., PEREIRA, L. T. V., LINSINCEN, I.V., Educação Tecnológica: enfoque para o ensino de engenharia. Florianópolis: Editora da UFSC. 2000.
- [6] BONILAURE, K.M; RESENDE, L.M. Formação pedagógica de professores engenheiros: Um desafio na expansão do Instituto Federal do Paraná. XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Gramado. 2013.
- [7] CARVALHO, O. F.; SOUZA, F. H. M., Formação do docente da educação profissional e tecnológica no Brasil: Um diálogo com as faculdades de educação e o curso de Pedagogia. Educ. Soc., Campinas, v. 35, nº 128, p.629-982, 2014.
- [8] CAVALCANTE, C.R.R. Educação e inovação: o papel e o desafio das engenharias na promoção do desenvolvimento industrial, científico e tecnológico. 2005. Disponível em: <[seer.cgeeg.org.br/index.php/parcerias.../261/255](http://seer.cgeeg.org.br/index.php/parcerias.../261/255)>. Acesso em: 03 mai. 2015.
- [9] FIEB, Relatório de atividades. Disponível em: <<http://www.fieb.org.br/Adm/FCKimagens/file/FIEB/2014/Relatorio2013.pdf>>. Acesso em: 30 abril 2015.
- [10] FURTADO, Aline Fernanda. Um estudo sobre o desafio do ensino de engenharia frente aos problemas econômicos, energéticos e a sustentabilidade. Revista Encontro de Pesquisa em Educação, Uberaba, v.1, n.1, p. 4-19, 2013.

- [11] GUIA MEDIOTEC, 2017. <http://portal.mec.gov.br/docman/maio-2017-pdf/64871-guia-meiotec-2017-pdf/file>. Acesso em: 04 de maio de 2018.
- [12] INEP, Censo Escolar 2011. Disponível em: [http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/censo\\_escolar/resumos\\_tecnicos/resumo\\_tecnico\\_censo\\_educacao\\_basica\\_2011.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/resumos_tecnicos/resumo_tecnico_censo_educacao_basica_2011.pdf). Acesso em: 28 abril 2015.
- [13] INEP, Censo Escolar 2012. Disponível em: [http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/censo\\_escolar/resumos\\_tecnicos/resumo\\_tecnico\\_censo\\_educacao\\_basica\\_2012.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/resumos_tecnicos/resumo_tecnico_censo_educacao_basica_2012.pdf). Acesso em: 29 abril 2015.
- [14] INEP, Censo Escolar 2013. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/basica-censo>. Acesso em: 29 abril 2015.
- [15] MACHADO, L. R. de Souza. Diferenciais Inovadores na Formação de Professores para a Educação Profissional. Revista Brasileira de Educação Profissional e Tecnológica. Brasília: MEC, SETEC, 2008, vol. 1, nº 1. Disponível em [http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/rev\\_brasileira.pdf](http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/rev_brasileira.pdf). Acesso em: 03 mai. 2015.
- [16] PENA, G. A. C. Docência na educação profissional e tecnológica: conhecimentos, práticas e desafios de professores de cursos técnicos na rede federal. Tese de doutorado. Faculdade de Educação. UFMG. Belo Horizonte, 2014.
- [17] PINTO, D.P, OLIVEIRA, V. F., Reflexões sobre a prática do engenheiro-professor. XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Belém. 2012.
- [18] PNE. Observatório do PNE. Disponível em <<http://www.observatoriodopne.org.br/metas-pne/11-educacao-profissional>> Acesso em: 03 mai. 2015.
- [19] TARDIF, M. Saberes docentes e formação profissional. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2002
- [20] VALDIERO, A.C., GILAPA, G.M.M, BORTOLAIA, Ensino de Engenharia Mecânica orientado aos desafios da sociedade. XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Passo Fundo. 2006.

# Capítulo 8

## EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

*Stefane Layana Gaffuri*

*Walter Antonio Bazzo*

*Paula Andrea Grawieski Civiero*

**Resumo:** Neste artigo temos como objetivo questionar a Educação Matemática na engenharia. Ao pensar o ensino de matemática para além das técnicas, defendemos que ele não pode estar apartado das questões sociais. Esse ensino, geralmente, fica camuflado em práticas tradicionais, enraizadas em uma realidade que tem como base modelos estáticos de ensino. A relação engenharia, tecnologia e matemática precisa contemplar a inserção de variáveis contemporâneas que serão definidoras no processo civilizatório. Para que a Matemática contribua para a interpretação da realidade, na formação dos engenheiros, é preciso ultrapassar a linha tradicional, do 'como fazer' e passar a indagar 'Para quê?', 'Para quem?' e 'Por quê?'.

**Palavras-chave:** Ensino de Matemática; Educação Matemática; Educação em Engenharia; variáveis contemporâneas.

## 1. INTRODUÇÃO

A passividade do conhecimento matemático nos cursos de Engenharia tornou-se um incômodo, visto que disciplinas que compõem o Núcleo Básico desses cursos se resumem em: apresentação de conceitos e definições, deduções de fórmulas, leitura de gráficos e infindáveis listas de exercícios repetitivos. Essa prática reforça a imagem do professor como um agente transmissor de conhecimento e o aluno como passivo aprendiz. Mediante tais constatações, concorda-se com Cury (2001),

Se o futuro engenheiro deve aplicar conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos à engenharia, trabalhar em equipes multidisciplinares e avaliar o impacto de suas atividades no contexto social e ambiental, parece-nos que todas as disciplinas da grade curricular deveriam focar essas exigências. Assim, não se pode mais pensar em trabalhar o Cálculo, a Álgebra Linear, a Geometria Analítica, as Equações Diferenciais, etc, de forma compartimentada, como se os conteúdos pudessem ficar ‘guardados’ na mente do aluno, esperando a hora que alguma outra disciplina deles necessite (CURY, 2001, p. 5).

Não há como negar a forte ligação entre engenharia, tecnologia e matemática. Porém, nota-se que o engenheiro, o professor de engenharia e outros profissionais que trabalham com tecnologia, começam a se equivocar quando de alguma forma entendem que seus trabalhos são independentes, conforme salienta Cury (2001), como se ficasse cada um na sua ‘caixa’. Por sua vez, o processo educativo perpetua esta ideia ao reproduzir técnicas independentes do contexto social ao invés de construir um diálogo sobre todo o processo civilizatório.

A isso, cabe considerar que se faz necessário uma leitura crítica em diferentes áreas do conhecimento e a imersão no processo civilizatório global. É preciso compreender como essa sociedade está funcionando e para onde ela vai. Quando se fala em processo civilizatório na atualidade é importante perceber o complexo número de variáveis e de incógnitas – que ainda não somos capazes de elencar e calcular – envolvidas. (BAZZO, 2016)

Este processo civilizatório interfere-se por variáveis contemporâneas. Uma equação é formada por dois lados. Antigamente, essa equação era formada por duas variáveis: ‘custo versus benefício’. Atualmente, essa equação contempla várias variáveis, como, ética, política, economia, sustentabilidade, entre outras. Assim, esta equação se modifica a todo instante se pensarmos aonde queremos chegar numa equidade social. E essas variáveis têm uma influência imediata e extrema da tecnologia – inclui-se aí a inteligência artificial, a engenharia digital, e a revolução 4.0. Não há mais possibilidades de trabalhar com educação sem pensar nessas variáveis. Nesse artigo questionamos a educação matemática na engenharia para além das técnicas. Como a matemática engloba as variáveis contemporâneas no ensino de engenharia?

Se a matemática está presente em diversos ramos da atividade humana, e contribui para a formação subjacente dos constructos científicos e tecnológicos, há uma urgência em repensar as imbricações da tecnociência na Educação Matemática (EM) e na formação dos engenheiros, “ao considerar que é preciso capacitar os cidadãos com competência crítica para questionar as decisões tecnocientíficas, bem como participar ativamente delas” (CIVIERO, 2016, p. 243).

## 2. JUSTIFICATIVA

As ‘mudanças no sistema educacional’ que se têm notícias se restringem a questões como alteração de currículos, melhoria das condições físicas do ambiente escolar, inclusão de novas tecnologias para o processo de ensino e, também, um interesse que relaciona qualidade educacional a um modelo empresarial: formação de mão de obra. Nesse paradigma em que a educação se submete, boa parte da sociedade continua passiva ao aceitar o que está posto sem se quer questionar. Muitos veem o ‘progresso’ como sinônimo de adoção de recursos materiais e tecnológicos mais sofisticados e, iludidos por esse discurso, relegam a segundo plano a formação didático-pedagógica e epistemológica dos docentes, escamoteando a verdadeira raiz do problema (BAZZO, 2015).

Ao focar essa realidade, é preciso refletir sobre o compromisso que cada área de conhecimento carrega consigo. As diversas ciências precisam desenvolver linhas de questionamentos e discussões a respeito de sua contribuição no entendimento do desenvolvimento tecnocientífico. Nessa discussão, certamente, o conhecimento matemático apresenta-se como elemento indispensável. Logo, é necessário questionar-se:

De que modo desenvolver uma educação matemática que faça parte de nossas preocupações com a democracia, numa sociedade estruturada por tecnologias que a incluem como um elemento estruturante? De que maneira desenvolver uma educação matemática que não torne opaca a introdução dos alunos ao pensamento matemático, mas que os leve a reconhecer suas próprias capacidades matemáticas e a se conscientizarem da forma pela qual a matemática opera em certas estruturas tecnológicas, militares, econômicas e políticas? (SKOVSMOSE, 2008, p. 38-39).

Nesse contexto, o conhecimento matemático vai muito além de agrupar fórmulas ou executar operações. Ele permite desmascarar as armadilhas e mitos que possam estar por trás da simples apresentação de dados ou de modelos tecnocientíficos. É mister que os estudantes percebam que vivemos em um mundo estimado e analisado a partir de modelos que, em sua maioria, são matemáticos. Se a ciência e a tecnologia avançam, muitas vezes, é através de previsões e estimativas vindas desses modelos.

Para exemplificar, o historiador israelense Yuval Noah Harari, em seu livro *Homo Deus* (2016), dedica um capítulo ao dataísmo ou por ele chamado de 'religião dos dados'. Para o autor, uma nova mudança está em curso, promovida pelo avanço da tecnologia, e neste novo contexto, o universo consiste em um grande fluxo de dados. Atribui-se a autoridade aos algoritmos como se fôssemos pequenas unidades de processamento, parte de um sistema gigantesco.

Ele enfatiza que em algum momento, softwares e algoritmos, apoiados em grandes bancos de dados, serão capazes de entender e prever o comportamento humano melhor que os próprios seres humanos. Tais sistemas encontram-se mapeando preferências, desde livros a restaurantes ou destinos turísticos, inclusive ao sugerir opções. Frente a essa realidade, supõe-se que, no futuro, serão capazes de indicar com precisão cônjuges ou candidatos a cargos públicos. O sistema nem precisa ser perfeito, basta se mostrar superior à média das decisões das pessoas, o que pode ser um nível relativamente simples de superar. Enfim, seguindo-se esse raciocínio à risca, no futuro o livre-arbítrio será retrógrado. Nesse contexto, o conhecimento matemático está onipresente, porém, não é concebido pelas pessoas nesse processo, pelo contrário, ainda é visto como um conhecimento neutro, sem nenhum vínculo ou responsabilidade social.

Justifica-se, esse trabalho, inicialmente, por duas razões que, se relacionam com o modo que as pessoas veem a Matemática. A primeira, considerada disciplina de "gênios". Isto é, apenas seres dotados de inteligência superior à média é que aprendem (ou ensinam) matemática. E, a partir disso, a visão da Matemática como algo superior. E, uma segunda razão, a Matemática aos olhos dos estudantes. Muitos deles tem apreço e veem a disciplina como parte do avanço científico e tecnológico. Porém, ao estudá-la, não a distinguem de um emaranhado de fórmulas e técnicas que decoram para as avaliações semestrais.

Porém, nos últimos anos, presenciamos os avanços no conhecimento científico e tecnológico, mas também, um show de horrores e um comportamento humano abominável.

Meios de destruição em massa nunca vistos, insegurança, novas doenças terríveis, fome injustificável, abuso de drogas e decadência moral são equiparados somente por uma destruição irreversível do meio ambiente. Uma grande parte deste paradoxo tem a ver com a ausência de reflexões e de considerações sobre valores na academia, particularmente nas disciplinas científicas, tanto na pesquisa quanto na educação. A maioria dos meios para se alcançar essas maravilhas e, também, esses horrores da ciência e da tecnologia tem a ver com os avanços na Matemática (D'AMBRÓSIO, 1994 apud SKOVSMOSE, 2009, p. 31).

D'Ambrosio (1994), chama atenção para uma situação em que a matemática está fortemente presente, mas a maioria das pessoas não a veem desse modo. Por isso, a terceira justificativa para esse trabalho: atentar para a necessidade de ampliar a compreensão das técnicas matemáticas que consideram diversos aspectos e implicações socioculturais ao reconhecer espaços para que os indivíduos sejam sujeitos das atividades que realizam.

Isso se faz importante, pois, reflete na maneira em que o processo educacional é organizado e tem influência na atuação profissional, conforme Bazzo, Pereira e Linsingem reforçam,

Por força da vertente filosófica predominante na área técnica, a estrutura e a lógica do ensino de engenharia, por exemplo, acabam por relegar a plano secundário as questões sociais e políticas, além das características

personais dos envolvidos, privilegiando em essência os lados aparentemente “frios” e “neutros” das técnicas. E por similaridade com a técnica, também o ensino é entendido como neutro, independente dos valores que permeiam a sua sustentação – implícita ou tacitamente – à sua prática. (BAZZO, PEREIRA, LINSINGEN, 2016, p. 20)

Apesar de a maioria acreditar e que o ensino de matemática é exato e ‘imutável’, que é assim que ‘funciona’ há séculos (assim como a engenharia), pretende-se gerar ao menos um “desconforto” com este estudo. Visto que a ciência não progride pela confirmação de crenças, e sim por sua refutação. Um bom estudo gera mais dúvidas do que certezas. Por essa métrica, o alvo é gerar um certo desconforto, e assim quem sabe mudanças, ou, ao menos, reflexões.

### 3. O CONHECIMENTO MATEMÁTICO NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

O uso intensivo de ciência e tecnologia e a formação de profissionais altamente qualificados são o centro da visão do ensino da Engenharia, no que concerne às questões técnicas/tecnológicas da profissão. Frente a isso, o conceito de qualificação profissional está atrelado às capacidades de coordenar informações, interagir em grupos de pessoas, interpretar a realidade e não se limitar a problemas teóricos.

Quanto ao perfil do egresso, as Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia estabelecem:

O perfil dos egressos de um curso de engenharia compreenderá uma sólida formação técnico científica e profissional geral que o torne capaz de absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (PARECER CNE/CES n 1362/2002, p. 3 – grifos nossos).

Conforme a citação acima, estimula-se a formação de um profissional capaz de atuar no desenvolvimento da pesquisa tecnológica com atuação crítica ao considerar o desenvolvimento social como um todo. Os educadores em engenharia estão contribuindo com a formação crítica desse profissional? O ensino de matemática está habilitando o futuro engenheiro a identificar e solucionar os problemas atuando criticamente?

Para tanto, o parecer define também competências e habilidades relacionadas ao saber matemático associado a aspectos sociais e naturais intrínsecas às graduações em engenharia. Logo no primeiro item, destaca-se a competência “aplicar conhecimentos matemáticos, tecnológicos e instrumentais à engenharia” (PARECER CNE/CES n 1362/2002, p. 3). Questiona-se: Esse conhecimento é meramente aplicação de fórmulas e resolução de exercícios?

Nas Diretrizes Curriculares de cada curso, as disciplinas estão contempladas em núcleos: núcleo básico, núcleo profissionalizante e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizam a modalidade. As disciplinas matemáticas apresentam-se no núcleo básico, e praticamente todos os cursos de Engenharia contemplam os tópicos de Cálculo Diferencial Integral, Álgebra Linear, Geometria Analítica, Cálculo Vetorial, Equações Diferenciais bem como Probabilidade e Estatística. Segundo estas Diretrizes, essas disciplinas fornecem a base para as disciplinas específicas.

Porém, segundo Bazzo, Pereira e Linsingen (2016) esse modelo em que os cursos de engenharia são delineados, com um núcleo básico e um profissionalizante impõe um distanciamento entre as disciplinas que compõem o todo. E, os autores complementam que, no caso do ciclo básico – onde estão alocadas as disciplinas matemáticas – os conteúdos são colocados como se tivessem “fim em si mesmos, relegando a um plano secundário o papel primordial de um curso de engenharia, que, no nosso entendimento, é o de formar engenheiros profissionalmente eficientes que resultem também em cidadãos críticos e atuantes não só no mercado de trabalho, mas na sociedade” (BAZZO, PEREIRA E LINSINGEN, 2016, p. 39).

Por isso, de acordo com Cury (2001) há a necessidade de uma revisão destes núcleos para que sejam desenvolvidas as competências e habilidades associadas a um contexto interdisciplinar.

Ao abordar esses conteúdos, no entanto, não basta discorrer sobre eles, apresentando-os dissociados do contexto. É importante questionar (e estimular o questionamento por parte dos alunos) as relações do assunto com a realidade, a sua aplicabilidade, as consequências dessas aplicações

e das simplificações que são feitas para ‘recortar’ o real e submetê-lo aos modelos da disciplina em questão (CURY, 2001, p. 3).

A autora ressalta que, se os engenheiros devem saber aplicar os conhecimentos matemáticos a engenharia, conforme recomenda as diretrizes, todas as disciplinas devem focar essas exigências, mas, não de forma compartimentada, como em ‘caixinhas’, mas em equipes multidisciplinares (CURY, 2001). Porém, nos moldes atuais de ensino da matemática nos cursos de engenharia, são raras as situações em que os discentes vivenciam essa oportunidade de refletir sobre a Matemática que lhes é ensinada e mesmo sob o que pensam dessa área de conhecimento ou sobre as relações que os próprios têm com a disciplina ou com a sociedade. E assim, as competências desenvolvidas restringem-se à reprodução e memorização e, como consequência, desaparecem após as avaliações. Atrélado a isso, deparamo-nos com altos índices de evasão e reprovação nessas disciplinas e, ainda, observa-se que estas não têm recebido a importância necessária por parte dos estudantes. Por isso, inicialmente, recorre-se às pesquisas, ao buscar o que está sendo desenvolvido sobre o conhecimento e o ensino de matemática na engenharia, e principalmente, se há uma preocupação para além da racionalidade técnica.

Como está o ensino de matemática nas engenharias? Existe alguma preocupação quanto a este ensino para além da racionalidade técnica? As dificuldades enfrentadas pelos ingressantes nos cursos de Engenharia estão geralmente vinculadas às disciplinas da área de Matemática. Não se pode negar que há uma preocupação sobre o ensino de matemática nesses cursos. Essa preocupação está presente nas pesquisas e trabalhos publicados todos os anos (Godoy e Almeida, 2017; Gomes 2009; Gomes 2015; Biembengut 1997; Cury 2001; Boff, 2017; Gunther 2016).

A maioria dos trabalhos que envolvem a Matemática nos cursos de engenharia são experiências com aplicação de alguma metodologia com determinado conteúdo. Geralmente utiliza-se a Modelagem Matemática em pequenos grupos e restringe-se a um único conteúdo. Percebemos que há um avanço nas discussões relacionadas à EM no Ensino Superior e há um consenso que, além do conhecimento matemático, é necessário incorporar teorias associadas à Educação; apresentar contextos significativos aos alunos; fazer uso das ferramentas computacionais para construção de conceitos, por fim, oportunizar ambientes em que os estudantes possam preencher as lacunas conceituais advindas de uma formação educacional básica deficiente. Porém, nota-se que as pesquisas focam em “inovar” o ensino através de metodologias ou fazer uso de recursos tecnológicos para melhorar a qualidade do ensino-aprendizagem e evitar a evasão dos cursos. Então questionamos: é esse o caminho?

Raramente discute-se sobre o processo civilizatório contemporâneo e as variáveis sociais. Isso está de acordo com o que consideram Bazzo, Pereira e Linsingen (2016)

[...] questões contemporâneas que afligem estudantes e profissionais da área quase nunca são refletidas ou discutidas como parte integrante da formação de cidadãos engajados num determinado contexto social e histórico. Isso provoca uma lacuna que entrava ou, antes, suprime as capacidades reflexiva e analítica tão requisitas numa sociedade globalizada (BAZZO, PEREIRA, LINSINGEN, 1996, p. 191)

Isso é comprovado desde os anos 90, na tese de Biembengut (1997), onde a autora aponta que na maioria dos cursos de Engenharia, as disciplinas matemáticas, como Cálculo e Álgebra são ministradas com ênfase nas técnicas, isto é, uma prioridade no treinamento e não nos conceitos. Para ela, a prática de ensino utilizada nos cursos de Engenharia manifesta-se “desajustada e inadequada”.

Notamos que o processo educativo continua a perpetuar essa ideia ao reproduzir técnicas ou modelos independentes do contexto tecnocientífico; cada um em sua própria disciplina; ao medir o aprendizado através de exercícios de memorização e repetição ao invés de construir um diálogo sobre todo o processo civilizatório e entender como as variáveis contemporâneas estão relacionadas a matemática e a tecnologia na educação em engenharia.

#### 4. A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA PARA ALÉM DA RACIONALIDADE TÉCNICA

A educação científica atual tem dado demasiada atenção à razão e separando o homem que faz ciência das características humanas. E, a maioria dos educadores, ainda, concebe a matemática como apenas um conteúdo da prática escolar, porém, como já mencionamos, ela também deve ser entendida em uma concepção filosófica e sociológica, pois representa um importante aspecto do desenvolvimento social, por

meio de uma variedade de modelos integradas às rotinas da vida diária, às ciências, às tecnologias, à economia, ao comércio e à indústria no mundo (CIVIERO, 2016).

Para Civiero,

a questão central é como esse tipo de racionalidade se embrenha no processo educacional e, com seus princípios de controle e certeza, preconiza um modelo educacional voltado à reprodução passiva do conhecimento. Sob esse domínio, a sala de aula se estabelece em um cenário conformado, em que o professor tem o poder do conhecimento a ser transmitido, e aos alunos cabem a cópia fiel e a memorização de fórmulas e técnicas preestabelecidas (CIVIERO, 2016, p. 77).

Skovsmose (2008) considera importante compreender as dinâmicas dos usos do conhecimento dentro da sociedade ao argumentar que não se deve acentuar as potencialidades abertas pelo uso do conhecimento matemático. Assim, se o conhecimento matemático pode ser pensado como capaz de dar forma às experiências cotidianas e ao convívio dentro da sociedade, ao mesmo tempo pode-se levantar alguns questionamentos, como por exemplo:

[...] a matemática oferece uma maneira conveniente de ver o mundo, na medida em que estruturas materiais tornam-se espelhadas por estruturas matemáticas? Ou estamos lidando com um sofisticado exemplo de projeção de estruturas matemáticas sobre o mundo, de tal modo que ele aparenta ser formado por estruturas matemáticas? Estamos confundindo propriedades matemáticas projetadas com propriedades do mundo material? (SKOVSMOSE, 2008, p. 92).

Ao propor estes questionamentos, buscamos evidenciar as relações entre as dimensões sociais e o conhecimento matemático nos cursos de engenharia. No entanto, muitas vezes, estas ficam camufladas em práticas tradicionais, uma realidade arraigada em um modelo estático de ensino que não dá respostas às demandas sociais.

Como exemplo, citamos o uso de modelos matemáticos. É possível descrever um modelo verbalmente, geometricamente, numericamente ou algebricamente. A engenharia faz uso desses modelos, e como consequência, o engenheiro precisa saber modelar e interpretar os resultados; a partir desta leitura ele toma decisões. Porém, no ensino disseminado atualmente, é comum o modelo matemático ser apresentado pronto. Não há questionamentos relacionados aos fenômenos ou se realmente este modelo é a melhor descrição. Alimenta-se da crença de que a matemática é a ciência correta e que há somente uma única maneira de modelar o fenômeno. São raros professores e estudantes interessados em questionar o 'porquê, pra que e para quem' são as variáveis envolvidas nestes modelos. Assim, acredita-se em uma matemática perfeita e em modelos irretocáveis.

Skovsmose (2009) exemplifica essa ideia com o modelo de reservas de passagens. As companhias aéreas fazem reservas de passagens deliberadamente e acima da capacidade de seus voos (chamado *overbooking flights*), como elas mesmos justificam para 'assegurar que as passagens sejam mantidas em um valor razoável'. Porém, é plausível analisar alguns dados sobre isso. Primeiro, os custos fixos da viagem, como combustível, salários dos tripulantes, despesas de bordo, entre outros, não se alteram com a aeronave cheia ou vazia. Logo, uma estratégia comercial é prevenir um número mínimo de passageiros para cobrir as despesas. Também, há a possibilidade de alguns passageiros não comparecerem ao embarque. Esses dados podem ser agrupados em um modelo matemático contendo parâmetros do custo por passageiro, capacidade da aeronave, as probabilidades do não embarque e excedentes gerados. Assim, é possível planejar o *overbooking* de tal forma que o lucro seja maximizado. E esse modelo pode ser ajustado conforme as necessidades da empresa, e a Matemática pode servir para o planejamento e tomada de decisões. Note que a Matemática está em funcionamento, embora as pessoas não operem visivelmente com ela, mas, inconscientemente estão sendo afetadas (SKOVSMOSE, 2009).

Esse modo racional de ver a matemática gera e mantém uma concepção distante do 'fazer humano' e é essa concepção que, geralmente, veicula-se desde a escola até a universidade e, de maneira geral, na sociedade. Borba e Skovsmose (2013) a chamam de ideologia da certeza, o conhecimento matemático dado como pronto e incontestável, predominante no ensino atual. Essa ideologia se sustenta, ao utilizar o conhecimento matemático na construção de um modelo de forma neutra – como no caso do *overbooking*. E, essa confiança é transferida para os alunos através de problemas nos quais se admite uma única solução, resolvida por um único método. O poder de buscar outros meios de resolução ou de questionar a

construção do modelo – se é o mais apropriado ou se há outras variáveis envolvidas – não é desenvolvido nos estudantes (BORBA; SKOVSMOSE, 2013).

Na Matemática o treinamento e a confiança nos números podem moldar a realidade por meio de modelos estáticos que propiciam ‘isentar’ de responsabilidade as decisões das pessoas.

E nota-se isso sobre a crescente ligação da matemática com a realidade ocasionada pela sociedade. Inclusive, essa visão está enraizada nos cursos de Engenharia, que fazem uso dessa disciplina como núcleo básico para estruturação de conhecimentos específicos. Por isso, defendemos uma EM e não apenas o ensino de matemática. Com a compreensão de que a EM engloba o ensino, a educação e a matemática, na mesma linha de pensamento destacada por Civiero, 2016.

## **5. EDUCAÇÃO MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: CONTEXTO TECNOCIENTÍFICO E SOCIAL**

Qual a relação entre tecnociência com o ensino de Matemática na Engenharia? Quais influências a tecnociência têm no processo de ensino? O ensino de matemática nos cursos de engenharia está habilitando o engenheiro a identificar e solucionar problemas que envolvem a tecnociência voltados a equidade social? As leituras iniciais sobre o tema sugerem uma reflexão sobre as interpretações desses termos, bem como sua incorporação nas dimensões sociais. Destaca-se a preocupação com o próprio significado de uma educação tecnológica. Essa educação deveria preocupar-se com um ensino de transformação social, com vistas a emancipação humana, entendida como um processo ou como um fim? Procura-se entender os termos que envolvem uma educação tecnológica de excelência, pensando na tecnociência e suas relações com a Educação Matemática na engenharia.

Para definir o termo tecnociência, precisa-se, inicialmente, diferenciar técnica e tecnologia. Ao pensar na palavra técnica, o que vem à mente, em um primeiro momento é a habilidade para fazer algo ou um determinado conhecimento específico. No sentido etimológico, o termo latino equivalente para *techne* é a palavra arte. Logo, a esse termo nos remete a produção de algo artificial, de um artefato. Para Cupani (2017) “o artificial é aquilo que resulta da arte ou *techne*, distinguido do natural. Simetricamente, a utilização dos objetos e processos técnicos requer um comportamento específico, conforme regras. Tanto a produção quando a utilização dos artefatos supõe a aquisição de habilidades” (CUPANI, 2017, p. 14).

Porém, quando pensamos na tecnologia, pensamos, quase que instantaneamente, em um processo mais elaborado, responsável pela criação e pelo desenvolvimento de inúmeros produtos, e no estudo científico que envolve tal processo criatório – como a engenharia. Novamente, etimologicamente falando, *technologia* é o próprio dizer da técnica, ou seja, o modo como ela é organizada, elencada, sistematizada e pensada. A tecnologia utiliza uma fundamentação teórica das regras técnicas, isto é, busca aplicar conhecimentos científicos à solução de problemas práticos.

Cupani (2017) distingue quatro dimensões ou manifestações da tecnologia: como objetos, como um modo de conhecimento, como uma forma específica de atividade e como uma determinada atividade humana perante a realidade. Ao relacionar a tecnologia como atividade, o autor destaca o papel da engenharia, área vista como “paradigma das atividades tecnológicas”. Segundo ele “a engenharia (enquanto epítome da tecnologia) pode ser assim definida como “um esforço sistemático para economizar esforço”, que se norteia pelo valor da eficiência, ou seja, de um desempenho em que esforço e resultado respondam a uma relação satisfatória” (CUPANI, 2017, p. 20).

A tecnologia também pode ser caracterizada como um “campo de conhecimento”, isto é, o homem faz uso de base teórica para aprimorar os artefatos ou as técnicas. Nesse sentido, a tecnologia combina conhecimento ordinário, elemento das ciências, como a lógica e a matemática com conhecimentos não especializados, como por exemplo habilidades ou práticas.

Atualmente, a apropriação destes termos tem apresentado divergências de significado. Inclusive, o termo tecnologia parece já não dar conta de agregar atividades que se combinam, como aquelas para as quais se está atribuindo a denominação tecnociência – o tratamento conjunto da ciência e da tecnologia (BAZZO, PEREIRA, LINSINGEN, 2016).

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste artigo, questionamos a educação matemática na educação em engenharia. Ao pensar o ensino de matemática para além das técnicas, defendemos que ele não pode estar afastado das questões sociais.

Como a matemática está relacionada a esse processo? No caso da educação matemática na educação em engenharia, isso pode significar uma mudança na forma de agir com relação ao objeto de nossa atividade: as técnicas. Nesse contexto, ao tentar compreender a relação entre a tecnociência e a matemática, faz-se necessário debater sobre as implicações sociais dos modelos matemáticos nesta sociedade tecnológica (CIVIERO, 2016), pois, apesar da contribuição que a tecnologia nos oferece, há uma ciência que opera nos bastidores e que incorpora questões sociais, éticas e políticas (BAZZO, 2015).

As preocupações de Bazzo (2015) e Civiero (2016) ressaltam a importância de questionamentos acerca do contexto tecnocientífico e social. Para compreender essa relação entre engenharia, tecnologia e matemática faz-se necessário debater sobre as implicações sociais dos modelos matemáticos nesta sociedade tecnológica. No entanto, para que a Matemática contribua para a interpretação da realidade, na formação dos engenheiros, é preciso ultrapassar a linha tradicional, do 'como fazer'.

Segundo Civiero (2016) a Educação Matemática

“pode contribuir para a formação de sujeitos críticos que participam das discussões e que são capazes de compreender a real situação e tomar decisões voltadas para a melhoria da qualidade de vida. Pessoas que se indaguem quanto ao porquê, para que e para quem estão a tomar suas decisões, a destinar suas invenções e a protagonizar sua existência” (CIVIERO, 2016, p. 29).

Nesse sentido defendemos a Educação Matemática na Educação em Engenharia, para além do ensino de matemática isolado e enraizado nos moldes da racionalidade técnica. Defendemos a Educação Matemática imbricada com as variáveis contemporâneas, voltadas a questionar as necessidades humanas. Essas por sua vez, podem provocar um pensamento associado á reflexão de valores, nos futuros engenheiros. Ao fazer essa transformação do ensino para educação matemática na educação em engenharia estaremos mais próximos de promover indagações como 'Para quê?' e 'Por quê?' dos modelos matemáticos utilizados na engenharia.

## REFERÊNCIAS

- [1] BAZZO, W. A. *Ciência, Tecnologia e Sociedade: e o contexto da educação tecnológica*. 5ª edição. Florianópolis: Editora da UFSC, 2015.
- [2] BAZZO, W. A. Ponto de Ruptura Civilizatória: a Pertinência de uma Educação “Desobediente”. *Revista CTS*, n. 33, v. 11. Set. 2016, pp. 73-91.
- [3] BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; LINSINGEN, I. *Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia*. 3ª edição Florianópolis: Editora da UFSC, 2016.
- [4] BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. 2002.
- [5] BIEMBENGUT, M. S. *Qualidade no ensino de matemática na engenharia: uma proposta metodológica e curricular*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- [6] BOFF, C. B. *Matemática para engenharia: Unidades de Ensino Potencialmente Significativas para superar lacunas em Matemática básica*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2017.
- [7] BORBA, M, C; SKOVSMOSE, O. A ideologia da certeza em educação matemática. In: SKOVSMOSE, O. *Educação matemática crítica: a questão da democracia*. Campinas: Papyrus, 2013.
- [8] CIVIERO, P. A. G. *Educação Matemática Crítica e as implicações sociais da ciência e da tecnologia no processo civilizatório contemporâneo: embates para a formação de professores de matemática*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- [9] CUPANI, A. *Filosofia da tecnologia: um convite*. 3ª edição. Florianópolis: Editora da UFSC, 2017.
- [10] CURY, H. N. Diretrizes curriculares para os cursos de engenharia e disciplinas matemáticas: opções metodológicas. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 20, n. 2, p. 1-7, 2001.
- [11] GODOY, E. V.; ALMEIDA, E. de. A evasão nos cursos de Engenharia e a sua relação com a Matemática: uma análise a partir do COBENGE. *Revista Educação Matemática Debate*, Montes Claros, v. 1, n. 3. p. 339-361, 2017.
- [12] GOMES, E. Contribuições do método jigsaw de aprendizagem cooperativa para a mobilização dos estilos de pensamento matemático por estudantes de Engenharia. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2015.

- [13] GOMES, G. H. A matemática em um curso de engenharia: vivenciando culturas. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2009.
- [14] GUNTHER, S. M. A matemática nos cursos superiores de engenharia mecânica em universidades paranaenses. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2016.
- [15] HARARI, Y. N. Homo Deus: uma breve história do amanhã. Tradução Paulo Geiger. 1ª edição. São Paulo: Companhia das letras, 2016.
- [16] SKOVSMOSE, O. Desafios da reflexão em educação matemática crítica. Tradução: Orlando de Andrade Figueiredo, Jonei Cerqueira Barbosa. Campinas, SP: Papirus, 2008.

# Capítulo 9

## UMA ESTRATÉGIA PARA O ENGAJAMENTO DOS ESTUDANTES NAS DISCIPLINAS DO EIXO BÁSICO DA MATEMÁTICA

*Gezelda Christiane Moraes*

*Vanessa Terezinha Ales*

*Karla Cristiane Arsie Vieira*

*Izabela Patrício Bastos*

*Salmo Pustilnick*

**Resumo:** Esse artigo relata sobre o I Desafio de Derivada que foi realizado na Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Ele foi baseado no Rei das Derivadas realizado pelo Professor Fragelli da Universidade de Brasília (UnB). Enquanto que ele aplicou nas suas turmas de Cálculo I, o I Desafio de Derivada aconteceu no contra turno e envolveu todos os estudantes de engenharia da Escola Politécnica. Além disso, baseado em referenciais teóricas e em nossa experiência, foi possível constatar que esse desafio aumentou o desempenho dos estudantes na sala de aula, o seu engajamento e o interesse nas disciplinas do eixo básico de Matemática. Esse desafio é de extrema importância para que os estudantes percam o medo das disciplinas de cálculo, desenvolvam a habilidade de raciocínio lógico e consigam dar soluções num tempo curto diante das diversas situações do cotidiano de um futuro engenheiro. Outro ponto em destaque, é a sequência desse projeto, que acontece no II Torneio de derivadas Inter-Instituições na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) campus Joinville, isso mostra aos estudantes mais sobre esse universo e garante uma interação entre os estudantes de engenharia de algumas universidades que é enriquecedor para a sua formação.

**Palavras-chave:** Gamificação. Derivada. Desafio. Cálculo. Competição.

## 1 INTRODUÇÃO

Este artigo relata o I Desafio de Derivada na Escola Politécnica da PUCPR que ocorreu em outubro de 2017 e o seu impacto nas aulas de Cálculo. Esse desafio foi inspirado no projeto do professor Ricardo Fragelli da Universidade de Brasília (UnB), na atividade nomeada "Rei das Derivadas". A proposta do projeto do Professor Fragelli é trazer as derivadas, que são vistas em Cálculo I pelos estudantes de engenharia, para um ambiente descontraído, com o intuito de que os estudantes se divirtam calculando derivadas e assim, percebam a disciplina de Cálculo I de uma forma mais tranquila.

Com uma abordagem um pouco diferente, pois não é uma atividade da disciplina de Cálculo, o I Desafio de Derivada, traz o objetivo de desmitificar o medo que os estudantes têm das disciplinas do eixo básico de Matemática, no entanto, numa esfera um pouco maior, pois todos os estudantes de engenharia puderam participar da competição. Isso trouxe mais um ganho para o desafio, além de trabalhar com um assunto difícil para os estudantes, eles tiveram que se organizar em duplas com colegas de outras turmas e outros períodos. Isso promoveu uma interação entre todos os cursos e períodos e uma colaboração entre os estudantes, como prevê a metodologia para aprendizagem ativa conhecida como Peer Instruction (MAZUR, 2015).

Além disso, como os estudantes tiveram que resolver as derivadas no menor tempo possível, isso colaborou no desenvolvimento de habilidades no sentido de resolver o problema de uma forma rápida e correta, de dividir as tarefas para tornarem a resolução mais eficiente e do raciocínio lógico. Estas são habilidades essenciais para o seu desenvolvimento nas disciplinas do eixo da matemática e também nas demais disciplinas, bem como diante das diversas situações do cotidiano de um futuro engenheiro.

E numa esfera ainda maior, as duas primeiras duplas do I Desafio de Derivadas participam do II Torneio de derivadas inter-instituições na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) campus Joinville, que além de valorizar o potencial e a dedicação desses estudantes, promove uma interação entre os estudantes dessas universidades.

## 2 DESCRIÇÃO DA PRÁTICA

Esse Desafio foi inspirado originalmente pelo projeto do professor Ricardo Ramos Fragelli da UnB, O Rei das Derivadas descrito no link: <http://www.reidaderivada.com/>.

Para participar do desafio os estudantes precisaram se organizar em duplas e criar um nome para a dupla. Dessa forma, cada equipe criou a sua identidade, gerando um saudável espírito de competição. Foram 47 duplas inscritas, sendo que todos os estudantes que estavam cursando, ou já cursaram Cálculo I, foram convidados a participar do desafio. A maioria dos inscritos eram estudantes com bom rendimento acadêmico. Durante a semana que antecedeu o evento, foram espalhadas algumas derivadas pelos prédios da universidade para que os estudantes resolvessem. O objetivo foi de motivar os estudantes a se inscreverem para o desafio e propiciar um ambiente de estudo e discussão nos corredores da universidade. Foi criada uma página na internet (<https://desafiopucpr.wixsite.com/2017>), para que os estudantes pudessem fazer a inscrição das duplas e verificar as regras do desafio. Foi cobrado, de cada dupla, a título de inscrição, 1 kg de alimento não perecível (exceto sal), para que pudesse ser doado a uma instituição de caridade após a realização do evento. Detalhes sobre o evento podem ser verificados na página.

O desafio aconteceu em duas fases. A primeira fase, classificatória, ocorreu no dia 09/10/2017, no Auditório Bento Munhoz da Rocha e a segunda fase, no dia 10/10/2017, no saguão do bloco vermelho, a partir das 17h00. Na primeira fase, foram colocadas dez (10) derivadas no telão, uma de cada vez. Cada derivada era exibida durante cinco (5) minutos e cada dupla tinha, no máximo, esse tempo para resolvê-la. A dupla que obtivesse a resposta correta no tempo mais curto ganhava uma pontuação maior, conforme descrito na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Pontuação

Forma e tempo da resolução	Pontos
Resolução correta em até 1 minuto	10 pontos
Resolução correta em até 2 minutos	8 pontos
Resolução correta em até 3 minutos	6 pontos
Resolução correta em até 4 minutos	4 pontos
Resolução correta em até 5 minutos	2 pontos
Resolução incompleta ou acima de 5 minutos	0 pontos

Fonte: Autores (2018)

Alguns critérios foram adotados como regra para a primeira fase, como:

- Na resposta de cada derivada, não é necessário fazer simplificações algébricas, porém todas as derivações envolvidas na expressão devem estar resolvidas (esta regra valeu para as duas fases);
- O rigor da simbologia matemática deve ser respeitado. A falta de parênteses ou a confusão de sinais operacionais como multiplicação ou subtração serão consideradas erros (esta regra valeu para as duas fases);
- Não será permitido o uso de formulários, calculadoras ou qualquer outro tipo de sistemas eletrônicos (esta regra valeu para as duas fases);
- Critério de desempate nessa fase: serão analisadas as funções que foram derivadas; as mais complexas terão peso maior;
- As oito (8) duplas com as maiores pontuações serão classificadas para a segunda fase, que é de caráter eliminatório.

As melhores duplas foram classificadas para a segunda fase. Nessa fase, duas duplas de cada vez resolviam a mesma derivada que era escrita em duas lousas colocadas no saguão. A dupla que resolvesse mais rápido e de forma correta era declarada vencedora e classificada para a fase seguinte. As quatro primeiras duplas classificadas foram premiadas.

Também foram feitas parcerias com algumas empresas com o intuito de angariar prêmios para as duplas vencedoras. Os prêmios estão destacados na tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Prêmios

Classificação	Premiação para cada membro da dupla
Primeiro lugar	1 livro da Editora Cengage + Combo da Pizzaria Eltomato (Pizza 12 pedaços + 1 Refrigerante) + 1 semana de aula de Crossfit na Hipster
Segundo lugar	1 livro da Editora Cengage + Combo da Pizzaria Eltomato (Pizza 12 pedaços + 1 Refrigerante)
Terceiro lugar	1 Hamburguer da Brunello + 1 semana de aula de Crossfit na Hipster
Quarto lugar	1 Hamburguer da Brunello

Fonte: Autores (2017)

A figura 1 a seguir apresenta uma visão geral dos estudantes no auditório, resolvendo uma das derivadas da primeira fase, em duplas. E a figura 2, na sequência, mostra as duplas que foram classificadas para a segunda fase, no saguão do bloco vermelho.

Figura 1 – Primeira fase



Fonte: Autores (2017)

Figura 2 – Segunda fase



Fonte: Autores (2017)

A figura 3, a seguir, mostra uma das duplas, na segunda fase, aguardando a função ser apresentada para então proceder com a resolução.

Figura 3 – Segunda Fase: Duplas aguardando a função para derivarem



Fonte: Autores (2017)

A PUCPR não é a única instituição a realizar este o desafio. Universidades como a Federal de Santa Catarina (UFSC) campus Joinville e a Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR) também usam o desafio para motivar os estudantes. No mês de junho de 2018, ocorreu o II Torneio de derivadas inter-instituições na UFSC campus Joinville. Neste evento, as duas (2) primeiras duplas vencedoras de cada universidade competem. Isto realmente gera um ambiente de interação entre as universidades e de aprendizagem muito significativa.

### 3 RESULTADOS

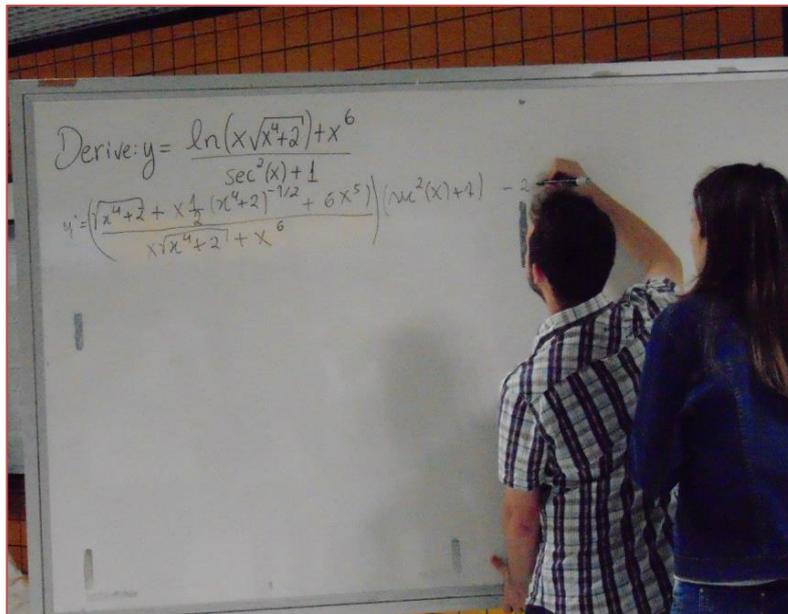
Os resultados obtidos com essa competição podem ser listados como: o engajamento do estudante com um game, peer instruction e como trabalhar sobre pressão. Resultados esses, importantes para o desenvolvimento do estudante enquanto acadêmico, mas também como um futuro profissional.

#### 3.1 ENGAJAMENTO DOS ESTUDANTES COM UM GAME

Segundo KAPP (2012), o termo gamificação (do inglês “gamification”) significa a utilização de elementos conceituais do desenvolvimento de jogos em ambientes e contextos que não dos próprios jogos em si. Cada vez mais, o número de pesquisas e aplicações da gamificação no ensino, tem sido desenvolvido devido ao seu alto poder de influenciar, engajar e motivar pessoas através de suas abordagens diferenciadas do modelo tradicional de ensino. Este fenômeno foi notado no desafio e trouxe como consequência um aumento da motivação para o estudo dos temas em sala de aula, tanto por parte dos participantes, quanto por parte daqueles que acompanharam o evento.

Acompanhar os estudantes animados e empolgados diante de uma situação (estudar cálculo), que é um grande vilão para eles, foi algo muito gratificante. O desafio fez com que os estudantes olhassem o cálculo como uma diversão, eles ficaram motivados e animados pelo simples fato de conseguir resolver uma derivada.

Figura 4 – Segunda Fase: Exemplo de derivada resolvida pelos estudantes



Fonte: Autores (2017)

#### 3.2 PEER STRUCTION

Outro resultado da competição foi promover uma aprendizagem de forma ativa e colaborativa. Para solucionar as deficiências no processo de aprendizagem, o método Peer Instruction foi desenvolvido e envolve os estudantes em sua compreensão de um determinado conceito com a ajuda de seus colegas, discutindo a resolução e a resposta de exercícios e problemas. (MAZUR, 2015).

Como no desafio os estudantes se organizaram em duplas e essas poderiam ser entre diferentes cursos e períodos, os estudantes interagiram e compartilharam experiências e conhecimento em diferentes níveis e compreensões. Algo de grande importância tanto na vida acadêmica de cada estudante quanto em sua vida profissional, onde ele terá que trabalhar com equipes com pessoas de diferentes áreas e níveis de conhecimento.

Além dessa interação, do trabalho em conjunto, compartilhado, podemos destacar o trabalho sobre pressão, algo que eles precisaram aprender já que as derivadas eram resolvidas num tempo pré-determinado, e sua pontuação dependia do tempo e da solução correta.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse desafio criou uma expectativa e uma curiosidade por parte dos estudantes, e na semana que antecedeu o evento, era possível observar manifestações por parte deles, no sentido, de revisarem os conceitos de derivada, de se mobilizarem para resolver algumas derivadas mais desafiadoras. Desta forma, apesar da maioria dos estudantes inscritos serem aqueles de melhor rendimento acadêmico, os demais foram contagiados com mobilização durante o evento.

Portanto, eventos como esse, motivam os estudantes a se dedicarem mais ao estudo dessas disciplinas de matemática e faz com que a desistência nas disciplinas diminua. Além de promover uma experiência diferente e rica para a vida acadêmica e profissional desses estudantes. Diante desses resultados a comissão organizadora considera fortemente a possibilidade de aplicar em outra oportunidade esse desafio ou variação dele.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ARNOLD, BRIAN J. Gamification in Education. In: ASBBS Proceedings; San Diego. San Diego: American Society of Business and Behavioral Sciences. (Feb 2014), 21.1, p.32-39.
- [2] CROUCH, C. H.; FAGEN, A. P. and MAZUR, E. Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms, Harvard University, 9 Oxford Street, Cambridge, MA 02138, (2002).
- [3] CROUCH, C. H.; FAGEN, A. P., MAZUR and WATKINS, J. Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once, University, Cambridge, MA 02138, (2007).
- [4] FRAGELLI, RICARDO. Rei da Derivada. Disponível em [www.reidaderivada.com](http://www.reidaderivada.com). Acesso em: 06 de abril de 2018.
- [5] FRAGELLI, R. R. Rei da Derivada: Um jogo de aprendizagem baseado em aprendizagem ativa. In: Leda Maria Rangearo Fiorentini et al. (Org.). Estilos de Aprendizagem, tecnologias e inovações na educação. 1ed. Brasília: Editora UnB, v. 1, p. 349-361, 2014.
- [6] KAPP, KARL M. The gamification of learning and instruction, game-based methods and strategies for training and education. San Francisco: Pfeiffer, 2012.
- [7] MAZUR, ERIK. Peer Instruction – A Revolução da Aprendizagem Ativa. Porto Alegre: Editora Penso, 2015.

# Capítulo 10

## MONITORIA COMO AUXÍLIO NA REDUÇÃO DA REPROVAÇÃO DA DISCIPLINA DE CIÊNCIA DOS MATERIAIS

*Camila Fukuda Gomes*

*Priscila Brentan Praxedes Pereira*

*Guilherme Barrachina Stocco*

**Resumo:** O presente trabalho visa apontar a importância da monitoria como auxílio no índice de reprovação da disciplina de Ciência dos Materiais. O papel do estudante monitor torna-se fundamental durante o processo de ensino e aprendizagem, uma vez que estes monitores realizam aulas, acompanhamentos, aplicação de simulados, entre outros. Algumas atividades desenvolvidas pela equipe de monitoria serão apresentadas. Observou-se que os estudantes sentem-se mais à vontade quando aplicam a aprendizagem por pares, ao invés de questionamentos diretos ao professor da disciplina. Com o auxílio da equipe de monitores, a reprovação na disciplina, no segundo semestre de 2017, reduziu de 25,5% para 23%, um valor apreciável de um universo de aproximadamente 300 estudantes, uma vez que isto representa 8 estudantes que conseguiram efetivar a aprendizagem.

**Palavras-chave:** Monitoria, Ciência dos Materiais, aprendizagem por pares.

## 1 INTRODUÇÃO

Através da percepção em sala de aula, observa-se três momentos fundamentais na aprendizagem dos estudantes. O primeiro momento acontece quando o estudante não se encontra no ambiente da sala de aula em que realiza leituras e pesquisas sobre o tema. Nesta etapa o professor não é necessário e o uso da sala de aula para fazer essa leitura cria momentos considerados entediantes pelos estudantes. A primeira transformação de um professor que quer fazer uma abordagem mais significativa ocorre com esta mudança de postura, passando de palestrante para mediador do conhecimento.

O segundo momento de aprendizagem ocorre efetivamente na sala de aula onde cabe ao professor trabalhar em cima das dúvidas dos estudantes para que os mesmos sejam capazes de construir o conhecimento.

Em um terceiro momento, pós aula, os estudantes devem retomar os conceitos aprendidos e reforçar a aprendizagem. Este é um dos momentos, em que o estudante monitor entra no processo de ensino e aprendizagem.

Quando o professor adota uma nova metodologia pedagógica, o estudante promove o desenvolvimento de uma postura ativa e construtiva, através das situações desafiadoras que estimulem a dúvida e provoquem a reflexão. As teorias de Piaget (2011), já descreviam o homem como um ser não passivo ao meio, pois responde ativamente a situações externas.

De acordo com Ausubel (1980), para se gerar um processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação, o docente deve propor uma aprendizagem significativa. Esta acontece quando uma nova informação é gerada e se acumula aos conceitos prévios construídos pelo aluno. Quando os conhecimentos prévios se unem com os novos, eles passam a adquirir um novo e transformador significado. Diferenciando-se da aprendizagem mecânica e repetitiva, no qual o estudante não consegue construir significado, limitando-se a memorização do conteúdo.

Segundo a Resolução 196/2017, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, que tem por objetivo regulamentar a estrutura, organização e funcionamento da monitoria dos cursos de graduação da Universidade, a monitoria tem por finalidade cooperar com as atividades de ensino vinculadas às disciplinas. Nesse contexto, não cabe expor o estudante-monitor a situações estranhas a esse processo de formação como, por exemplo, substituir o professor, avaliar os colegas estudantes, desenvolver pesquisas ou coleta de dados que não tenham relação de pertinência com a atividade docente, proposta no projeto interdisciplinar, realizar atividades meramente mecânicas, administrativas ou que não tenham articulação com a atividade docente.

A ação do monitor não pode, como às vezes sucede, se restringir a um help desk ou tira-dúvidas. Deve ir além, envolvendo também estratégias sistematicamente estruturadas com grupos de alunos, buscando, sob orientação do professor, coordenar momentos de estudo coletivo e de aprofundamento de temáticas de interesse de parte ou de toda a turma. O trabalho do monitor não precisa ocorrer apenas na forma presencial. Se o professor usa, por exemplo, um ambiente virtual de aprendizagem ou recursos da internet, como e-mail, chat ou fórum, as atividades de apoio à aprendizagem dos alunos poderiam acontecer a distância. Por exemplo, o professor pode criar fóruns de discussão de temáticas abordadas em sala, deixando o monitor como moderador e mediador do fórum. (SANTOS, M; LINS, N. 2007).

A disciplina de Ciência dos Materiais, é ministrada semestralmente, para aproximadamente 300 estudantes dos cursos de Engenharia. O período avaliado da monitoria, foi do segundo semestre de 2017.

## 2 DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE

Para melhorar a aprendizagem dos estudantes, houveram muitas alterações do projeto de monitoria do primeiro semestre 2017 em relação a este segundo semestre. Sempre buscando atender aos fóruns que são realizados na instituição, nesta mudança, passamos a inserir o monitor no processo ativo de ensino e aprendizagem, não somente para plantões de atendimento.

Durante este semestre os monitores trabalharam com plantões de oito horas semanais, além de realizarem atendimentos via WhatsApp@ e Facebook@. Os monitores criaram uma página no Facebook@ para postarem recados aos estudantes de forma rápida e de fácil visualização.

O monitor resolveu as listas propostas pelos professores orientadores e ficou à disposição dos estudantes para sanar dúvidas. Além dos exercícios propostos, os monitores também propuseram novos exercícios, baseados em bibliografias complementares. Semanalmente o monitor tirava suas dúvidas com os

professores orientadores. Para o acompanhamento dos monitores foi criado um grupo de WhatsApp@ onde os monitores tiraram dúvidas mais pontuais e imediatas com os professores orientadores.

Para um melhor acompanhamento das atividades propostas frente as atividades realizadas foi elaborado um quadro comparativo.

	ATIVIDADES PROPOSTAS PELA EQUIPE DE PROFESSORES	ATIVIDADES EFETUADAS PELA EQUIPE DE MONITORES DE CIÊNCIA DOS MATERIAIS 2017_2
Dificuldades na visualização e entendimento das estruturas cristalinas CS, CCC, CFC e HC. Cálculo do fator de empacotamento das estruturas	Seleção e disponibilização de vídeos que irão auxiliar na visualização dos sistemas cristalinos.	No início do semestre tivemos uma desistência de um dos monitores, o que causou uma demora devido a necessidade de refazer o processo seletivo. Mas a estratégia continuará para o próximo semestre.
	Aplicação de listas de exercícios dos cálculos do FEA.	Feito e acompanhado pelos professores orientadores.
Difusão: Dificuldade no entendimento dos cálculos de logaritmo (matemática básica). Dificuldade no reconhecimento e diferenciação da simbologia das fórmulas: confusão entre coeficiente de difusão, fluxo de difusão, etc.	Aplicação de listas de exercícios enfatizando bem as diferenças de conceitos entre os símbolos.	Feito e acompanhado pelos professores orientadores.
TDE – LIGAS METÁLICAS	Auxílio aos estudantes com o TDE sobre o capítulo de ligas metálicas.	Feito e acompanhado pelos professores orientadores.
Corrosão: Interpretação dos cálculos de eletroquímica. Dificuldade de transcendência no conhecimento	Listas de eletroquímica com alternância de situações para um entendimento global do fenômeno.	Feito e acompanhado pelos professores orientadores.
	Ajuda na resolução do estudo de caso trabalhado em sala	Feito e acompanhado pelos professores orientadores.
Provas e Vésperas de Provas	Aula sobre corrosão e difusão.	Feito somente a partir do segundo bimestre.
Diagrama de fases: Dificuldade no entendimento da nomenclatura. Cálculo de composições fases Regra da alavanca	Seleção e disponibilização de vídeos que irão auxiliar na visualização das micrografias.	Monitores ajudaram na pesquisa dos estudantes na confecção dos diagramas de fases propostos como atividade.
	Aplicação de listas de exercícios sobre regra da alavanca e composição das Fases	Feito e acompanhado pelos professores orientadores.
TDE – Vídeo sobre materiais: Metálicos, Poliméricos, Cerâmicos e/ou Compósitos.	Auxílio com a estrutura do vídeo.	Os monitores receberam rubricas de correção elaboradas pelos professores da disciplina e avaliaram os vídeos.
Propriedades Mecânicas: Análise dos gráficos Seleção de materiais baseado em restrições de projeto.	Auxílio no entendimento das curvas e auxílio com os estudos de caso e desafios.	Feito e acompanhado pelos professores orientadores.
	<b>Listas com critérios e seleções de materiais</b>	

(continuação...)

PROBLEMAS DE APRENDIZAGEM E DESAFIOS	ATIVIDADES PROPOSTAS PELA EQUIPE DE PROFESSORES	ATIVIDADES EFETUADAS PELA EQUIPE DE MONITORES DE CIÊNCIA DOS MATERIAIS 2017_2
Polímeros Dificuldades no cálculo da densidade Processamento	Listas com exercícios sobre o cálculo da densidade dos polímeros e sua influência nas propriedades mecânicas. Seleção de vídeos ilustrativos para processamento de polímeros	Feito e acompanhado pelos professores orientadores.
Aulões diagrama de fases e propriedades mecânicas.	Enfatizando interpretação gráfica e conceitos para seleção de materiais.	Feito e acompanhado pelos professores orientadores.
RELATÓRIO FINAL	Apresentação final aos professores: Sumarizando os atendimentos, dados e informações coletadas dos estudantes. Ideias de estudos de casos ou atividades diferenciadas que poderiam ser trabalhadas nos semestres posteriores.	Dados e listas de presença dos aulões enviados.

### 3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados alcançados pela equipe de monitoria serão neste tópico abordados dando ênfase aos projetos inovadores deste semestre.

A relação de aprendizagem por pares que o monitor é responsável não será nesta etapa discutida, mas isso não tira a importância desta metodologia. Podemos comprovar esta eficiência através dos números da procura semanal apresentada que não foi inferior a 7 estudantes em média.

Este número aumentou consideravelmente em semanas de prova, chegando a 30 estudantes em média.

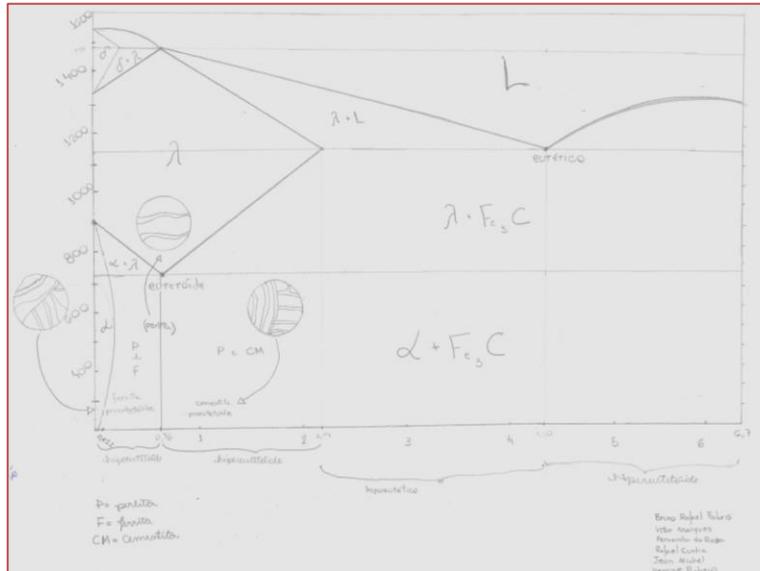
Como projetos inovadores podemos pontuar três atividades principais:

#### - Construção do diagrama de fases:

Os estudantes durante o semestre foram instruídos a após as aulas do tema de diagrama de fases pesquisarem para que pudessem confeccionar um diagrama de fases. Nesta etapa os monitores foram responsáveis por ajudar os estudantes no processo de pesquisa e entendimento das microestruturas e fases envolvidas.

Com a orientação dos professores e auxílio dos monitores os estudantes foram capazes de produzir diagramas com alta riqueza de entendimento e explicações, conforme figura 1.

Figura 1: Exemplo de um diagrama de fases produzido pelos estudantes.



**- Aulões**

Foram realizados dois aulões durante o segundo bimestre deste ano. Esta atividade foi a atividade que mais agregou tanto no aprendizado dos estudantes como no crescimento e autonomia dos monitores.

As aulas foram amplamente divulgadas pelos professores orientadores e a procura foi expressiva. A divulgação foi realizada durante as aulas, através do Facebook@ e pelo ambiente de comunicação institucional. Tivemos no primeiro encontro 53 estudantes presentes a aula de DIAGRAMA DE FASES. Este conteúdo é considerado pelos estudantes de difícil entendimento principalmente pela dificuldade no reconhecimento das nomenclaturas referentes ao conteúdo.

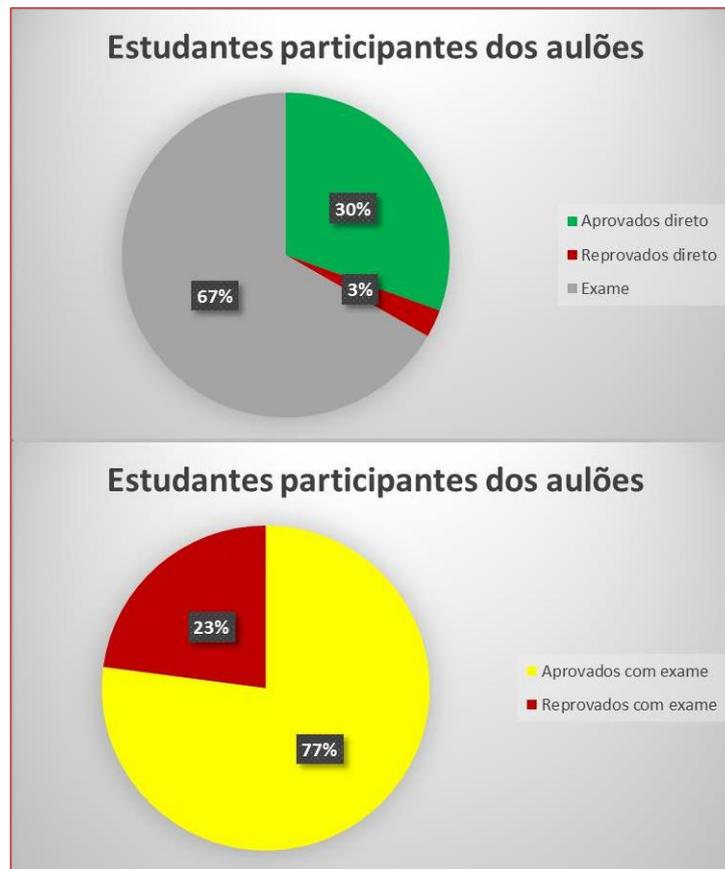
Os estudantes reportaram que foi uma atividade proveitosa, pois ficaram à vontade para sanar dúvidas que consideram simples para questionar ao professor.

Outro ponto positivo da atividade veio dos próprios monitores que se sentiram extremamente satisfeitos e empolgados com a experiência de compartilhar seus conhecimentos. Tão grande foi a satisfação que propuseram para o próximo aulão a aplicação de um simulado. Este simulado foi totalmente preparado por eles – com a supervisão de nós, professores – e teve alta aceitação por parte dos estudantes.

No segundo aulão, 52 estudantes compareceram à aula dos monitores e novamente todos reportaram grande aprendizado e complementação do entendimento, mostrando ser uma metodologia aceita e eficiente.

De acordo com a gráfico 1 pode ser feita uma análise do desempenho dos estudantes que frequentaram os aulões.

Gráfico 1: Resultados dos Estudantes participantes dos aulões

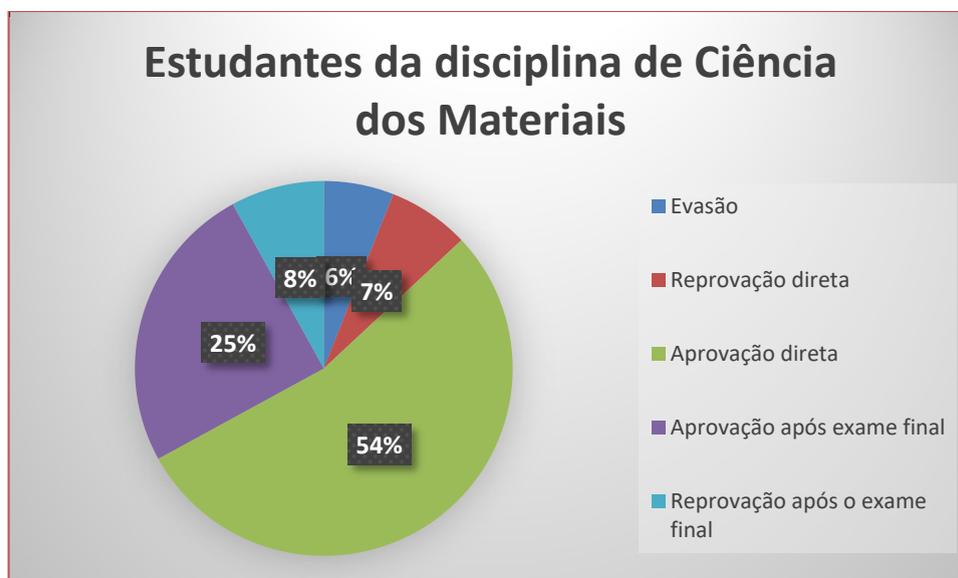


O que pode ser observado através das estatísticas feitas é que dos estudantes que participaram dos aulões, pouco mais de 30% tiveram aprovação direta, isso quer dizer, sem exame final. Sendo que dos estudantes que fizeram exame e participaram do aulão 77% foram aprovados. O que reforça a efetividade destes encontros em que a aprendizagem é mediada pelo monitor, pois muitos estudantes ainda se sentem intimidados em compartilhar suas dúvidas com o professor.

Outros pontos avaliados foram os índices de evasão e reprovação da disciplina. Este semestre o índice de evasão ficou em torno dos 6%. Houve um aumento expressivo com relação ao semestre anterior que foi de 2%. Acredita-se que fatores externos de ordem econômica tenham causado este aumento no afastamento dos estudantes.

Ocorreu uma diminuição no índice de reprovação que neste semestre ficou em 23% comparado aos 25,5% do semestre anterior. Já a aprovação geral teve um índice de 68,5%.

Gráfico 2: Resultado dos estudantes da disciplina de Ciência dos Materiais



Uma das constatações observadas é que os estudantes que buscam os aulões são os estudantes que deixam para estudar na véspera da prova e com baixo conhecimento retido. Por isso, o índice dos estudantes que ficaram para exame final e participaram dos aulões é alto, como indicado no gráfico 1.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi expressivo o aumento na procura da monitoria que os aulões proporcionaram. A atividade foi amplamente divulgada pelos professores e os monitores conseguiram cativar os estudantes pois mantiveram a mesma quantidade de estudantes nas duas aulas. Sendo que no primeiro encontro foram 53 estudantes e no segundo 52.

Durante os atendimentos semanais ainda se manteve o aumento na procura nas vésperas de prova, o que constata que os estudantes não fazem do estudo uma rotina. Buscaremos para os próximos semestres formas de auxiliar os estudantes a organização de hábitos de estudos.

O desempenho dos estudantes tem melhorado em relação aos semestres anteriores o que reforça que a equipe de monitores tem sido fundamental como parte integrante do processo de aprendizagem.

Todos estes resultados foram discutidos em uma apresentação técnica no XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, em setembro de 2018 em Salvador/BA.

#### REFERÊNCIAS

- [1] AUSUBEL, David. Psicologia educacional. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- [2] CONSUL, Resolução 196/2017. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2017.
- [3] PIAGET, Jean; Para onde vai a educação? Rio de Janeiro: Jose Olympio, 1998.
- [4] SANTOS, Mirza; LINS, Nostradamus; A monitoria como espaço de iniciação à docência; possibilidades e trajetórias. EDUFRRN. Natal, 2007.

# Capítulo 11

## *RELATO DE EXPERIÊNCIA: PRIMEIRA GESTÃO DO GRUPO PET ENGENHARIA ELÉTRICA CEFET-MG CAMPUS NEPOMUCENO*

*Sara Luiza da Silva*

*Iago Monteiro Vilela*

*Ludmila Aparecida de Oliveira*

*Samuel de Souza Ferreira Terra*

*Letícia Soares Santos*

*Ana Flávia Rodrigues Lopes*

*Breno Masson Lima*

*Igor de Souza Fonseca*

*Ignásia Aline Gama Carvalho Ferreira*

*Leonardo Silva Ricardino*

*Reginaldo Barbosa Fernandes*

**Resumo:** O programa de educação tutorial – PET do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais de Nepomuceno, instituído em outubro de 2017, cuja temática está relacionada à eficiência energética, apresenta neste trabalho os resultados obtidos pelas atividades realizadas, menciona os projetos que se encontram em andamento e expõe as dificuldades encontradas pelos discentes durante sua primeira gestão. Dentre as atividades relatadas, encontram-se minicursos, exposições, aulas ministradas e trabalhos técnicos que, em conjunto, contemplam o tripé ensino, pesquisa e extensão. Estas atividades têm se mostrado oportunas para evidenciar os mais diversos benefícios do programa, como por exemplo, contribuir para a qualificação do ensino acadêmico, instruir a sociedade quanto ao uso racional e sustentável da energia elétrica, solidificar o conhecimento através de atividades práticas que promovem a interação entre os alunos do CEFET-MG e das demais instituições, colaborar para a formação de novos cidadãos com responsabilidade social e incentivar os integrantes a desenvolver habilidades de oratória e trabalho em equipe, estimulando os discentes quanto a sua formação acadêmica e profissional.

**Palavras-chave:** PET. Engenharia. Eficiência Energética. Educação.

## 1 INTRODUÇÃO

As relações entre ensino, pesquisa e extensão decorrem dos conflitos em torno do papel da universidade ao longo da história. O anseio por conhecimentos práticos, vindo da população, exigiu das universidades um modelo de produção e transmissão do saber científico comprometido com as demandas sociais. Como resposta, as universidades pouco a pouco adotaram práticas que colocaram em “xeque” o modelo ultrapassado de instituições desconectadas da sociedade e deram lugar a novos projetos que unificaram ensino, pesquisa e extensão. Nasce então o princípio de indissociabilidade que no Brasil é assegurado pelo artigo 207 da constituição federal "As universidades gozam de autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial, e obedecerão ao princípio de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão". (BRASIL, 1996).

Como consequência, ao decorrer do tempo, notou-se que esta interação não só contribuía para o desenvolvimento social como também levava a própria academia a questionar aquilo que era produzido, acrescentando, portanto, em suas discussões internas.

Neste sentido, o Programa de Educação Tutorial – PET, criado em 1979 no conjunto das iniciativas de fortalecimento do ensino superior brasileiro conduzidas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, busca firmar este compromisso propondo um modelo de tutoria em que alunos são incentivados a interagir com a comunidade interna e externa sugerindo projetos que visam solidificar o conhecimento e agregar valor social, contemplando o tripé ensino, pesquisa e extensão.

No âmbito regional, o grupo PET do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais de Nepomuceno, voltado para o curso superior de Engenharia Elétrica, apresenta um modelo cujo foco está voltado para a temática eficiência energética. Seu núcleo foi fundado no ano de 2017 pelo edital interno N°57/2017, instituindo suas atividades em outubro do mesmo ano. Atualmente é constituído por 8 alunos bolsistas e 2 alunos voluntários, que ficam sob gestão de 1 tutor e 3 cotutores responsáveis por orientar e estruturar as atividades do grupo.

Referindo-se à eficiência energética, o termo pode ser associado ao consumo consciente da energia, visando otimizar sua utilização e evitando ao máximo o desperdício. Assim para que o conceito de eficiência energética seja difundido em âmbito social, é de fundamental importância o uso da educação como agente transformador, formando cidadãos comprometidos com questões ambientais e com uma nova qualidade de vida.

O grupo pretende discutir e expor o tema para o maior número de pessoas possíveis da região e inseri-las no contexto de sustentabilidade e o uso racional da energia, além de estimular os discentes quanto a sua formação acadêmica e profissional, por meio da pesquisa, ensino e extensão.

O presente artigo tem por objeto descrever as atividades realizadas e idealizadas ao longo dos 07 meses de atuação do grupo, caracterizando e expondo os efeitos causados nos integrantes do PET quanto para a comunidade externa.

## 2 DESENVOLVIMENTO

O Programa de Educação Tutorial tem por objetivo exercer atividades que contemplem o tripé ensino, pesquisa e extensão. Baseado neste princípio, a seguir estão listadas algumas das atividades desenvolvidas pelo PET Engenharia Elétrica do CEFET MG Núcleo Nepomuceno, o primeiro em seu segmento na instituição.

### 2.1 NIVELAMENTO EM MATEMÁTICA

O curso de Nivelamento em Matemática é uma disciplina extracurricular presencial com a duração de 30 horas/aula, destinado aos calouros da Engenharia Elétrica do CEFET MG Campus Nepomuceno, com intuito de combater a evasão e minimizar o alto índice de reprovações principalmente nas disciplinas de Cálculo e Geometria Analítica e Álgebra Vetorial, disciplinas elementares à realização da graduação.

Além disso, as aulas têm por objetivo promover o entendimento da matemática como instrumento indispensável para a aplicação de técnicas no curso de Engenharia. O curso é ministrado pelos próprios membros do grupo PET e aborda tópicos básicos do eixo da matemática. Outro ponto importante do curso é a troca de experiências entre os calouros e os petianos, já veteranos no curso, mostrando-lhes os caminhos a serem seguidos para obterem um resultado satisfatório.

Figura 1 – Nivelamento em matemática.



Fonte: Grupo PETEE – Nepomuceno.

## 2.2 DIVULGAÇÃO DOS CURSOS TÉCNICOS E DE GRADUAÇÃO DO CEFET MG CAMPUS IX À COMUNIDADE EXTERNA

O PET Engenharia elétrica, juntamente com o corpo docente do CEFET MG Campus IX promovem a divulgação do curso de graduação em Engenharia Elétrica, bem como os cursos técnicos em Eletrotécnica, Mecatrônica e Redes de Computadores, com intuito de levar informação e a possibilidade do desfrute de educação gratuita de qualidade, além de qualificação técnica, contribuindo para o crescimento social e intelectual do meio no qual o Campus está inserido, num ganho mútuo instituição – sociedade.

Figura 2 – Divulgação dos Cursos Técnicos e de Graduação.



Fonte: Grupo PETEE Nepomuceno.

Figura 3 – Banner de divulgação.



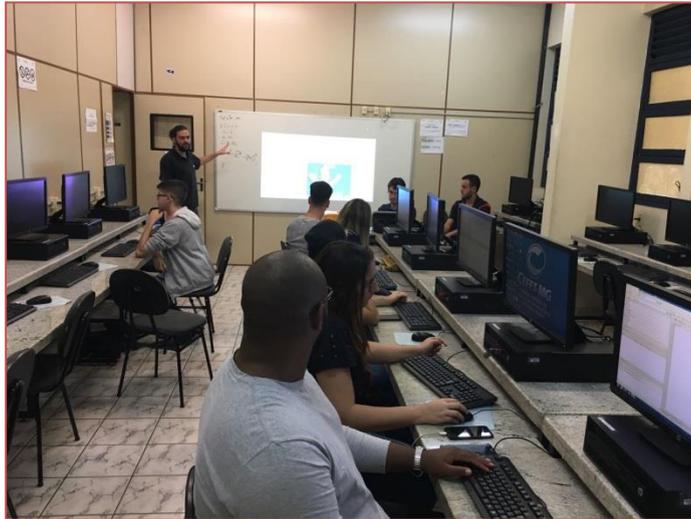
Fonte: Grupo PETEE Nepomuceno.

## 2.3 PROMOÇÃO DE MINICURSOS DESTINADOS AOS ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Atentos à necessidade dos alunos da graduação em engenharia elétrica, quanto à qualificação e aproximação do conteúdo abordado nas disciplinas contempladas pela grade curricular ao contexto prático cotidiano de um engenheiro Eletricista, o grupo PET Engenharia Elétrica propôs três minicursos, com carga horária de três horas aula cada, incorporando os temas:

- I) “Conceitos básicos sobre GNU Octave”, que consiste na apresentação e introdução do software com ferramentas extensivas para a resolução de problemas lineares numéricos de álgebra e cálculo, dentre outros conteúdos;
- II) “Noções Básicas de Circuitos em Software de Simulação PSIM”, que tem como propósito introduzir aos alunos as funcionalidades dos componentes eletrônicos e equipamentos de medição, bem como a utilização dos mesmos e a simulação computacional de circuitos elétricos e aplicações pertinentes ao campo da eletrônica;
- III) “AutoCAD Básico com Ênfase em projetos Elétricos”, que introduz aos alunos o planejamento e implementação de projetos elétricos utilizando software de desenho auxiliado por computador, etapa fundamental à realização de projetos.

Figura 4 – Minicurso “Conceitos básicos sobre GNU Octave”.



Fonte: Grupo PETEE Nepomuceno.

## 2.4 PARTICIPAÇÃO NO I SEMINÁRIO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

O grupo Fotovoltaica UFSJ, em parceria com o Centro Acadêmico de Engenharia Elétrica (CAELE) e a Empresa Junior de Engenharia Elétrica (Ejel), realizaram no primeiro semestre de 2018 o primeiro Seminário de Energia Fotovoltaica na Universidade Federal de São João Del Rei. O seminário teve o objetivo de promover os conhecimentos e divulgar o estudo dessa fonte de energia na UFSJ, como já ocorre em várias outras universidades brasileiras.

O evento caracterizou-se pela apresentação de seis palestras, que foram ministradas por alunos e ex-alunos da UFSJ, bem como por um professor pesquisador do tema. O Grupo Ecori também contribuiu para o evento, relatando a experiência da empresa como uma das principais fornecedoras de equipamentos do mercado fotovoltaico, o que contribuiu aos alunos participantes conhecimento técnico e visão de mercado, aprimorando os conhecimentos na área de eficiência energética.

A participação do grupo PETEE no seminário agregou experiência aos integrantes para futuras aplicações do tema em projetos sobre eficiência energética. Os conhecimentos obtidos poderão ainda ser repassados aos alunos e à comunidade externa do CEFET-MG

Figura 5 – Participação no I Seminário de Energia Fotovoltaica da Universidade Federal de São João Del Rei.



Fonte 1: Grupo PETEE Nepomuceno.

## 2.5 ATIVIDADES EM DESENVOLVIMENTO

O grupo PET Engenharia Elétrica vem desenvolvendo outros projetos voltados para a área de eficiência energética nos eixos do ensino, pesquisa e extensão.

A primeira chamada **“Palestras, colóquios e eventos”**, promove debates, colóquios, palestras e eventos, com o objetivo de expor ideias e temas que circulam no meio profissional e acadêmico do CEFET-MG Nepomuceno. O primeiro evento realizado pelo PET está previsto para acontecer em agosto de 2018, com a realização de um simpósio com o tema de Eficiência Energética, no CEFET-MG campus IX Nepomuceno.

A segunda atividade denominada **“Conscientização a respeito da utilização eficiente e segura da energia elétrica para consumidores de baixa renda”** tem como objetivo a conscientização da população de Nepomuceno a respeito da utilização eficiente e segura da energia elétrica. Esta atividade tem foco nos consumidores de baixa renda, promovendo ações de substituição das lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas ou led e substituição dos chuveiros elétricos convencionais por chuveiros inteligentes com sistemas de aquecimento solar.

A terceira atividade **“Desenvolvimento de dispositivo eletrônico capaz de inibir a presença de mosquitos e larvas transmissoras de doenças em água parada”**, tem o objetivo de criar um equipamento para evitar que a água fique parada em recipientes e reservatórios e, conseqüentemente diminuir a proliferação de mosquitos. O sistema deverá causar perturbações na água e operar usando a energia de uma célula fotovoltaica. Um circuito integrado ficará responsável pelo controle do dispositivo, fazendo com que as perturbações ocorram em intervalos fixos de tempo.

A quarta atividade de nome **“Eficiência energética a instalações elétricas – Estudo de caso”**, é um estudo de caso que visa identificar e avaliar metodologias de aumento na eficiência energética em instalações elétricas. Espera-se que essa atividade possa mostrar que é possível implementar projetos para redução do desperdício de energia em prédios públicos, com baixo investimento financeiro. Para desenvolver essa atividade, o grupo terá que usar técnicas e métodos de pesquisa, bem como a criatividade decorrente das condições criadas pelo confronto direto com os problemas.

A quinta e última atividade **“I Festival de Música e Dança do CEFET-MG Nepomuceno”**, visa a valorização da arte e cultura e propõe o fomento da produção cultural na unidade de Nepomuceno. O grupo acredita que a arte, música, dança e qualquer outra manifestação cultural compõe uma importante ferramenta na formação dos alunos, além da possibilidade de trazer a comunidade externa para dentro do CEFET-MG. O projeto se pauta na implantação de atividades extraclasse que promovam a escola como ambiente de socialização voltado para a cultura como um exercício de caráter social e relacional, tornando-a também um ambiente de convivência, de aprendizagem e cultura. A data prevista para o acontecimento da atividade é dia 27 de junho de 2018.

## 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do PET CEFET-MG Nepomuceno, estimula os discentes em sua formação acadêmica e profissional, e traz consigo grandes oportunidades tanto para os integrantes do grupo, quanto para os alunos da graduação, ensino médio integrado e técnico. Para os integrantes do grupo PET, cada atividade realizada ajuda no engrandecimento da formação acadêmica e pessoal, principalmente o senso de responsabilidade que vem com a organização de eventos.

Dar início ao programa PET Engenharia Elétrica no Campus IX trouxe vários desafios, tais como entender e colocar em prática a metodologia proposta pelo grupo, o que teve de ser suprido logo nos primeiros dias. Dentre as dificuldades iniciais, saber o que compete ao grupo e quais são os direitos e deveres do PET na prática foi o primeiro passo. Além disso, debutar os projetos do zero sem nenhum molde ao qual se auxiliar, ou sem existir projetos em andamento tornou a tarefa ainda mais desafiadora.

O programa trouxe experiência, autonomia e maturidade aos integrantes do grupo, qualidades essenciais no mercado de trabalho e também para o decorrer do curso. O grupo se mostra unido e ágil na realização dos projetos.

Devido as dificuldades encontradas, o grupo se propôs a conversar com pessoas que já possuíam experiência. O diálogo com membros de outros grupos PET, juntamente com um engenheiro agrônomo participante do programa, foi fundamental para superar os desafios e direcionar o grupo.

O grupo PET oferece para o campus, a realização de minicursos e palestras, contemplando a diversidade de áreas abordadas pelo curso, além de ter como objetivo a realização de inúmeros eventos. O foco de

atuação dessas atividades está igualmente dividido no tripé ensino, pesquisa e extensão, voltado para a área da eficiência energética e o desenvolvimento de conhecimentos que fortalecerão a relação acadêmica/social.

## REFERÊNCIAS

- [1] LOPES, L.C.J. A importância da educação para a eficiência energética. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/artigos/Paginas/a%20import%C3%A2ncia%20da%20educacao%20para%20a%20eficiencia%20energetica.aspx>. Acesso em: 17 abr. 2018.
- [2] BRASIL. Constituição Federal. Disponível em: [http://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988\\_atual/art\\_207\\_.asp](http://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_atual/art_207_.asp). Acesso em: 15 abr. 2018.
- [3] MARTINS, I. L. Educação Tutorial no Ensino Presencial - Uma Análise Sobre o PET. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/PET/pet\\_texto\\_iv.pdf](http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/PET/pet_texto_iv.pdf). Acesso em: 15 abr. 2018.
- [4] MOITA, F. M. G. S. C.; ANDRADE, F. C. B. Ensino-pesquisa-extensão: um exercício de indissociabilidade na pós-graduação. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, maio/ago, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v14n41/v14n41a06.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2018.

# Capítulo 12

## *ANÁLISE DE METODOLOGIA PADRÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DO NUPIDE/UBM*

*Ronan Gonçalves Gomes*

*Zilmar Alcântara Junior*

**Resumo:** A partir de meados do séc. XX a metodologia de Gerenciamento de Projetos tem se proliferado nos meios governamental, produtivo e empresarial, mas, no meio acadêmico, apenas após o advento do milênio ela despertou considerado interesse. Projetar é por definição lidar com a inovação, um resultado inédito. O objetivo desse trabalho é realizar um estudo que contraste a bibliografia concernente ao tema à observação in loco de um caso real sendo implementado num ambiente acadêmico. Foram coletadas informações que propiciaram verificar se a metodologia de Gerenciamento de Projetos do PMBOK poderia ser adaptar à estrutura acadêmico-científica e, ainda, se esta necessitaria de algum upgrade a fim de gerar, validar e reter o conhecimento produzido. Como resultados gerados, o presente trabalho pôde tabular os documentos criados pela equipe Projeto GP, mencionada no estudo de caso, e verificar a eficácia destes e se estão em conformidade com a literatura existente, sobretudo o Guia PMBOK e se estes poderiam de fato produzir os resultados almejados pela equipe GP aludida no estudo de caso apresentado neste trabalho.

**Palavras-chave:** Gestão de Projetos. Ambiente Acadêmico. Pesquisa Científica.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Salles Junior; Farias Filho (2004), as transformações advêm com a finalidade de gerar resultados e conseqüentemente novos produtos e serviços. Os autores ibidem ainda asseveram que um dos elementos basais para o surgimento das mudanças são os projetos.

Maximiano (2014) destaca que não é raro um projeto fracassar. O autor elenca alguns possíveis problemas comumente enfrentados pelo Gerente de Projetos no transcurso de sua execução, tais como mudança de escopo, atraso de entregas e alta taxa de rotatividade.

Segundo Gil (1991), do ponto de vista da sua natureza, o presente instrumento se classifica como uma Pesquisa Aplicada, que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos. Do ponto de vista de seus objetivos, conforme o autor ibidem toma-se este instrumento como uma Pesquisa Exploratória, pois, visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Diante disso, esse trabalho estabeleceu a hipótese apresentada a seguir:

Hipótese: A metodologia de Gerenciamento de Projetos (Project Management - PM) é passível de ser aplicada a qualquer Organização, independente de sua estrutura organizacional. Questão-chave: A metodologia de PM assegura a validação e retenção de conhecimento em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)? Questões de teste: Questão 01: O PMBOK apresenta práticas de PM adequadas para validação e retenção de conhecimento na organização ora investigada? Questão 02: Para validação e retenção de conhecimento é necessário que a metodologia de PM seja complementada com iniciativas específicas de Gestão do Conhecimento (KM – Knowledge Management)?

Esta pesquisa tem por objetivo geral realizar a análise de uma metodologia de PM que foi proposta para o NUPIDE/UBM. E, como objetivos específicos, procurará identificar como o PM impacta na operacionalização do plano de validação e retenção de conhecimento.

A referida investigação sobre o PM foi eleita por consequência das tensões quanto à expansão da produção científica e pela implantação progressiva de critérios e procedimentos acadêmicos e pela ênfase crescente na eficácia teórico-metodológica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A GESTÃO DE PROJETOS

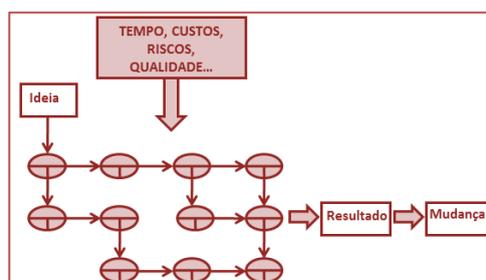
Segundo Salles Jr.; Farias Filho (2004), as transformações advêm com a finalidade de gerar resultados e conseqüentemente novos produtos e serviços. E o autor ainda acrescenta que um dos elementos basais para o surgimento das mudanças são os projetos, que, de acordo com o PMBOK (2013), consistem num esforço temporário, planejado, executado e controlado, com o objetivo de criar um produto ou serviço único.

#### Conceito, origem e evolução do gerenciamento de projetos

Entende-se por projeto, conforme o PMBOK (2013), um esforço com início e duração pré-estabelecidas, cujo objetivo é criar e/ou desenvolver um produto e/ou serviço original.

Maximiano (2014), figura 01, postula que o projeto é um encadeamento de atividades ou tarefas planejadas, com o comprometimento de prover um resultado que produz mudança.

Figura 01 – Esquema de um projeto



Fonte: Maximiano (2014)

É compreensível ajuizar o PM ser uma disciplina recente, porém, conforme Valeriano (2005), os seus conceitos principais nasceram já no século dezenove. A teoria de gestão moderna foi influenciada pelas metodologias científicas, sociais e empresariais ao longo de mais de um século. Taylor, Gantt e outros ajudaram a tornar a gestão de projetos numa estratégia empresarial distinta que requer estudo e disciplina.

O autor *ibidem* narra que os projetos governamentais de grande escala foram o ímpeto para a tomada de decisões importantes que passaram a ser a base da metodologia de gestão de projetos. Por exemplo, nos Estados Unidos, o primeiro projeto governamental verdadeiramente grande foram as estradas de ferro transcontinentais, cuja construção começou nos anos 60 do século XIX. De repente, os líderes empresariais encontravam-se perante a tarefa enorme de organizar o trabalho manual de milhares de trabalhadores e o processamento de quantidades de matérias-primas sem qualquer precedente.

Maximiano (2014) explica que a primeira ferramenta moderna do PM foi o cronograma desenvolvido por Henry Gantt, empregado para gerenciar a construção de navios na Primeira guerra mundial. Influenciado pelos conceitos de Taylor, Gantt decompôs o trabalho de construção naval em tarefas menores e as apresentou em um gráfico, mais tarde denominado de Gráfico de Gantt, por meio de barras e marcos. Esse artifício simples produziu grande eficiência às funções de planeamento e controle e permitiu que navios de guerra em amplas quantidades fossem construídos em um tempo significativamente reduzido.

Segundo Laruccia et al. (2012), o PM, na sua forma moderna, começou apenas algumas décadas atrás. No início dos anos 50, organizações empresariais e outras começaram a aperceber-se dos benefícios obtidos pela organização de trabalhos através de projetos. Esta visão centrada em projetos desenvolveu-se ainda mais, quando as organizações repararam na necessidade crítica dos empregados de comunicarem e colaborarem na integração do trabalho de vários departamentos e profissões e, em alguns casos, de indústrias inteiras.

Para Valeriano (2005), é indispensável diferenciar e interpretar os atributos característicos de cada projeto. Sem a percepção dessas particularidades peculiares não há como aludir, de forma efetiva, métodos e ações de aperfeiçoamento. Dessa forma, para se alcançar êxito em certo perfil de projeto é imprescindível à construção de teorias que elucidem como esses projetos possam ser geridos de forma apropriada. Existe um paradigma que precisa ser ultrapassado, de sorte que se possibilite evolucionar em passo acelerado na busca dessas inovadoras teorias.

## **2.2 A GESTÃO DE PROJETOS NO AMBIENTE ACADÊMICO**

Segundo Moutinho; Kniess; Rabechini Junior (2013), a área de PM foi, durante muitos anos, considerada como de pouca ou nenhuma importância acadêmica.

Contudo, a partir do início do novo milênio, especialmente nos últimos 10 anos, os projetos de P&D vêm crescendo expressivamente no Brasil, conforme a ANEEL (2009). Inúmeros fatores colaboraram para isso, entre eles, a obrigação normatizada das companhias do setor elétrico e do setor de petróleo e gás em investirem uma parcela seu faturamento em P&D. Além do estímulo de institutos públicos e privados de fomento (FAPESP, CNPq, etc.) e leis de incentivo fiscal para as empresas. Contudo, o PM de P&D ainda é um desafio no Brasil, em que a tradição da pesquisa está tão-somente principiando a se alastrar.

Em que pese haver hoje em dia metodologias assaz desenvolvidas para o PM, segundo os autores *ibidem*, quando se trata dos projetos de P&D, ainda urge-se que sejam superados inúmeros desafios, isto porque, em se tratando de P&D nem sempre os resultados obtidos coadunam com os intentos iniciais, uma vez que, por premissa, procura-se testar hipóteses levantadas no escopo inicial da pesquisa.

Segundo Ribeiro (2015), o PM no ambiente acadêmico de forma metodologicamente sistematizada teve seu início com o projeto Baja SAE na universidade da Carolina do Sul, nos Estados Unidos, sob a direção do Dr. John F. Stevens, em 1976, já no Brasil o projeto chegou em 1994, com o nome de Projeto Baja SAE BRASIL, conforme o Regulamento Baja SAE Brasil (2010), sob o intento de provocar os acadêmicos de engenharia a se envolverem com um caso real de desenvolvimento de projeto, a fim de que esses empreguem na prática o know-how adquirido em sala de aula.

### 2.3 A PESQUISA CIENTÍFICA COM O CONCEITO DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Conforme Moutinho; Kniess; Rabechini Junior (2013), em projetos de P&D, ao se elaborar o seu escopo, urge-se que seja perscrutado com intensa problematização e adaptação de metodologias científicas já consolidadas para que este seja elaborado com factibilidade.

Valeriano (2005) destaca que se inicia o gerenciamento de um projeto com o planejamento, dando especial enfoque em quatro fases interconexas: a fixação do escopo; a descrição minuciosa das tarefas/atividades; a estimação dos recursos necessários; e, por fim, a organização do cronograma.

Laruccia et al. (2012) salientam que o primeiro passo que deve ser tomado ao estabelecer o escopo em um projeto de P&D é fazer a correta diferenciação entre uma hipótese e uma premissa, pois, a hipótese configura-se como uma resposta ou um resultado que pode ser alcançado ou refutado ao ser devidamente testado, enquanto que, uma premissa é um resultado já conhecido e/ou esperado. Assim, pode-se afirmar que o produto resultante de um projeto de P&D é o próprio teste e não o resultado obtido, pois, uma vez que o resultado era desconhecido não se podia especificar o que verdadeiramente o projeto iria produzir.

Os autores ibidem esclarecem que na sequencia do planejamento de um projeto de P&D, na descrição minuciosa das tarefas/atividades, denominada WBS (work breakdown structure) ou adaptada ao nosso contexto como a EAP (estrutura analítica do projeto) ainda tomando como base as alegações supracitadas para que este projeto não tenha suas atividades/tarefas comprometidas faz-se imprescindível fazer a distinção entre as hipóteses e as premissas deste, uma vez que, ao se estruturar uma atividade/tarefa de uma determinada entrega em que haja alguma hipótese que ainda não fora testada deve-se considerar dois caminhos: o primeiro é aquele em que a hipótese é corroborada e o segundo que ela é refutada.

Ainda os autores ibidem, propõem que no terceiro passo de planejamento de um projeto de P&D em que será feito a estimativa dos recursos necessários para a execução das tarefas/atividades a maior dificuldade está na correta alocação destes recursos quanto à sua especificidade ante o projeto, uma vez que os projetos de P&D demandam mão-de-obra especializada, ao passo que, quanto mais complexo o projeto, mais específico será o perfil do pesquisador, dificultando a alocação do recurso à atividade/tarefa e, ainda, conseguir dividir a atividade/tarefa de tal modo que nas menos complexas possa se empregar recursos não tanto especializados e empregando-se o recurso altamente especializado somente nos pontos em que este for assaz necessário.

E, no quarto e ultimo passo no planejamento de um projeto P&D, a elaboração do cronograma mostra-se a fase mais incerta uma vez que os projetos de P&D coexistem com um elemento de incerteza com relação aos seus resultados. O conjunto dos resultados alcançados nas variadas atividade/tarefas do projeto pode gerar resultados que inviabilizem a continuidade do mesmo ou que seja necessário replanejá-lo. Para tentar dirimir esta incerteza pode-se dividir as fases do projeto em determinadas entregas conforme a produção ou não dos resultados outrora conjecturados e só então avaliar a factibilidade de sua continuidade, isto porque, conforme o entendimento de Moutinho; Kniess; Rabechini Júnior, (2013), na seara dos projetos de P&D há uma peculiar complexidade em se esboçar as tarefas/atividades a serem concretizadas. Isto implica em que o cronograma não tenha detalhamento das tarefas/atividades, mas, apenas marcos, que servirão de abalizadores para a tomada de decisão em alocar mais recursos ou abortar o projeto.

#### **O gerenciamento de projetos em relação à mensuração, validação e retenção de resultados**

Segundo Albrecht (2004), a geração de conhecimento sugere que os projetos tenham um enfoque interdisciplinar, capaz de cultivar os conhecimentos de diversas áreas e de diversas disciplinas conectando o conhecimento explícito e tácito, existente neste procedimento.

Ainda, para o autor ibidem o KM é um conjunto de estratégias para criar, adquirir, compartilhar e utilizar ativos de conhecimento, bem como constituir caminhos que garantam as informações necessárias no tempo e formato apropriados.

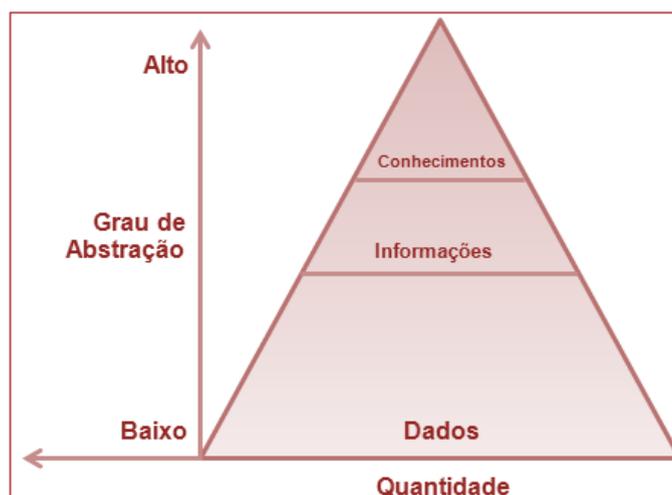
Para Laruccia et al. (2012), a mensuração dos resultados está relacionada às fases de planejamento, coleta, análise e divulgação de um conjunto de indicadores antecipadamente acordados ante aos stakeholders com o intuito de acompanhar metodicamente a evolução e a efetividade dos projetos. Já a avaliação envolve a compilação e análise recorrente e ordenada das informações geradas na fase de mensuração dos resultados, tais como as informações acerca do acompanhamento e controle, a validação ou não das premissas e hipóteses, etc.

Conforme os autores ibidem, a falta de registros das atividades/tarefas muitas vezes decorrente da cultura acadêmica em que o projeto pertence ao pesquisador e não à instituição do qual ele faz parte, não raro

origina o detrimento de conhecimentos essenciais e obriga inúmeros trabalhos a serem recomeçados, suscitando uma gama de entraves e, sobretudo, prejuízos com o retrabalho e o refinanciamento de uma mesma atividade/tarefa.

Para Teixeira Filho (2000), a gênese do conhecimento tácito é um processo individual, em que os dados obtidos sobre determinado processo suscitam a base para a compilação das informações que serão transformadas em conhecimento. Turban; Aronson (1998) ilustram esse mecanismo na figura 02 a seguir.

Figura 02: Diagrama de comparação entre dados, informações e conhecimento



Fonte: Turban; Aronson (1998) apud Gouveia; Montalvão; Brito (2010)

Coral; Ogliari; Abreu (2008) salientam que na condução de experimentos científicos se deve organizar o conhecimento. Sendo o contexto de P&D profundamente relacionado à inovação, há maior grau de incerteza e grande utilização e relevância do conhecimento tácito por ela gerada. O bojo de conhecimento tácito deve ser identificado, contextualizado, compreendido e registrado, gerando maior base de conhecimento explícito.

#### **A importância da sistematização da pesquisa com o arcabouço de gerenciamento de projetos adaptado à realidade dinâmica da pesquisa científica**

Conforme Marconi; Lakatos (2003), a ciência se ancora em determinadas verdades que muitas vezes não se configuram absolutas, ou seja, elas, muitas vezes, não são atemporais, desse modo, ela se constrói, desconstrói e se reconstrói. Nesse sentido, os projetos de P&D constroem a ciência. Junqueira; Bezerra; Passador (2015) salientam que:

As tensões contidas dentro de sistemas de produção de conhecimento público resultaram em alterações no ambiente de trabalho acadêmico [...]. (JUNQUEIRA; BEZERRA; PASSADOR, 2015, p.3)

E, conforme Shelley (2010), isso tem levado ao aumento da visibilidade da importância da pesquisa e sua gestão utilizando a estrutura de PM. Os dirigentes das universidades tornaram-se focados em colocar em funcionamento estruturas gerenciais e abordagens que possibilitem às instituições monitorar e avaliar o desempenho das pesquisas realizadas.

A sistematização da pesquisa adaptado ao arcabouço de PM se mostra factível, visto que, conforme Merriam (1998, p. 46) no qual observa que “A escolha de uma concepção teórica [...] guiará o processo de pesquisa.”, uma vez que os projetos de P&D originam um dilatado volume de dados que carecem de ser organizados e semantizados, demandando, dessa forma, um procedimento ininterrupto em que se busca identificar dimensões, categorias, padrões, etc., o arcabouço de PM tolerará, ao traçar o seu projeto de pesquisa, apoiar sua análise desenvolvida durante toda a investigação, em um processo iterativo com a coleta de dados, por razão de ele alocar corretamente o emprego dos recursos respeitando suas precedências e permitir efetivo controle para que resultados sejam atingidos, municiando três áreas cruciais para o desenvolvimento da pesquisa científica, conforme Junqueira; Bezerra; Passador (2015):

1. Pessoas: com sistematizada alocação de recursos possibilitando que cada área disponha de suas competências e integrando-as na otimização desses recursos;
2. Processos: apoiando os pesquisadores nas atividades operacionais, tais como aquisições de materiais e/ou serviços, verificação de conformidade da documentação exigida, etc., de modo que seu tempo fosse dedicado à exclusivamente à pesquisa.
3. Ferramentas: uso de softwares para o controle do cronograma, elaboração de planilhas, gráficos, etc., que permitam estabelecer indicadores de qualidade e eficácia.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO**

O NUPIDE, Núcleo de Pesquisas, Inovação e Difusão das Engenharias se caracteriza como um subdepartamento da Coordenadoria de Pesquisas do Centro Universitário de Barra Mansa cuja finalidade basal é iniciar os acadêmicos à pesquisa científica.

O referido departamento abrange todos os cursos de Engenharia oferecidos pelo UBM, tanto no Campus Barra Mansa quanto no Campus Cicuta.

Participam do núcleo docentes pesquisadores que trabalham com a pesquisa aplicada na instituição e acadêmicos regularmente matriculados selecionados após divulgação de Edital.

#### **3.2 DESCRIÇÃO DO CASO**

O estudo de caso ora analisado se trata de um projeto de iniciação científica desenvolvido no NUPIDE/UBM por alunos do curso de Engenharia de Produção, sob o escopo de desenvolver uma nova metodologia para o PM de acordo com as premissas do PMBOK, metodologia esta que viria substituir a metodologia existente no referido núcleo de pesquisas.

Cada equipe atuante no NUPIDE/UBM conduzia seu projeto conforme metodologia já existente, porém, foi identificado que esta poderia ser aperfeiçoada, haja vista o crescimento do núcleo nos últimos anos, dessa forma, foi criado uma equipe, denominada genericamente Projeto GP, para sugerir um amadurecimento na metodologia, de forma simplificada e, de acordo com as premissas do PM elencadas no PMBOK.

#### **3.3 ANÁLISE CRÍTICA DO CASO**

A Tabela 01 a seguir, irá avaliar os documentos criados pela equipe do Projeto GP, analisando se são capazes de dar eficiência e efetividade na condução da pesquisa científica.

Tabela 01 – Documentos produzidos, a sua correlação com o processo de área do conhecimento segundo o PMBoK e fase do projeto e descrição quanto à sua utilização e suas vantagens

CLASSE	DOCUMENTO	ÁREA DO CONHECIMENTO	FASE DO PROJETO	DESCRIÇÃO	VANTAGENS
A	Check List para a Condução de Projetos	Iniciação; Integração;	Planejamento; Execução e Monitoramento;	Planejar, orientar e gerenciar a execução do Projeto;	Propicia aos acadêmicos iniciarem cada fase do projeto de forma ordenada.
B	Formulário de Stakeholders	Partes Interessadas;	Planejamento;	Identificar as Partes Interessadas;	Permite distinguir os integrantes diretos do projeto que realizarão as atividades e também os indiretos, que fornecerão dados e/ou realizarão atividades.
C	Modelo de Lista das Atividades;	Tempo;	Planejamento;	Definir, sequenciar, estimar as durações e os recursos das atividades;	Facilita a construção da EAP.
D	Modelo de EAP (Estrutura Analítica do Projeto);	Escopo;	Planejamento;	Controlar o escopo pela definição das tarefas/atividades a serem realizadas para o cumprimento do projeto;	Permite mensurar a evolução do projeto de forma visual e simplificada.
E	Modelo de Cronograma com Gráfico de Gantt;	Tempo;	Planejamento;	Sequenciar as atividades, as entregas e os marcos e/ou fases do projeto;	Essencial para o efetivo controle da duração do projeto, bem como de suas atividades.
F	Plano de Gerenciamento de Escopo;	Escopo;	Planejamento;	Planejar os requisitos e o gerenciamento do escopo;	Estabelece de forma clara o que o projeto será e os requisitos para o seu aceite.
G	Plano de Gerenciamento das Comunicações;	Comunicações;	Planejamento;	Planejar os requisitos e o gerenciamento das comunicações;	Estabelece a forma como a comunicação fluirá entre os integrantes do projeto.
H	Termo de Abertura do Projeto (Project Charter);	Integração;	Iniciação;	Documentar o início do projeto;	Estabelece o marco inicial do projeto no tocante às suas atividades/tarefas.
I	Modelo de Acompanhamento do Cronograma do Projeto com Gráfico de Gantt;	Integração;	Execução e Monitoramento;	Monitorar e controlar o trabalho do projeto; realizar o controle integrado de mudanças;	Congela a base line do projeto permitindo verificar simplificadaamente seu atraso ou adiantamento.

Tabela 01 – Documentos produzidos, a sua correlação com o processo de área do conhecimento segundo o PMBoK e fase do projeto e descrição quanto à sua utilização e suas vantagens

(continuação...)

CLASSE	DOCUMENTO	ÁREA DO CONHECIMENTO	FASE DO PROJETO	DESCRIÇÃO	VANTAGENS
J	Formulário para a Distribuição das Informações;	Comunicações;	Execução e Controle;	Gerenciar e controlar as comunicações;	Instrui aos integrantes como se comunicar efetiva e eficientemente.
K	Ata de Reunião;	Partes Interessadas;	Execução e Controle;	Gerenciar o engajamento das partes interessadas;	Permite o controle das decisões tomadas para a futura prestação de contas e a elaboração de relatórios.
L	Formulário de Acompanhamento do Projeto;	Integração ;	Execução e Controle;	Monitorar e controlar o trabalho do projeto; realizar o controle integrado de mudanças;	Permite aos acadêmicos relatarem ao Orientador o andamento do projeto de forma sintética e objetiva.
N	Lista de Verificação da Qualidade;	Escopo;	Execução e Controle;	Controlar e verificar as entregas quanto às especificações do escopo;	Permite verificar se as entregas estão de acordo com o escopo do projeto, validando o seu aceite.
M	Formulário de Lições Aprendidas;	Integração;	Encerramento;	Encerrar o projeto;	Propicia a cristalização na Organização, de forma explícita, o conhecimento tácito adquirido no decorrer do projeto.

Fonte: Os autores

A respeito do documento da classe A, Chiavenato; Sapiro (2009) esclarecem que a estrutura organizacional define os processos e norteia a maneira pela qual as atividades são realizadas a fim de se alcançar os objetivos estratégicos, assim, o referido documento se enquadra como sendo um mecanismo de decisão que oferece os recursos de informação para auxiliar o processo de tomada de decisão.

O documento B propicia formar uma estrutura básica, também citado pelos autores ibidem, o qual define a hierarquia, descrevendo as atribuições dos cargos, contribuindo para a efetiva implementação do plano estratégico na alocação de recursos para a execução das tarefas necessárias à obtenção do objetivo estratégico.

Os documentos: C e D permitem, conforme Valeriano (2005), desconectar os objetivos de longo prazo em objetivos de curto prazo, delineando como, onde e por quem os meios disponíveis serão utilizados, e também permitem mensurar a evolução do projeto de forma visual e simplificada.

Os documentos: E e I propiciam, conforme Oliveira (2006), executar a estratégia, que, segundo o entendimento de Kanaane (1994), demanda o engajamento de todos os colaboradores da organização e urge que cada componente desempenhe suas tarefas cuidadosamente para a concretude da mesma, para que esta seja efetiva e bem sucedida.

Os documentos: F e G permitem dirimir a resistência às mudanças, conforme Chiavenato; Sapiro (2009), dentre os principais fatores que levam à resistência, ele permite dirimir o não entendimento,

principalmente por não disporem de todas as informações para decidirem de forma positiva, assim, os documentos atendem a uma das abordagens propostas pelos autores *ibidem*, a participação e envolvimento.

O documento H, conforme Maximiano (2014) promove efetivamente o encadeamento das atividades ou tarefas planejadas, com o comprometimento de prover um resultado que produzirá a mudança.

O documento J também permite dirimir a resistência às mudanças, conforme Chiavenato; Sapiro (2009), pois, conforme os autores, dentre os principais fatores que levam à resistência, ele é capaz de dirimir o auto interesse, originado da preocupação acerca de como as mudanças poderão afetá-las, mais do que com os benefícios para o interesse coletivo ou organizacional, assim, o documento atende também a uma das abordagens propostas pelos autores, a facilitação e o suporte.

Acerca do documento K, os autores *ibidem* asseveram que com a constante variedade e complexidade de novos modelos de estruturas organizacionais obriga-se a desenvolver constantemente novos mecanismos de coordenação adequados. Os autores discorrem que para funcionar adequadamente a organização precisa de um sistema confiável e estável que proporcione a estrutura para coordenar e integrar todos os recursos, capacidades e competências, incluindo as pessoas com seus cargos e hierarquias, e as equipes com suas tarefas e relacionamentos.

O documento L permite o ajuste estrutural, que conforme Bethlem (2004) operacionaliza, ou seja, viabiliza e efetua a estratégia no que tange à integração e ao ambiente relacional para que estes venham produzir uma sinergia, pois, uma vez que a estratégia tem um caráter sistêmico se faz necessário integrar, juntar, unir ao invés de dividir, fragmentar e separar.

O documento M pode dirimir as incertezas de determinadas entregas conforme a produção ou não dos resultados outrora conjecturados no escopo inicial do projeto, e, só então, avaliar a factibilidade de sua continuidade, conforme Laruccia et al. (2012).

Quanto ao documento N, Valeriano (2005) assevera que é indispensável diferenciar e interpretar os atributos característicos de cada projeto. Para Gouveia; Montalvão; Brito (2010), sem a percepção dessas particularidades peculiares não há como aludir, de forma efetiva, métodos e ações de aperfeiçoamento. Ainda, segundo Albrecht (2004), a geração de conhecimento sugere que os projetos tenham um enfoque interdisciplinar, capaz de cultivar os conhecimentos de diversas áreas e de diversas disciplinas conectando o conhecimento explícito e tácito, existente neste procedimento. Dessa forma, conforme Coral; Ogliari; Abreu (2008), o bojo de conhecimento tácito pode ser identificado, contextualizado, compreendido e registrado, gerando maior base de conhecimento explícito.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Quanto à hipótese levantada no presente trabalho, verificou-se que a literatura assevera que os projetos buscam ajustar a estruturação organizacional com a alocação de recursos, direcionados para o alcance de resultados específicos.

Sobre a questão chave estabelecida no presente trabalho, que arguiu se a metodologia de PM assegurava a geração e retenção de conhecimento em projetos de P&D se verificou, conforme abordou Albrecht (2004), que os projetos, quando devidamente gerenciados, são capazes de cultivar os conhecimentos de diversas áreas e disciplinas e, principalmente é capaz de conectar os conhecimentos explícitos e tácitos.

A respeito da primeira questão de teste, verificou-se, conforme discorrido por Laruccia et al. (2012), que a ausência de registros das atividades e/ou tarefas, corriqueira no ambiente acadêmico, pela errônea concepção de que o projeto pertença ao pesquisador e não à instituição do qual ele faz parte, muitas vezes acarreta o detrimento do conhecimento gerado e provoca o retrabalho, pois o conhecimento tácito gerado, se não for devidamente explicitado, fica retido somente ao pesquisador, assim, na tabela que apresentou os documentos criados e os correlacionou com as áreas do conhecimento elencados no PMBoK e com as fases do projeto estes permitem tanto a geração quanto a retenção do conhecimento no organização, uma vez que, tais registros, ficarão disponíveis para os futuros pesquisadores adquirirem conhecimento, uma vez que assevera-se que a origem do conhecimento tácito é um processo individual, em que os dados sobre determinado processo suscitam a base para a compilação das informações que serão transformadas em conhecimento.

Sobre a segunda questão de teste, conforme Coral; Ogliari; Abreu (2008), os autores salientam que na condução de experimentos científicos é assaz importante se organizar o conhecimento, pois, no contexto

de P&D este está profundamente relacionado à inovação e, conseqüentemente permeia maior grau de incerteza e por isso carece de grande utilização do conhecimento tácito e, ainda, conforme Albrecht (2004), sendo a KM um conjunto de estratégias para criar, adquirir, compartilhar e utilizar ativos de conhecimento, bem como de constituir caminhos que garantam as informações necessárias no tempo e formato apropriados, a fim de auxiliar na criação de ideias, soluções de problemas e tomada de decisão, esta se constitui essencial para complementar a metodologia de PM a fim de que esta seja efetiva na geração e retenção de conhecimento.

Relativo ao objetivo geral assumido, o mesmo foi plenamente satisfeito pelo fato de que o trabalho pôde verificar que a sistematização da pesquisa adaptada à estrutura de PM não somente se mostrou factível, mas, preponderante para sua validação científica, isto porque este permite sustentar toda a análise desenvolvida no decorrer de toda a investigação.

Quanto aos objetivos específicos fora verificado que, ao passo que o arcabouço do PM se preocupa já na fase do planejamento com quatro áreas interconexas que permearão todo o processo da pesquisa com uma ajustada definição do escopo, a descrição minuciosa das atividades bem como uma eficiente estimação dos recursos necessários para a sua execução para que seja possível criar e gerir um cronograma que delimite o início e o fim da pesquisa de maneira eficiente e eficaz quanto aos seus resultados esperados, e, também quanto à mensuração dos resultados verificou-se que o arcabouço de PM permite estabelecer indicadores que propiciem estimar a evolução dos projetos de pesquisa, uma vez que este distingue suas fases e/ou marcos que maneira explícita.

## REFERÊNCIAS

- [1] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Revista Pesquisa e Desenvolvimento. P & D. Nº 3, 2009.
- [2] ALBRECHT, Karl. Um modelo de Inteligência Organizacional. HSM Management, ano 8, nº. 44, p. 30-34, 2004.
- [3] BETHLEM, A.S. Estratégia Empresarial: Conceitos, Processo e Administração Estratégica. Atlas, 5ª Ed. 2004.
- [4] CHIAVENATO, I.; SAPIRO, A. Planejamento estratégico: fundamentos e aplicações. 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- [5] CORAL, E.; OGLIARI, A.; ABREU, A.F. Gestão integrada da inovação: estratégia, organização e desenvolvimento de produtos. São Paulo: Atlas, 2008.
- [6] GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.
- [7] GOUVEIA, F.F.; MONTALVÃO, J.B; BRITO, M.S. Gerenciamento de Lições aprendidas: Estudo de caso de projeto de integração laboratorial. 2010. 80 f. Dissertação. (MBA em Gerenciamento de Projetos) Instituto Superior de Administração e Economia da Fundação Getúlio Vargas. 2010.
- [8] JUNQUEIRA, M.A.D.R.; BEZERRA, R.C.R.; PASSADOR, C.S. O processo histórico de construção de um PMO: Estudo de caso em uma universidade paulista. III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (III SINGEP). Anais do III SINGEP e II S2IS. São Paulo, SP. Brasil. 2004.
- [9] KANAANE, R. Comportamento humano nas organizações: o homem rumo ao Século XXI. São Paulo. Atlas, 1994. LARUCCIA, M.M; IGNEZ, P.C; DEGHI, G.J.; GARCIA, M.G. Gerenciamento de projetos em pesquisa e desenvolvimento. Revista de Gestão e Projetos - GeP, São Paulo, v. 3, n. 3, p 109-135, set./dez. 2012.
- [10] MARCONI, M.A; LAKATOS, E.M. Fundamentos da Metodologia Científica. 5ª Ed. Atlas, 2003.
- [11] MAXIMIANO, A.C.A. Administração de Projetos: como transformar ideias em resultados. Atlas, 5ª Ed. São Paulo. 2014.
- [12] MERRIAN, S.B. Qualitative research and case study applications in education. San Francisco (CA): Jossey-Bass, 1998.
- [13] MOUTINHO, J.A.; KNISS, C.T; RABECHINI JUNIOR, R. A influência da gestão de projetos P&D em universidades públicas na definição do modelo de um escritório de gerenciamento de projetos. Gestão & Regionalidade – Vol. 29 – Nº 85, 2013.
- [14] OLIVEIRA, D.P.R. Planejamento estratégico: conceitos, metodologias e práticas. 16 ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- [15] REGULAMENTOBAJA SAE BRASIL, (2010). CAPÍTULO 1: Definições.
- [16] RIBEIRO, I. M. Estudo sobre o gerenciamento de projeto de desenvolvimento de um veículo baja para competições. 2015. 54 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

- [17] SALLES JR., C.A.C.; FARIAS FILHO, J.R. de. *Se é Novo, é Projeto*. Mestrado Profissional em Sistema de Gestão – Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente – UFF. Rio de Janeiro, 2004.
- [18] SHELLEY, L. Research managers uncovered: Changing roles and shifting arenas in the academy. *Higher Education Quarterly*, v. 64, nº.1, p. 41-64, 2010.
- [19] TEIXEIRA FILHO, J. *Gerenciando o conhecimento: como a empresa pode usar a memória organizacional e a inteligência competitiva no desenvolvimento dos negócios*. Rio de Janeiro: Ed. SENAC, 2000.
- [20] TURBAN, E.; ARONSON, J. *Decision support systems and intelligent systems*. Prentice Hall, 1998.
- [21] PMI. *Guia Pmbok® - Um Guia do Conhecimento Em Gerenciamento de Projetos*. 5ª Ed. SARAIVA. 2013.
- [22] VALERIANO, D. *Moderno gerenciamento de projetos*. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

# Capítulo 13

## PROCESSAMENTO DE DOCE DE LEITE REALIZADO COMO ATIVIDADE DO NÚCLEO DE ESTUDOS EM LATICÍNIOS NO CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

*Francisco Augusto Oliveira Santos*

*Juliane Döering Gasparin Carvalho*

*Antônio Cláudio Rodrigues Barbosa Júnior*

*Alana Uchôa Pinto*

*Francisca Livia de Oliveira Machado*

*Gizele Almada Cruz*

*Carlos Natyell dos Santos Soares*

*Nayara Pereira de Queiroz*

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo a avaliação da importância da realização do processamento do doce de leite pastoso como atividade para consolidar conhecimentos adquiridos pelos membros do Núcleo de Estudos em Laticínios do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará. A elaboração desse produto lácteo foi realizada no Laboratório de Laticínios da referida instituição de ensino. Após o encerramento das discussões acerca da elaboração do produto, os integrantes do grupo responderam um formulário de avaliação para mensurar a relevância da atividade prática na aquisição de novos saberes, consolidação de conhecimento e esclarecimento de dúvidas para membros iniciantes e veteranos. Os resultados foram satisfatórios ao demonstrar que não houve respostas negativas acerca da prática, e do modo que o tema foi socializado no momento, além de confirmarem a ideia de que funciona como estímulo à criatividade e facilita a compreensão.

**Palavras-chave:** Doce de Leite. Processamento. Laticínios. Ensino.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Portaria nº 354 de 04 de setembro de 1997 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, doce de leite é o produto obtido por concentração e ação do calor a pressão normal ou reduzida do leite ou leite reconstituído, com ou sem adição de sólidos de origem láctea e/ou creme e adicionado de sacarose, parcialmente substituída ou não por monossacarídeos e/ou outros dissacarídeos (BRASIL, 1997).

Sua classificação é efetuada de acordo com o teor de gordura e com a adição ou não de outras substâncias. Dependendo do seu processamento, o doce de leite pode apresentar-se na forma de creme ou pasta e em tabletes. Outras características sensoriais são a cor castanho caramelizada e sabor doce sem odor e sabor estranho.

Deve ser fabricado em condições com matéria-prima que atenda aos requisitos da legislação (BRASIL, 2011), com utensílios em material de aço inoxidável e em bom estado de conservação. A quantidade de açúcar a ser adicionada no processamento vai determinar a concentração de sólidos, influenciando em sua textura cremosa ou firme. Em caso da adição de outros ingredientes, é importante verificar a concentração permitida de cada substância a ser adicionada.

Por possuir baixo teor de água em sua composição, o doce de leite apresenta boa conservação em temperatura ambiente. O alto teor de açúcar também é responsável pela conservação, uma vez que diminui a atividade de água e, conseqüentemente, o crescimento de microrganismos patogênicos.

O bicarbonato de sódio é adicionado em concentração proporcional ao volume de leite utilizado, com a finalidade de reduzir a acidez do leite e assim evitar sua coagulação. É permitido o uso de amido como coadjuvante de tecnologia, em dosagem máxima de 2 %, a fim de aumentar a viscosidade e a textura. Entretanto, é proibido o uso de gordura de origem não láctea (PERRONE; STEPHANI, NEVES, 2011).

A produção do doce de leite foi realizada como atividade prática para consolidar conhecimentos a serem adquiridos pelos membros iniciantes e veteranos do Núcleo de Estudos em Laticínios (NEL) da Universidade Federal do Ceará. A elaboração de produtos lácteos pelos estudantes pode auxiliar na compreensão de conceitos tecnológicos discutidos durante os encontros semanais.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a importância da realização do processamento do doce de leite pastoso como atividade para consolidar conhecimentos adquiridos pelos membros do NEL. Os aspectos sensoriais e físico-químicos foram observados na elaboração do doce, e explanados como meio de discutir as diferentes reações que o leite pode sofrer sob diferentes condições, as quais podem favorecer ou não o resultado final do produto.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 A PRÁTICA

A prática de processamento do doce de leite foi realizada no Laboratório de Laticínios do Departamento de Engenharia de Alimentos com matéria-prima fornecida pela Fazenda Experimental Vale do Curu da Universidade Federal do Ceará, localizada em Pentecostes, como parte da programação do Núcleo de Estudos em Laticínios (NEL). Inicialmente, a professora coordenadora do núcleo fez uma explanação sobre os conceitos relacionados ao processamento do doce de leite. Nesta etapa, os conhecimentos prévios dos estudantes foram o ponto de partida para a discussão sobre as características físico-químicas do leite, bem como aspectos relacionados ao processamento desta matéria-prima (Figura 1).

Figura 1 - Discussão sobre elaboração do doce de leite com os integrantes do Núcleo de Estudos de Laticínios.



Fonte: Acervo dos autores (2018)

## 2.2 PROCEDIMENTO

Esta atividade foi pautada na socialização dos conhecimentos com perguntas e respostas baseadas nas experiências prévias, mas levando em conta as novas situações, nas quais o leite estava sendo submetido ao processamento de um produto específico, o doce de leite, e executada pelos membros do núcleo.

A elaboração e obtenção do doce de leite consistiu na utilização de três litros de leite integral, no qual foi realizado o teste de acidez Dornic, como preconiza o método do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Este teste fundamenta-se na neutralização, até o ponto de equivalência, pelo hidróxido de sódio na presença de indicador fenolftaleína, por meio de titulação. Para isso, foram transferidos 10 mL de leite, com auxílio de pipeta volumétrica, para erlenmeyer com capacidade de 250 mL. Foram adicionadas quatro gotas de fenolftaleína 1 % (m/v) e a titulação com a solução de hidróxido de sódio 0,111 mol/L. Cada 0,1 mL de volume gasto no acidímetro de Dornic corresponde a 1°D e cada 1°D equivale a 0,01% de acidez expressa como ácido láctico.

O resultado da acidez foi comparado ao Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite definido pela Instrução Normativa nº 62 de 29 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), a qual dispõe as características físico-químicas referentes a qualidade do leite. O padrão aceitável de acidez Dornic estabelecido pela legislação encontra-se na faixa entre 13° e 18°D.

A acidez de 24°D verificada no leite foi corrigida para atender a neutralização da matéria-prima, etapa necessária para produção do doce de leite (Figura 2 A e B). A quantidade de bicarbonato de Sódio (NaHCO<sub>3</sub>) a ser adicionada ao leite foi calculada de acordo com a “Equação (1)”.

$$N = \frac{D \times V \times 0,093}{PB} \quad (1)$$

Onde, N = quantidade, em gramas, de bicarbonato de sódio;

D = diferença entre a Acidez verificada e acidez desejada no leite, em graus Dornic;

V = volume total de leite em litros;

Fator de correção = 0,093;

PB = pureza do bicarbonato.

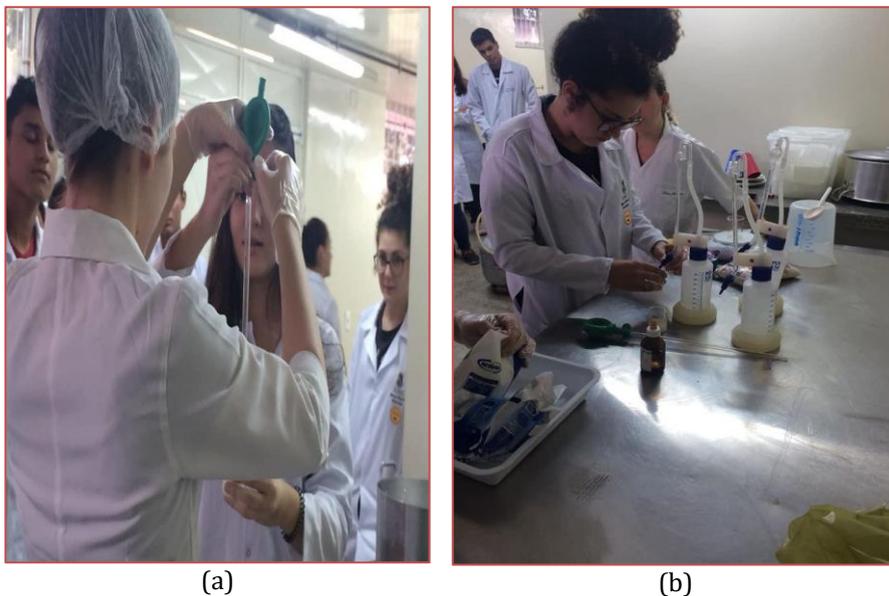
Ao total de leite utilizado, foi adicionado 6,696 g de NaHCO<sub>3</sub>. A acidez do leite mais próxima do pH neutro (7,0) favorece a reação de Maillard, reação química entre grupamentos aminas das proteínas e um carboidrato redutor. A lactose é caracterizada como açúcar redutor. A reação de Maillard confere a coloração castanho caramelo.

Após a neutralização, foi adicionado o açúcar ao leite, na proporção de 20% (m/v). Tendo em vista que a quantidade de sacarose para produção do doce de leite prevista pela legislação pode ser de até 30% em relação à quantidade de leite. O leite adicionado de bicarbonato de sódio e açúcar foi submetido ao aquecimento em temperatura de 80°C, sendo agitado constantemente, por aproximadamente uma hora e trinta minutos, até atingir o ponto do doce de leite.

A mensuração do ponto foi realizada pela determinação da concentração de sólidos solúveis em graus Brix, por meio de refratômetro e pelo teste de solubilidade em água. O doce ficou pronto quando atingiu 70º Brix e não se dissolveu no copo de água.

Durante a elaboração do doce de leite, os alunos realizaram muitas perguntas, o que enriqueceu a discussão sobre o leite e o processamento em questão. Ao final, foi entregue um questionário aos estudantes, solicitando que eles avaliassem os seguintes pontos: A) Nível de satisfação em relação à atividade prática; B) Discussão e socialização do tema escolhido; C) Relação da atividade e a compreensão; D) Estímulo à criatividade; E) Valorização de conhecimentos prévios.

Figura 2 - Determinação da acidez do leite na atividade prática sobre doce de leite



(a)

(b)

Fonte: Acervo dos autores (2018)

#### a) A atividade prática como valorização do conhecimento

A busca por metodologias eficientes que relacionem o conhecimento teórico e o prático tem sido o grande desafio enfrentado por docentes de todas as áreas. Entretanto, unir estes conceitos de modo a transformar o aluno passivo nas situações de ensino e aprendizagem, em um indivíduo ativo, observador mais acurado e questionador, constitui uma questão complexa.

A exposição dos estudantes a diferentes metodologias a fim de facilitar a assimilação dos conhecimentos transmitidos faz-se necessária. Segundo Penin e Vasconcellos 1995 apud DEMO (2011, p.9) “a aula que apenas repassa conhecimento, ou a escola que somente se define como socializadora do conhecimento, não sai do ponto de partida, e, na prática, atrapalha o aluno, porque o deixa como objeto de ensino e instrução. Vira treinamento.”.

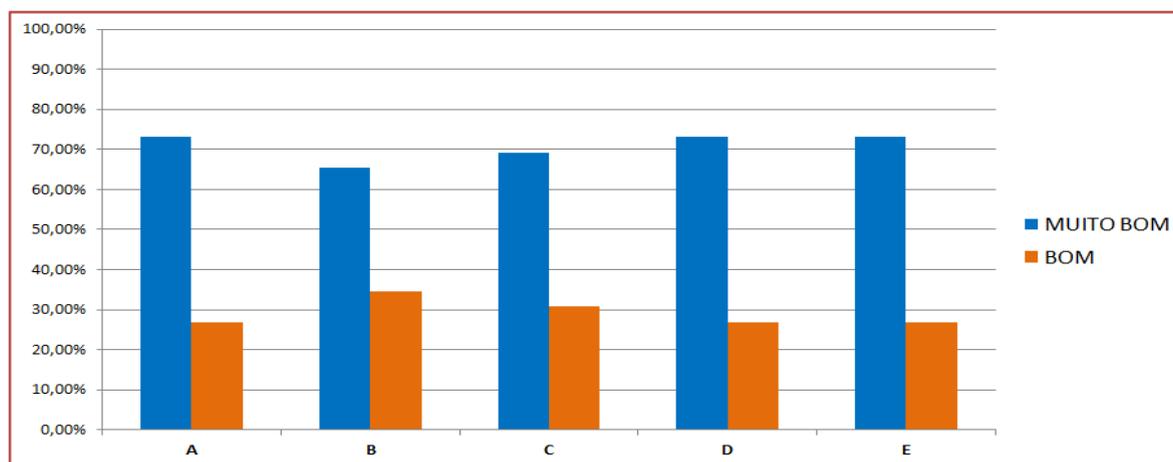
As atividades que envolvem realização de práticas trazem significado, e um roteiro melhor definido da teoria, proporcionando maior segurança na execução dos conhecimentos adquiridos. Todavia, o intuito da prática consistiu em socializar os conhecimentos acerca do assunto abordado de modo a inspirar os membros novatos e assegurar a compreensão dos integrantes mais antigos do Núcleo de Estudos em Laticínios.

O ato de praticar torna possível o pensamento científico, ampliando conhecimentos e estimulando habilidades, o que permite a melhor organização das informações. Ações deste tipo fazem com que o aluno não seja apenas objeto, mas o torna sujeito da aprendizagem (VIVIANI; COSTA, 2010).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos 26 membros do NEL presentes na atividade prática de elaboração do doce de leite, 73,1 % mostraram-se satisfeitos, além de apontá-la como fator de estímulo à criatividade e valorização de seus conhecimentos prévios, enquanto 26,9 % consideram os mesmos tópicos como “bons”, 65,4 % classificaram a discussão do tema no momento da prática muito boa e 34,6 % consideraram como “boa”; 69,2 % declararam que a prática contribuiu na compreensão do assunto. Ainda, de todos os estudantes que responderam o questionário, 34,6% nunca haviam realizado uma prática no Laboratório de Laticínios. Estes dados nos fazem inferir sobre o interesse de aperfeiçoar os conhecimentos teóricos com o estímulo da execução prática, a fim de proporcionar maior segurança ao aluno perante o mercado de trabalho.

Figura 3 - Respostas de avaliação dos estudantes do Núcleo de Estudos em Laticínios à atividade prática de processamento de doce de leite.



Fonte: Acervo dos autores (2018)

Legenda: A - Satisfação em relação à atividade prática; B - Discussão e socialização do tema; C - Relação entre a atividade e compreensão; D - Avaliação do estímulo à criatividade; E - Valorização de conhecimentos prévios.

A atividade realizada com alunos do NEL apresentou foco no processamento de doce de leite, proporcionando atuação dos mesmos nas etapas de produção. A prática possibilitou discussão com troca de conhecimentos teóricos prévios e novos entre os membros novatos e veteranos, com abordagem clara e simples. Assim, o conceito de que a prática colabora na fixação do conhecimento é fortalecido, melhorando a qualificação do aluno que a executa e instigando seu senso crítico.

A relação do número de alunos que participou da prática do processamento de doce de leite no Laboratório de Laticínios/UFC e os resultados da pesquisa de avaliação da atividade desenvolvida mostra-se satisfatória.

A inserção de atividades práticas no NEL favorece o envolvimento dos estudantes com o curso, auxiliando no desenvolvimento da identificação com a profissão, sendo importante fator para combater à evasão tão comum nos cursos de engenharia.

### REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria Nº 354, de 04 de setembro de 1997. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de Doce de leite. Publicado no Diário Oficial da União de 08/09/1997, Seção 1, Página 19685.

- [2] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 62 de 29 de dezembro de 2011. Dispõe sobre regulamentos técnicos de produção, identidade, qualidade, coleta e transporte do leite. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, 30 dez. 2011.
- [3] DEMO, P. Educar pela pesquisa. 7. ed. Campinas: Autores Associados, 2011.
- [4] KONKEL, F. E. Avaliação sensorial de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de amido. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Campinas, 2004. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v24n2/v24n2a15>>. Acesso em 25/04/2018.
- [5] PERRONE, I. T.; STEPHANI, R.; NEVES, B. S. Doce de Leite: Aspectos Tecnológicos. Juiz de Fora: Do Autor, 2011. 186p.
- [6] SANTANA, E. H. W.; FAGNANI, R. (Orgs). Legislação Brasileira de Leite e Derivados. Universidade Norte do Paraná - Londrina: UNOPAR Editora, 2014.
- [7] VIVIANI, D.; COSTA, A. Práticas de Ensino de Ciências Biológicas. Centro Universitário Leonardo da Vinci – Indaial, Grupo UNIASSELVI, 2010.

# Capítulo 14

## *NÚCLEO DE ESTUDOS EM LATICÍNIOS (NEL): EXPERIÊNCIA QUE AGREGA ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO NO CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ*

*Francisco Augusto Oliveira Santos*

*Nhaiara Monteiro de Farias Lima*

*Juliane Döering Gasparin Carvalho*

*Thalita Cavalcante Rodrigues*

*Matheus Calixto Saraiva*

*Carlos Alberto de Jesus Filho*

*Francisca Livia de Oliveira Machado*

*Gizele Almada Cruz*

**Resumo:** O ensino de engenharia desafia professores e estudantes na busca por constantes práticas inovadoras para consolidar uma formação completa, bem como para desenvolver o potencial criativo dos estudantes, resultando em um aprendizado que dialogue com o contexto sociocultural no qual a universidade e os cursos de engenharia estão historicamente inseridos. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi relatar a dinâmica de atuação do Núcleo de Estudos em Laticínios (NEL) na Universidade Federal do Ceará, como ferramenta inovadora no fortalecimento das práticas de ensinar e de aprender no contexto da tríade ensino, pesquisa e extensão. O Núcleo de Estudos em Laticínios atua por meio de atividades de pesquisa científica, desenvolvimento tecnológico, ensino, discussão e produção acadêmica na área de produtos lácteos, estudando propostas de socializar a produção de conhecimento e informações gerados no ambiente universitário para as comunidades que vivem na região metropolitana de Fortaleza, por meio de projetos de extensão.

**Palavras-chave:** Laticínios. Aprendizagem. Inovação.

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de formação de profissionais criativos, críticos, dinâmicos e com habilidades atitudinais, além de formação técnica, é um grande desafio no campo do ensino de engenharia. A estruturação político-pedagógica, no que concerne à atuação dos cursos superiores em engenharia deve dialogar com as necessidades supracitadas.

É notória a demanda pela formação cidadã dos profissionais, de modo que estes estejam aptos a solucionar problemas e também a desenvolver habilidades e competências que atendam às demandas atuais (OLIVEIRA, 2010). Essa demanda pela formação de um novo perfil dos profissionais de engenharia é um tópico com lugar cativo nas discussões sobre novas perspectivas de educação (MORAES, 1999). Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia, “o novo engenheiro deve ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas, ele deve ter a ambição de considerar os problemas em sua totalidade, em sua inserção numa cadeia de causas e efeito” (BRASIL, 2001, p.1).

Dessa maneira, além da sala de aula, professores e estudantes devem ser estimulados a repensar atividades práticas e conceituais que auxiliem o fortalecimento da experiência acadêmica (PEREIRA PINTO; NASCIMENTO, 2002). Assim, Programas de Educação Tutorial, iniciativas de Iniciação Científica/Tecnológica, projetos de extensão, grupos de estudo e novas práticas de ensino são atividades férteis em amplo contexto de possibilidades educacionais.

Essas atividades podem contribuir na redução de evasão do curso, pois segundo Lima et al. (2017), a maioria dos discentes de Engenharia de Alimentos possuem boas expectativas em relação ao curso. No entanto, os estudantes, principalmente dos primeiros semestres necessitam se identificar com o curso.

Nesse sentido, o Núcleo de Estudos em Laticínios (NEL) foi uma iniciativa desenvolvida no Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará (UFC) para integrar os estudantes do curso de Engenharia de Alimentos, sendo uma proposta inovadora para fortalecimento da tríade Ensino, Pesquisa e Extensão. Tendo a temática do estudo do leite e derivados como diretriz, o NEL/UFC atua no desenvolvimento de projetos científicos, tecnológicos e de extensão, incentivando a inovação e o empreendedorismo dos estudantes, em uma perspectiva de despertar o protagonismo dos discentes do curso.

O grupo desenvolve atividades voltadas ao fortalecimento do ensino, buscando utilizar uma aprendizagem prática e conectada como a comunidade no entorno, como proposta pedagógica central. Projetos de extensão universitária desenvolvidos com o amparo do NEL/UFC buscam levar à comunidade esclarecimentos e práticas de educação alimentar, bem como hábitos de higiene, segurança e consumo de leite e produtos lácteos. Tal perspectiva permite socializar os saberes produzidos no âmbito acadêmico, estreitando laços entre a universidade e a comunidade.

Ações que integram a universidade e as escolas públicas estaduais cearenses são vertentes sobre as quais os estudantes que compõem o Núcleo de Estudos em Laticínios atuam na perspectiva de possibilitar uma experiência agregadora durante a trajetória acadêmica, bem como no intento de sensibilizar os estudantes sobre o ingresso na universidade.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 COMPOSIÇÃO

O Núcleo de estudos em Laticínios é composto por 39 membros, em sua atual conformação, sendo 36 estudantes de graduação, duas técnicas do laboratório de laticínios e uma professora do Departamento de Engenharia de Alimentos, que é a coordenadora pedagógica do NEL/UFC.

Semestralmente são ofertadas, em média, 10 vagas dentre os estudantes cursando do primeiro aos demais semestres de Engenharia de Alimentos para ingresso no núcleo. O processo de seleção é constituído de três etapas: preenchimento de formulário online (pelos interessados), dinâmica de grupo ou redação e entrevista individual. Para participar das atividades do NEL/UFC, os estudantes precisam comprovar disponibilidade de horário e interesse nas atividades teórico-práticas sobre leites e derivados, bem como interesse em atuar de maneira colaborativa nos processos de ensino, pesquisa e extensão que compõem as atividades do grupo de estudos.

## 2.2 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades são programadas por semestre e conforme Laurades e Ribeiro (2000) tem o direcionamento teórico-metodológico da construção de novos saberes a partir do conhecimento técnico-instrumental.

O cronograma de ações é elaborado e discutido de acordo com os objetivos do grupo, disponibilidade da Professora e estrutura da Universidade. A proposta é apresentada e o grupo dividido em equipes menores para o desenvolvimento de duas atividades centrais: o estudo sobre produtos lácteos, o apoio aos projetos de extensão e desenvolvimento tecnológico de ideias e produtos.

### a) Estudo sobre produtos lácteos

A atividade de discussão dos produtos lácteos envolve visitas a supermercados e às unidades de obtenção da matéria-prima, assim como pesquisa de literatura para elaboração da apresentação final dos trabalhos. Os temas estudados incluem produtos lácteos gordurosos, fermentados, concentrados, produtos à base de soro de leite, pasteurizados e UHT, queijos, gelados comestíveis e funcionais. A professora coordenadora do núcleo realiza uma sondagem sobre os conhecimentos prévios dos membros em relação aos produtos supracitados. Os alunos expõem o conhecimento prévio para iniciar a discussão. A partir desses conhecimentos, os membros do núcleo se dedicam a realizar estudo mais aprofundado sobre os produtos lácteos.

Posteriormente o grupo é dividido em equipes e os temas sobre derivados do leite a serem trabalhados são sorteados. Na sequência, as oito equipes (uma por cada tema) procedem visita a um supermercado próximo à Universidade Federal do Ceará a fim de reconhecer os produtos das diferentes classificações de lácteos a partir de roteiro pré-estabelecido. Assim, os alunos avaliam o produto de maneira multidisciplinar, observando a parte nutricional, de processamento e rotulagem.

Nessa atividade, devem identificar: a denominação do produto conforme a legislação; o registro no órgão público de competência no âmbito federal, estadual ou municipal; a procedência do produto (razão social, nome fantasia, endereço e CNPJ da indústria produtora) as referentes datas de fabricação, de validade e lote; à informação nutricional; os ingredientes; avisos de restrição para consumo de crianças com menos de um ano; alertas para componentes alergênicos; as orientações sobre temperatura de conservação e tempo a ser consumido após aberto; modo de preparo quando necessário e dados a respeito do serviço de atendimento ao consumidor.

As embalagens são fotografadas para serem utilizadas como recursos ilustrativos na apresentação. Essa abordagem contribui para aplicação prática dos conceitos e temas com os quais os estudantes têm contato nas disciplinas do curso de Engenharia de Alimentos.

O resultado dessa atividade é socializado pelas equipes em apresentações, nas quais ocorrem discussões sobre os princípios científicos e tecnológicos relativos à obtenção e comercialização do produto. Nesta etapa, pretende-se estimular o desenvolvimento da capacidade argumentativa e de transmissão de informações, habilidades essenciais na dinâmica acadêmica. Além disso, aspira-se possibilitar uma ferramenta cooperativa de aprendizagem entre jovens a partir do protagonismo estudantil.

### b) Apoio aos projetos de extensão

O NEL/UFC desenvolve propostas de extensão, contando com bolsistas, para aproximação da universidade com a escola pública, na qual os membros atuam levando às escolas de ensino médio informações sobre o consumo de leite e derivados com ênfase no esclarecimento sobre hábitos de higiene, segurança e consumo dos alimentos supracitados.

As escolas também podem vir até à UFC para assistirem à palestra de esclarecimento de consumo de leite e derivados (FIGURA 1), conhecer a estrutura do Laboratório de Laticínios do Departamento de Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias/UFC e realizar algumas análises para verificar as características físico-químicas do leite comercializado no município de Fortaleza – CE (FIGURA 2).

Figura 1 – Realização da palestra para estudantes do ensino médio de escola pública do município de Fortaleza.



Fonte: Acervo dos autores.

Figura 2 – Realização de análises físico-químicas do leite com alunos de escola pública do município de Fortaleza.



Fonte: Acervo dos autores.

A palestra aos estudantes de ensino médio é estruturada com slides para exposição do conteúdo inicial, seguindo com discussões, nas quais os alunos são envolvidos. Ao final, é realizada uma dinâmica com jogo de identificação de produtos lácteos por meio de rótulos e definições, esclarecendo e quebrando preconceitos sobre o consumo de leite e derivados.

As escolas públicas de ensino médio e técnico mostram-se aptas à adesão ao projeto, pois as atividades realizadas no Laboratório de Laticínios e Departamento de Engenharia de Alimentos funcionam como estratégia de fortalecimento para auxiliar os estudantes a definirem na escolha de uma profissão.

### **c) Desenvolvimento tecnológico de ideias e produtos**

A atuação do NEL/UFC quanto às atividades de pesquisa no âmbito científico, tecnológico e de inovação, busca estimular o potencial criativo dos membros do grupo de estudos. Neste sentido, é realizada uma atividade de elaboração de projetos com ideias e produtos lácteos.

Divididos em oito equipes, os membros são desafiados a pensar e executar um projeto criativo e inovador, viável e exequível do ponto de vista ambiental econômico e social. Há também o estímulo ao desenvolvimento de projetos com emprego de matérias-primas regionais, como o leite de cabra, visando

estimular a valorização da cultura local e práticas empreendedoras relevantes para o contexto da região onde a universidade está inserida.

Os estudantes contam com os recursos técnicos e de pessoal disponíveis no Laboratório de Laticínios do Departamento de Engenharia de Alimentos, tanto no que concerne à pesquisa quanto ao processamento de produtos lácteos.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atuação do Núcleo de Estudos em Laticínios no curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, se mostra uma proposta criativa e inovadora no ensino de engenharia. Ao situar os graduandos como atores centrais no processo de produção do conhecimento e nas atividades que permeiam o ensino, a pesquisa e a extensão, tem-se o fortalecimento da experiência acadêmica no sentido de proporcionar diferentes atividades que atuam como complementação curricular.

É verificado que além das competências técnicas, com respeito aos conteúdos curriculares na área de leite e de derivados, os membros do NEL desenvolvem competências atitudinais importantes, como a criatividade, cooperação, trabalho em equipe e mentalidade empreendedora. As atividades realizadas também contribuem no desenvolvimento da capacidade argumentativa e de transmissão de informações, habilidades essenciais na dinâmica acadêmica e profissional.

A atuação do NEL/UFC possibilita que os graduandos tenham uma experiência formativa rica no que concerne ao contato com atividades de pesquisa, ensino e extensão. A partir desse núcleo, alunos são selecionados como bolsistas para atuação em projetos de Iniciação Científica/Tecnológica e Extensão, sendo também um importante veículo de estímulo à permanência no curso, com conseqüente redução de evasão.

### REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Ministério da Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. PARECER Nº: CNE/CES 1362/2001, de 12 de dezembro de 2001. Relator: Carlos Alberto Serpa de Oliveira. Disponível em: . Acesso em: 18/03/2018.
- [2] LAUDARES, J. B.; RIBEIRO, S. Trabalho e Formação do Engenheiro. Revista Brasileira Estudos Pedagógicos. v. 81, n. 199, set. /dez. 2000.
- [3] LIMA, D. C., NOGUEIRA, N. H., COSTA, B. P., AQUINO, A. C. Avaliação da evasão no curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará. In: XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2017, Joinville - SC. Anais.
- [4] MORAES, M. C. O Perfil do engenheiro dos novos tempos e as novas pautas educacionais. IN: VON LINSINGEN, I. et al, (orgs). Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões contemporâneas da educação tecnológica. Florianópolis: EDUFSC, 1999.
- [5] OLIVEIRA, V. F. Trajetória e estado da Arte da formação em Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Engenharias / Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. 2010.
- [6] PEREIRA PINTO, D.; NASCIMENTO, J. L. (Orgs). Educação em Engenharia. São Paulo: Mackenzie, 2002.

# Capítulo 15

## *TERMÔMETRO ANALÓGICO COM SAÍDA PADRÃO INDUSTRIAL 4–20mA PARA FINS EDUCACIONAIS NA ENGENHARIA ELÉTRICA\**

*Gustavo Araújo Filgueiras*

*Leonardo Henrique de Oliveira*

*Daniel de Almeida Fernandes*

**Resumo:** Este capítulo apresenta o projeto de um termômetro eletrônico que serve para múltiplas finalidades no âmbito da educação em Engenharia Elétrica. Portátil e seguro, ele pode ser manipulado por docentes e discentes durante demonstrações e experimentos práticos, a serem realizados especialmente durante aulas teóricas expositivas, que aproximem teoria e prática. Trata-se de um circuito analógico que emprega uma junção PN de silício como elemento transdutor para medir temperaturas na faixa de 0 a 100°C. Sua saída consiste em um loop de corrente de 4 a 20mA, padrão de transmissão analógica industrial. O circuito é simples, robusto e de baixíssimo custo. O meio de ensino/aprendizagem aqui apresentado foi pensado para apoiar o ensino, além de motivar a aprendizagem, de disciplinas formativas básicas ligadas à análise de circuitos elétricos e à eletrônica analógica, mas não se restringe a elas. Pode-se, assim, valorizar o protagonismo dos alunos, propiciando-lhes uma aprendizagem mais ativa, aproximando sua formação da realidade profissional. O principal objetivo deste projeto é contribuir (i) para preencher uma lacuna que ocorre frequentemente na formação dos engenheiros eletricitas, caracterizada pela escassa ou insuficiente exposição à prática durante a graduação, e (ii) para familiarizar esses graduandos com os instrumentos de medição elétrica e os componentes elétricos mais comuns desde os períodos iniciais da graduação. Importante notar que essa lacuna amplia-se cada vez mais em função tanto das deficiências na formação oferecida no ensino médio quanto da crescente miniaturização e hermetismo dos equipamentos e dispositivos eletroeletrônicos disponíveis atualmente, sobretudo quando de tecnologia avançada.

**Palavras-chave:** Atividade prática, Circuitos elétricos, Eletrônica analógica, Engenharia elétrica e Meio de ensino/aprendizagem.

\*Material adaptado e atualizado, publicado originalmente como um artigo no COBENGE 2018 (FILGUEIRAS; OLIVEIRA; FERNANDES, 2018).

## 1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o projeto de um termômetro eletrônico idealizado para figurar como um recurso didático que atende a múltiplos propósitos educacionais no âmbito da Engenharia Elétrica. Portátil e seguro, ele pode ser facilmente transportado para a sala de aula e manipulado por docentes e discentes durante demonstrações e experimentos práticos variados que possibilitem reduzir a distância entre a teoria e a prática. Trata-se de um circuito analógico que se utiliza de uma propriedade intrínseca da junção PN de silício, empregada como elemento transdutor, para medir temperaturas na faixa de 0 a 100°C (SEBRA; SMITH, 2007). Seu estágio de saída, um loop de corrente de 4 a 20mA, segue o padrão de transmissão analógica para instrumentação e comunicação industriais (BOLTON, 2015). O circuito foi concebido para ser repleto de sentido prático, robusto e de baixíssimo custo.

O meio de ensino/aprendizagem aqui apresentado foi desenvolvido, sobretudo, com o fito de motivar e apoiar o ensino de disciplinas formativas básicas ligadas à análise de circuitos elétricos e à eletrônica analógica. O projeto tem como um dos principais objetivos despertar a atenção e o interesse dos bacharelados em Engenharia Elétrica, além de motivá-los a engajarem-se no estudo mais aprofundado daquelas disciplinas. O projeto alia conceitos oriundos da boa prática profissional com características voltadas especificamente aos propósitos educacionais almejados. Destacam-se, entre outros pontos, (i) a exemplificação de conceitos fundamentais — malha e nó elétricos, gerador de corrente, gerador vinculado ou dependente, junção PN, Transistor Bipolar de Junção (TBJ), Amplificador Operacional (Amp. Op.), etc. (ALEXANDER; SADIKU, 2013; NILSSON; RIEDEL, 2009; SEBRA; SMITH, 2007; ORSINI; CONSONNI, 2002) —, contribuindo para preencher uma lacuna que ocorre frequentemente na formação dos engenheiros eletrônicos, caracterizada pela escassa ou insuficiente exposição à prática durante a graduação, e (ii) a promoção da familiarização desses graduandos com instrumentos de medição elétrica e alguns componentes eletroeletrônicos mais comuns desde os períodos iniciais da graduação. Cabe ressaltar que “atividades, desde o início do curso, que promovam a integração e a interdisciplinaridade em coerência com o eixo de desenvolvimento curricular, buscando integrar as dimensões técnicas, científicas, econômicas, sociais, ambientais e éticas”, são recomendadas pela Comissão ABENGE (2018, p. 16) e corroboradas pela Comissão conjunta ABENGE-MEI/CNI (2018, p. 12).

Motivar e apoiar o ensino, promovendo a integração e a interdisciplinaridade, fazem-se preeminentes neste momento em que taxa nacional de evasão na engenharia é estimada entre 40% e 50%, principalmente, ainda que não somente, graças à dificuldade que os alunos sentem ao cursarem as disciplinas iniciais voltadas à matemática e à física (Comissão ABENGE, 2018; Seleção Engenharia, 2016). Outra causa de evasão, ainda pior, é a falta de aptidão para as ciências exatas não detectada previamente como consequência das falhas na educação de base que, via de regra, privam os alunos de depararem-se com problemas mais elaborados e complexos, os quais exigem raciocínio lógico e maior aptidão matemática para sua solução. Nassif (2013) afirma que “todo engenheiro necessita de uma sólida formação em algumas ciências exatas, da matemática à física. Tem que dispor do instrumental matemático necessário para identificar e resolver problemas.” Logo, dada a base, é positivo aproximar a formação do engenheiro da realidade, como pretende contribuir nessa direção o projeto aqui apresentado. Graham (2018) assinala que as Instituições de Ensino Superior (IESs) identificadas tanto como “líderes atuais” quanto como “líderes emergentes” no ensino de engenharia — majoritariamente universidades bem estabelecidas dos EUA e da Europa dedicadas à pesquisa — primam por boas práticas educacionais, que incluem, entre outras, o empreendedorismo voltado para a tecnologia (technology-driven entrepreneurship), o aprendizado ativo baseado em projetos (active project-based learning) e o foco no rigor dos fundamentos de engenharia. As análises de um estudo de caso então sugerem que as IESs cujos status são de “líderes emergentes” se beneficiam, entre outros fatores positivos, de novas ferramentas que apoiam o processo educacional.

A situação da engenharia no Brasil, além da alarmante deficiência quantitativa na formação de engenheiros com tendência de agravar-se progressivamente ao longo do tempo (Comissão ABENGE, 2018; PACHECO; Conselho do IEDI, 2010; NASCIMENTO et al., 2010), também preocupa bastante em relação à qualidade dos egressos dos cursos de graduação (Comissão ABENGE, 2018; PACHECO; Conselho do IEDI, 2010). Ademais, muitos engenheiros não exercem funções profissionais “típicas” da engenharia para atenderem outras demandas legítimas do mercado de trabalho devido justamente à valorizada capacidade que lhes é inerente ao ecletismo e à versatilidade da formação profissional recebida (NSB, 2018; PACHECO; Conselho do IEDI, 2010). Some-se a isso tudo o fato de que “perde peso a formação nas áreas tradicionais, como engenharia elétrica, eletrônica, mecânica, química e engenharia civil e ganha peso a formação em cursos gerais, em que predominam a formação em engenharia de produção, logística, pesquisa operacional; qualidade; engenharia do trabalho, econômica e ambiental; bem como ganham

expressão os cursos de engenharia de alimentos e mineração”, asseveram Pacheco e Conselho do IEDI (2010). Mantida essa condição, será muito difícil para o Brasil conseguir elevar significativamente sua renda per capita, mesmo com um eventual crescimento econômico expressivo, se este for acompanhado de baixa escolaridade e baixa ênfase na formação e qualificação de recursos humanos. A diferença do Brasil em relação ao mundo, no que tange à baixa escolaridade superior e ao perfil do ensino superior, é abissal. (PACHECO; Conselho do IEDI, 2010; NASCIMENTO et al., 2010).

Este capítulo é organizado da seguinte forma: a Seção 2 descreve a motivação para a realização do projeto; a Seção 3 descreve o circuito eletrônico do termômetro, incluindo seus aspectos construtivos mais relevantes; a Seção 4 apresenta uma sugestão de utilização deste recurso didático baseada na experiência vivenciada na UFJF; comentários conclusivos são tecidos na Seção 5; por fim, são listadas em seguida as referências utilizadas na elaboração do capítulo.

## 2 - MOTIVAÇÃO

A disciplina intitulada “Circuitos Lineares I”, essencial e obrigatória para todas as habilitações da Engenharia Elétrica na UFJF, é uma disciplina básica que abrange tanto os conceitos fundamentais da eletricidade quanto diversas técnicas de análise de circuitos elétricos lineares. Os conceitos e técnicas de análise, embora elementares, são abstratos e revelam-se intangíveis para uma grande parte dos discentes, tipicamente jovens desprovidos de experiências práticas e vivências profissionais relacionadas à área de eletricidade. A maioria absoluta deles depara-se pela primeira vez com esses conceitos e técnicas ao cursar a referida disciplina. Acrescente-se a isso a dificuldade em utilizar o instrumental matemático necessário ao tratamento dos problemas inerentes à análise desses circuitos elétricos (Comissão ABENGE, 2018; GRAHAM, 2018; Seleção Engenharia, 2016; NASSIF, 2013). Desta forma, a disciplina representa um grande desafio aos docentes incumbidos da tarefa de assistir e facilitar a aprendizagem dos conceitos e técnicas de análise pelos discentes. Ao mesmo tempo, os docentes percebem a curiosidade revelada pelos discentes quando defrontados com questões mais práticas que despertam o interesse deles (Comissão ABENGE, 2018; GRAHAM, 2018).

Conceitos essenciais no estudo da eletricidade — corrente, tensão, potência e energia, entre outros —, as leis de Ohm e de Kirchhoff, e os teoremas de Thévenin e de Norton, entre outros (ALEXANDER; SADIKU, 2013; NILSSON; RIEDEL, 2009; ORSINI; CONSONNI, 2002) não ficam bem sedimentados durante o curso da disciplina, e um número alto de alunos falha ao tentar aplicá-los à resolução de problemas práticos razoavelmente simples. Esse fenômeno repete-se também entre os alunos que são aprovados na disciplina com médias próximas à mínima exigida pela IES para sua aprovação, felizmente com menor incidência. As técnicas de análise de circuitos (ALEXANDER; SADIKU, 2013; NILSSON; RIEDEL, 2009; ORSINI; CONSONNI, 2002), especialmente a obtenção dos circuitos equivalentes de Thévenin e de Norton, revelam-se insuficientemente dominadas por muitos alunos, novamente manifestando-se ainda naqueles que são aprovados com médias baixas. É importante evidenciar que os prejuízos na formação desses alunos, advindos dessa nefasta deficiência, crescem desde o início do estudo da Engenharia Elétrica, acumulam-se no decurso da graduação, agravando-se à medida em que novos conteúdos não podem ser melhor assimilados como consequência da precária assimilação dos conteúdos precedentes que os embasam, corroborando a constatação feita pela Comissão ABENGE (2018) e por Pacheco e Conselho do IEDI (2010).

Pela exposição prévia, acredita-se que seja possível contribuir para que os discentes possam superar os desafios enfrentados por eles ao cursar tanto a disciplina “Circuitos Lineares I” quanto as outras disciplinas mencionadas, através de uma abordagem diferenciada durante as aulas teóricas expositivas, abordagem essa que inclui mesclas de demonstrações de cunho prático durante as exposições teóricas. Ela se apoia no uso do circuito eletrônico do termômetro que possibilita (i) ao docente exemplificar e demonstrar na prática a validade e a utilidade das teorias apresentadas, e (ii) aos discentes relacionar essas teorias com elementos palpáveis que facilitem sua compreensão, assegurando um processo de aprendizagem mais ativo onde se valoriza o protagonismo do aluno.

## 3 - TERMÔMETRO

O projeto do termômetro é pormenorizado nesta seção. Houve a preocupação com especificar somente componentes de uso geral, normalmente disponíveis nas universidades e lojas de componentes eletrônicos populares urbanas. A única possível exceção é o Circuito Integrado (CI) diodo zener do modelo

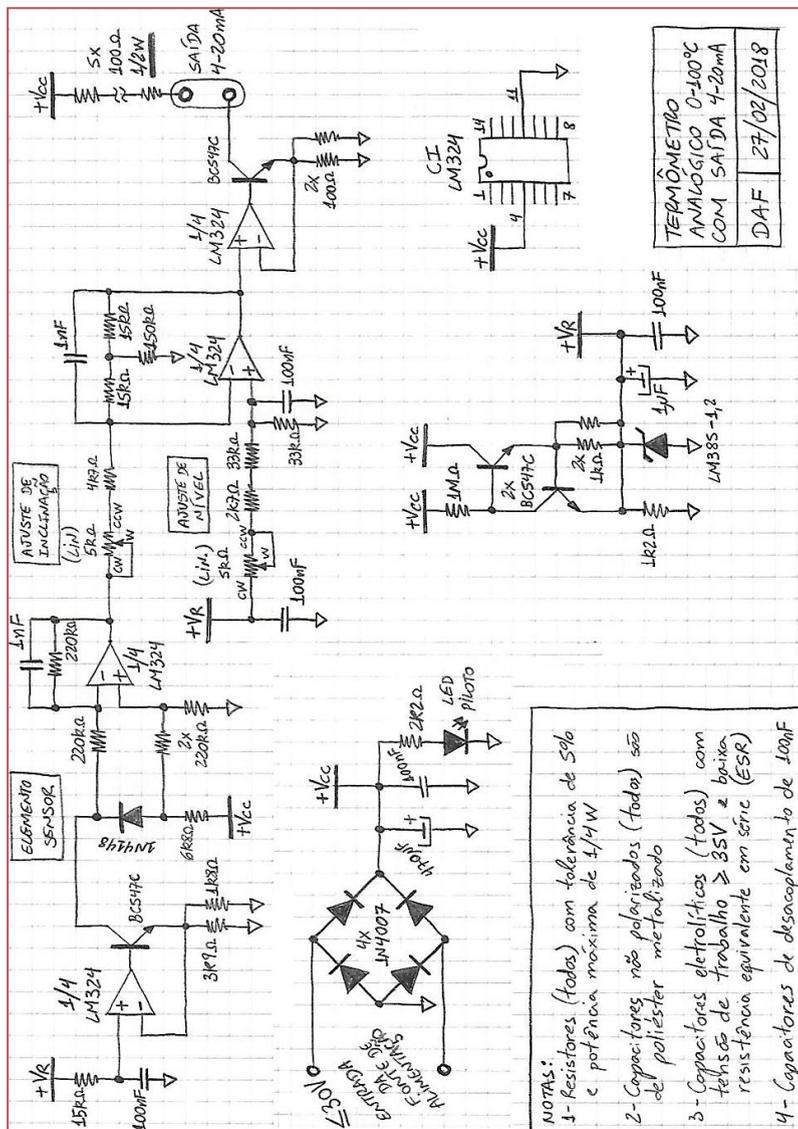
LM385-1.2, que pode ser facilmente adquirido através da internet, ou substituído por outros componentes. Detalhes sobre este assunto são fornecidos a seguir em momento mais conveniente.

### 3.1 - CIRCUITO ELETRÔNICO

A Figura 1 mostra o circuito completo do termômetro. Pode-se notar que cada subcircuito é identificado segundo a função que desempenha. A divisão em blocos funcionais visa facilitar o estudo e a compreensão do circuito. Recomenda-se que o leitor busque familiarizar-se com os componentes e suas especificações técnicas através do estudo das folhas de dados (datasheets) disponibilizadas gratuitamente na internet pelos fabricantes.

O único subcircuito constituído por um par de TBJs tipo NPN modelo BC547C implementa uma fonte de tensão de referência de elevada precisão cuja tensão nominal é  $+VR = 1,235V$ . Mais especificamente, o par de TBJs implementa uma fonte de corrente que polariza o diodo zener LM385-1.2. A propósito, o zener pode ser substituído, se for necessário, por exemplo, por um par de diodos de sinal do modelo 1N4148, associados em série, polarizado diretamente. Para tanto, basta reduzir sensivelmente o valor da resistência de  $1M\Omega$  e reduzir o valor da resistência equivalente a  $500\Omega$  para que o par de diodos associados em série apresente queda de tensão próxima ao valor nominal  $+VR$ . Contudo, o ideal é evitar a substituição do diodo zener LM385-1.2.

Figura 1 – Circuito eletrônico completo do termômetro.



O elemento sensor sugerido é um diodo de sinal do modelo 1N4148. A junção PN de um diodo de silício, quando este conduz uma corrente constante, apresenta uma taxa de

redução da queda de tensão sobre a junção de aproximadamente  $2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  (SEBRA; SMITH, 2007). Esta característica intrínseca, interessante de explorar nas aulas devido ao seu forte apelo prático, constitui o princípio de funcionamento desse transdutor temperatura-tensão elétrica. O diodo sensor conduz uma corrente constante de cerca de  $1\text{mA}$ . Essa corrente polariza o diodo sem causar-lhe aquecimento significativo, de modo a propiciar que sua queda de tensão seja afetada “exclusivamente” pela temperatura à qual é submetido. A corrente de polarização de  $1\text{mA}$  é fornecida por uma fonte de corrente implementada através de um Amp. Op. e um transistor BC547C.

A queda de tensão sobre o diodo sensor  $v_d$  é então “capturada” e referenciada à massa (GND; ground) por um amplificador diferencial (differential amplifier) (ALEXANDER; SADIKU, 2013; NILSSON; RIEDEL, 2009; SEBRA; SMITH, 2007) implementado através de mais um Amp. Op.

As tensões  $v_d$  (sensor) e  $+VR$  (referência) são aplicadas ao amplificador diferencial realimentado por uma rede “T”. A função deste amplificador é adequar os coeficientes angular — inclinação — e linear — nível — da reta correspondente à sua tensão de saída  $v_T$  à faixa de tensões de  $v_d$  que, por sua vez, varia proporcionalmente à faixa mensurável de temperaturas  $0\text{--}100^{\circ}\text{C}$ . O amplificador gera  $200\text{mV}$  quando a junção do diodo sensor está a  $0^{\circ}\text{C}$  ( $v_d \approx 670\text{mV}$ ) e gera  $1\text{V}$  quando a junção do diodo sensor está a  $100^{\circ}\text{C}$  ( $v_d \approx 490\text{mV}$ ). Detalhes relativos à calibração são fornecidos na Subseção 3.2.

O estágio de saída segue o padrão industrial de transmissão analógica para instrumentação e comunicação. Ele é implementado através do último Amp. Op. encapsulado no CI modelo LM324, cujo invólucro encerra quatro Amp. Ops. que trabalham independentemente, e de um transistor BC547C. Este subcircuito impõe a circulação de correntes na faixa de  $4\text{--}20\text{mA}$  através de um loop convenientemente estabelecido entre o termômetro e um circuito de carga. Trata-se de uma fonte de corrente controlada pela tensão  $v_T$ , ou seja, um gerador vinculado cuja transcondutância é  $g_s = 1/50 = 20\text{mA}/\text{V}$ . O estágio de saída é protegido contra curtos-circuitos de duração indeterminada com sua própria fonte de alimentação, através da associação série de cinco resistores idênticos de  $100\Omega$  e dissipação máxima de  $0,5\text{W}$  cada.

A fonte de alimentação recebe diretamente tanto tensões CC de até  $30\text{V}$  quanto tensões CA de até  $30\text{VPP}$ , retifica-as em onda completa e filtra-as para reduzir a ondulação na frequência de  $120\text{Hz}$  sobre o valor médio da tensão (ripple) — ocorre somente sob alimentação CA —, gerando a tensão de alimentação do circuito interno  $+VCC$ . O LED piloto indica quando o circuito está sendo alimentado.

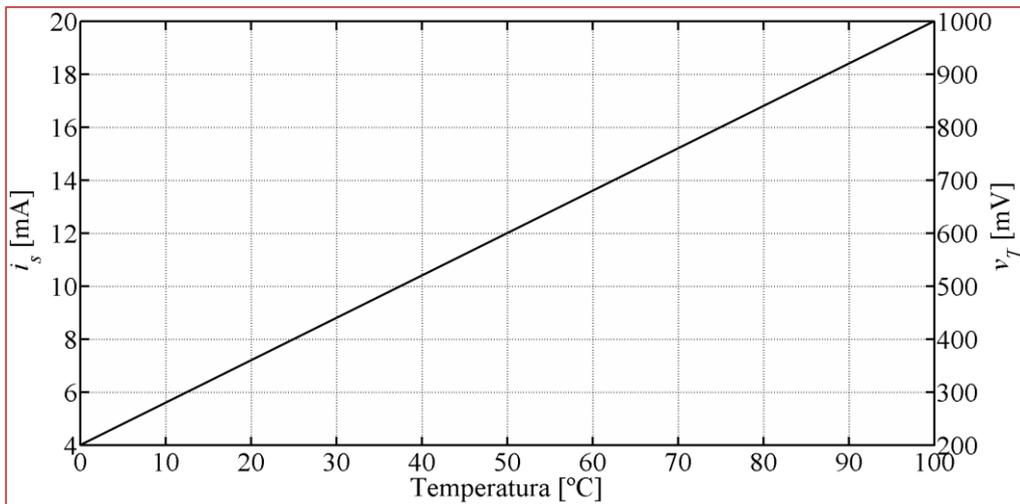
### 3.2 - PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

O procedimento de calibração objetiva fazer coincidir a corrente de saída em  $4\text{mA}$ , quando o diodo sensor está medindo  $0^{\circ}\text{C}$ , e em  $20\text{mA}$ , quando o diodo sensor está medindo  $100^{\circ}\text{C}$ , conforme ilustra a Figura 2. Ele consiste em efetuar o seguinte processo iterativo:

- Utilizar um miliamperímetro CC para estabelecer o loop de corrente de saída;
- Abaixar a temperatura no sensor para  $0^{\circ}\text{C}$  e ajustar o trimpot denominado “ajuste de inclinação” (ver Figura 1 novamente) até obter  $4\text{mA}$  circulando pelo loop de corrente;
- Elevar a temperatura no sensor para  $100^{\circ}\text{C}$  e ajustar o trimpot denominado “ajuste de nível” (ver Figura 1 novamente) até obter  $20\text{mA}$  circulando pelo loop de corrente;
- Repetir os passos 2 e 3 sucessivamente, quantas vezes se fizer necessário, até que o comportamento do termômetro convirja para aquele mostrado na Figura 2;
- Travar os parafusos de ajuste de ambos os trimpots.

Se faz necessário durante o processo iterativo de calibração aguardar que a temperatura da junção do diodo sensor se iguale àquela do ambiente exterior ao seu invólucro, isto é, que haja a estabilização da “medição” de temperatura pelo diodo, antes de impor-lhe nova variação térmica.

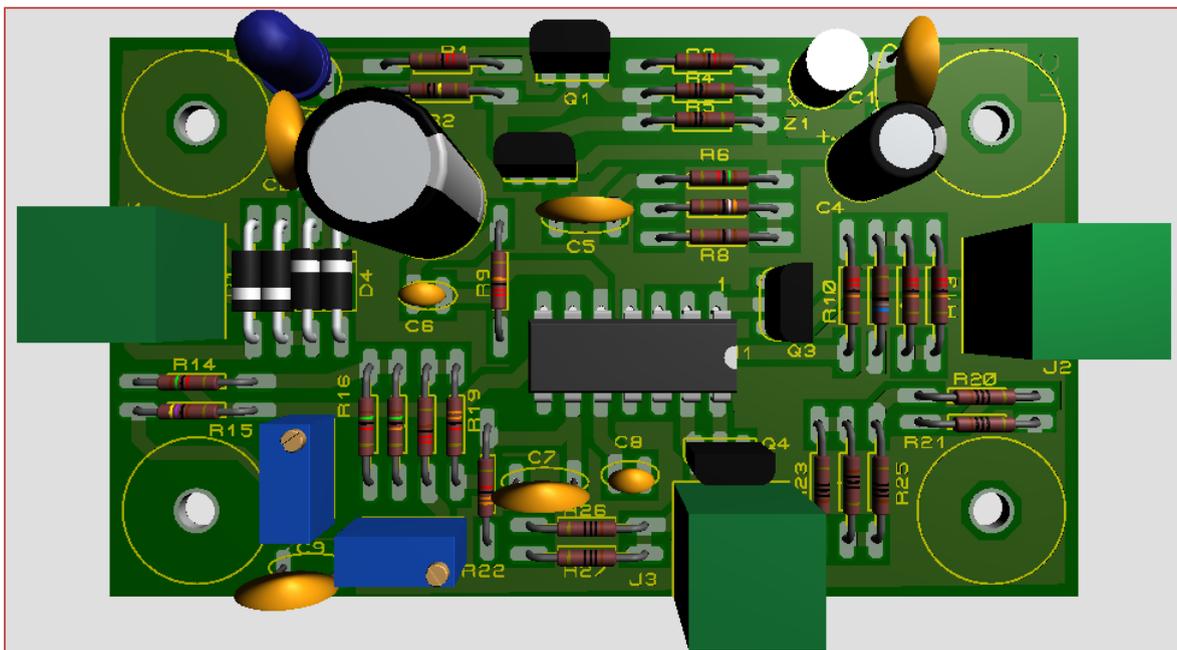
Figura 2 – Curva estática da relação entrada-saída. Ver detalhes na Subseção 3.1.



### 3.3 - PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

A Placa de Circuito Impresso (PCI) dupla face mostrada na Figura 3 foi desenvolvida para acomodar todo o circuito, conferindo-lhe maior confiabilidade e robustez. Suas dimensões aproximadas são 85mm × 50mm. Seu desenvolvimento contempla, entre outros aspectos importantes, (i) a disposição estratégica dos blocos funcionais do circuito, e (ii) a existência de um plano de referência — nó de referência — extenso e envolvente.

Figura 3 – PCI desenvolvida com o auxílio do aplicativo Proteus Design Suite.



#### 4 - SUGESTÕES DE UTILIZAÇÃO DO MEIO DE ENSINO/APRENDIZAGEM

Pode-se utilizar o termômetro para exemplificar e discutir muitos conceitos essenciais próprios de cada ramo diferente de estudo da eletricidade. Entre muitas outras sugestões possíveis encontram-se:

- Conceitos de nó, ramo e malha; definições e leis de associação de bipolos e quadripolos lineares; leis de Kirchhoff; definição de tripolos, ex.: TBJs, e sua relação com os quadripolos;
- Principais diferenças existentes entre os modelos ideais utilizados em análise e aquilo que se observa na prática; leis de Ohm;
- Medidas elétricas e utilização segura e adequada de instrumentos de medição essenciais, ex.: osciloscópio e multímetro como voltímetro, amperímetro e ohmímetro;
- Geradores dependentes, ou vinculados; geradores independentes, ex.: +VCC e +VR;
- Componentes eletrônicos lineares e não lineares, ex.: Amp. Ops., diodos semicondutores e as características construtivas que distinguem suas aplicações, e TBJs e suas regiões de trabalho;

Características físicas da PCI e dos componentes nela montados; disposição justificada dos componentes na superfície da PCI, ex.: blocos funcionais, fluxo de sinais, potências dissipadas, acesso a pontos estratégicos da PCI, alimentação elétrica, etc.; técnicas de confecção de PCIs;

- Conceitos práticos fundamentais envolvidos em um projeto, ex.: aspectos funcional e mecânico, testes, calibração e validação, segurança, atendimento a normas técnicas e/ou não, etc.

Na sequência são apresentados dois exemplos de como se pode modelar o circuito esquematizado na Figura 1, um com menor e outro com maior nível de detalhamento, com o propósito de simplificar sua análise. Esta é uma estratégia útil também para evidenciar aos discentes a importância das técnicas de análise estudadas, bem como comprovar a validade das idealizações/simplificações realizadas.

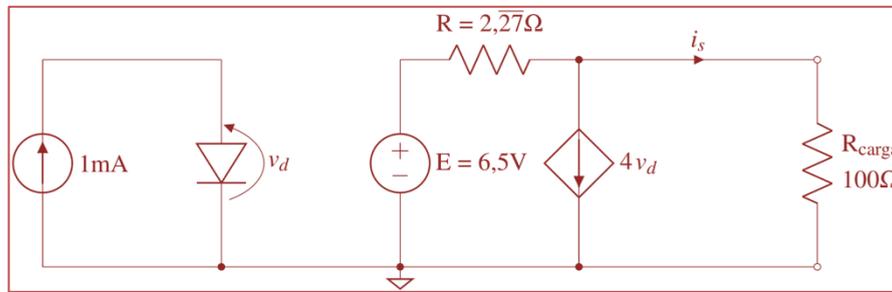
##### 4.1 - EXEMPLO 1: MODELAGEM SINTÉTICA DO CIRCUITO MOSTRADO NA FIGURA 1

A Figura 4 mostra um dos circuitos que modelam sinteticamente o circuito completo mostrado na Figura 1, porém alimentando uma carga de  $100\Omega$ , ausente naquele caso. Opções equivalentes de modelagem requerem transformações do gerador de tensão e/ou do gerador vinculado. Os valores que constam na Figura 4 foram determinados para  $v_d \in [0,49; 0,67]$  [V], correspondendo inversamente ao intervalo de temperaturas  $[0; 100]$  [°C]. A corrente de saída  $i_s$  [A] é dada pela equação

$$i_s = \left( \frac{R}{R + R_{carga}} \right) \left( \frac{E}{R} \right) - 4v_d = 0,0635 - 0,08v_d \quad (1)$$

Pode-se também obter uma versão estritamente linear do circuito eletrônico mostrado na Figura 4, se o diodo sensor for substituído pelo “resistor variável”  $R_{var}$  do tipo NTC, onde  $R_{var} \in [490; 670]$  [ $\Omega$ ]. A sigla NTC significa Negative Temperature Coefficient, isto é, um resistor cuja resistência elétrica diminui com a elevação de sua temperatura. A versão linear se faz útil ao se trabalhar o circuito em cursos como o de “Circuitos Lineares I”.

Figura 4 – Modelagem sintética do circuito completo da Figura 1 com carga.

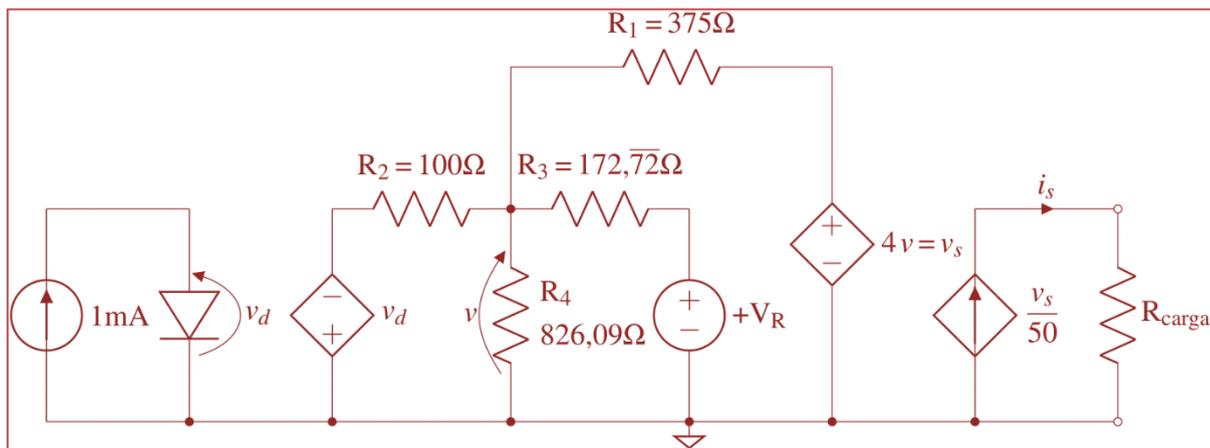


**4.2 - EXEMPLO 2: MODELAGEM MAIS DETALHADA DO CIRCUITO MOSTRADO NA FIGURA 1**

A Figura 5 mostra um exemplo de circuito que modela mais detalhadamente o circuito completo mostrado na Figura 1, também alimentando uma carga de resistência finita. Opções equivalentes de modelagem requerem transformações do gerador de tensão e/ou de um ou mais dos geradores vinculados. Os valores que constam na Figura 5 foram determinados novamente para  $v_d \in [0,49; 0,67]$  [V]. A corrente de saída  $i_s$  [A] pode ser determinada através da seguinte equação, onde  $+V_R = 1,235V$ ,

$$i_s = 0,08 \left( \frac{+V_R R_1 R_2 R_4 - R_1 R_3 R_4 v_d}{R_1 R_2 R_3 + R_1 R_2 R_4 + R_1 R_3 R_4 - 3R_2 R_3 R_4} \right) \approx 0,0635 - 0,08 v_d \quad (2)$$

Figura 5 – Modelagem mais detalhada do circuito completo da Figura 1 com carga.



Pode-se obter uma versão estritamente linear do circuito eletrônico mostrado na Figura 5 exatamente como foi descrito na subseção anterior.

É um exercício proveitoso relacionar a descrição do circuito completo fornecida na Subseção 3.1 com o circuito mostrado na Figura 5.

**5 - CONCLUSÕES**

O capítulo apresentou o projeto de um termômetro eletrônico analógico simples, robusto e de baixíssimo custo. Ele se destina a ser um meio de ensino/aprendizagem polivalente no âmbito da educação em Engenharia Elétrica, permitindo a realização de demonstrações e experimentos práticos diversos que ajudam a aproximar teoria e prática. O projeto tem cunho didático somente, sem a pretensão de satisfazer às tipicamente rígidas especificações dos dispositivos de aplicação industrial.

Tanto o circuito eletrônico quanto a PCI admitem muitas modificações sobre as propostas inicialmente feitas aqui, o que enseja valorizar o protagonismo dos alunos, propiciando-lhes uma aprendizagem mais ativa, aproximando sua formação da realidade profissional. A PCI particularmente pode ser totalmente remodelada para atender especificações técnicas distintas daquelas aqui consideradas.

Mais importante do que o circuito em si é a inclusão efetiva de alunos interessados no processo de desenvolvimento e construção de circuitos, dispositivos, etc., porque isto lhes desperta a curiosidade, subsidia e facilita a aquisição e a retenção de novos conhecimentos e habilidades e, ainda, inicia o treinamento para o mercado de trabalho, seja como engenheiro projetista e inovador, como engenheiro empreendedor e gestor, ou como engenheiro educador na área de engenharia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte recebido de toda a equipe técnica do Laboratório de Eletrônica (LABEL) da UFJF durante o desenvolvimento do projeto.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALEXANDER, C. K.; SADIKU, M. N. O. Fundamentos de circuitos elétricos. 5a. ed. São Paulo, SP: McGraw-Hill Interamericana do Brasil, 2013. ISBN 978-858055172-3.
- [2] BOLTON, W. Instrumentation and control systems. 2a. ed. Cambridge, EUA: Elsevier-Newnes, 2015. ISBN 978-008100613-9.
- [3] Comissão ABENGE. Inovação na educação em engenharia: proposta de diretrizes para o curso de engenharia. Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE). Brasília, DF, 2018.
- [4] Comissão conjunta ABENGE-MEI/CNI. Inovação na educação em engenharia: proposta de diretrizes para o curso de engenharia. Proposta conjunta ABENGE-MEI/CNI. Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE) e Mobilização Empresarial pela Inovação/Confederação Nacional da Indústria (MEI/CNI). Brasília, DF, 2018.
- [5] FILGUEIRAS, G. A.; OLIVEIRA, L. H. de; FERNANDES, D. de A. Termômetro analógico com saída padrão industrial 4–20mA para fins educacionais na engenharia elétrica. In: XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) 2018 e 1º Simpósio Internacional de Educação em Engenharia. Salvador, BA, 2018.
- [6] GRAHAM, R. The global state of the art in engineering education. Cambridge, EUA, 2018.
- [7] NASCIMENTO, P. A. M. M. et al. Escassez de engenheiros: realmente um risco? Radar no. 06 –Tecnologia, Produção e Comércio Exterior. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/radar/100223\\_radar6\\_cap1.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/radar/100223_radar6_cap1.pdf)>.
- [8] NASSIF, L. O desafio de formar engenheiros no Brasil. 2013. Carta Capital – Sociedade – Coluna Econômica. Disponível em: <<https://www.cartacapital.com.br/sociedade/o-desafio-de-formar-engenheiros-no-brasil>>.
- [9] NILSSON, J. W.; RIEDEL, S. A. Circuitos elétricos. 8a. ed. São Paulo, SP: Prentice Hall do Brasil Ltda., 2009. ISBN 978-857605159-6.
- [10] NSB. Science and Engineering Indicators 2018 – Report no. NSB-2018-1. National Science Board (NSB). Alexandria, EUA, 2018. Disponível em: <<https://www.nsf.gov/statistics/indicators/>>.
- [11] ORSINI, L. de Q.; CONSONNI, D. Curso de circuitos elétricos. 2a. ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher Ltda., 2002. Vols. 1 e 2. ISBN 978-852120308-7 (Vol. 1) e 978-852120332-2 (Vol. 2).
- [12] PACHECO, C. A.; Conselho do IEDI. A formação de engenheiros no Brasil: desafio ao crescimento e à inovação. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI). São Paulo, SP, 2010.
- [13] SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. Microeletrônica. 5a. ed. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil Ltda., 2007. ISBN 978-857605022-3.
- [14] Seleção Engenharia. Os maiores desafios na carreira de um engenheiro. 2016. Disponível em: <<https://selecaoengenharia.com.br/blog/os-maiores-desafios-na-carreira-de-um-engenheiro/>>.

# Capítulo 16

## *MOTOR STIRLING COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO NO APRENDIZADO DA TERMODINÂMICA*

*Diandra Caroline Xavier Silveira de Melo*

*Felipe Pinheiro Maia*

*Gabriel Ivan Medina Tapia*

**Resumo:** Este artigo apresenta a aplicação de trabalhos práticos como instrumento inovador no processo de aprendizagem e elucidação de conteúdo teórico para alunos de engenharia. O seguinte estudo baseia-se na proposta de projeto destinada aos componentes curriculares Termodinâmica I e II, pertencentes ao curso de graduação em Engenharia Mecânica da UFRN. O projeto consiste na construção de um motor Stirling caseiro pelos discentes. Os trabalhos submetidos para os períodos letivos de 2017.1 e 2017.2 foram avaliados pelo projeto de monitoria das disciplinas, com base em três produtos principais: modelo CAD completo, vídeo de construção e apresentação do motor e trabalho escrito. Por parte dos discentes, a construção do motor Stirling foi realizada com materiais acessíveis e de baixo custo, e os dados experimentais de desempenho foram obtidos utilizando diferentes instrumentos de medição. Analisando os resultados obtidos, na forma de relatórios e vídeos, concluiu-se que a aplicação de um projeto prático melhorou o entendimento de conceitos da Termodinâmica - como Trabalho, Calor, Ciclo de Carnot, Fluido de Trabalho e Irreversibilidades, como consequência da dinamização do processo de aprendizado. Além disso, observou-se o desenvolvimento de habilidades relacionadas à gestão do projeto, solução de problemas e trabalho em equipe, essenciais a qualquer engenheiro, e de noções de metodologia científica, traduzida em obtenção de resultados a partir de métodos bem definidos.

**Palavras-chave:** Projeto Prático, Termodinâmica, Motor Stirling.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios do ensino está baseado no uso de metodologias relacionadas ao ensino, a partir da aplicação de recursos capazes de proporcionar o entendimento do conteúdo de forma mais significativa (MOREIRA, 2006). As estratégias didáticas inovadoras são objetos de estudo importantes para o aprendizado, uma vez que podem facilitar a assimilação de conteúdos complexos e estimular a lógica e a criatividade dos discentes. Nesse panorama, cabe aos professores elaborarem estratégias metodológicas que favoreçam uma maior interatividade entre os objetos de estudo e os alunos.

Segundo Ferretti (1995), inovar significa adotar modificações de maneira planejada, objetivando a melhoria e o desenvolvimento do processo. Os docentes assumem posição favorável quanto à inovação e às vantagens da utilização de metodologias alternativas no ensino, contudo ainda há grande resistência ao uso delas em seus métodos educacionais. Mesmo motivados, sentem-se inseguros diante das novas ações.

Quanto aos benefícios da aplicação das práticas no processo avaliativo de ensino, Andrade e Massabni (2011) destacam que a realização de projetos de cunho prático incentiva o gosto pela área; sendo assim, os alunos tendem a se esforçar mais para desenvolvê-las e apresentá-las, gerando melhores rendimentos. Cardoso (2013), em sua dissertação acerca de uso das atividades práticas no ensino de ciências, demonstra de maneira quali-quantitativa que as mesmas, quando empregadas na metodologia de ensino, tornam o conteúdo mais atrativo e a aprendizagem mais eficiente.

Não só a absorção de conteúdo torna-se mais efetiva, bem como os desafios para a realização de tarefas práticas estimulam a capacidade cognitiva de inovação do discente. Como maneiras de estímulo à criatividade, Wisdom (2006) defende a aplicação de tarefas diversificadas no ambiente de ensino, a liberdade aos estudantes para trabalharem de maneira diferenciada, a proposta de desafios reais, exigentes e estimulantes e o emprego de métodos avaliativos que não permitam respostas pré-determinadas.

É nesse panorama que surge a proposta apresentada no projeto de monitoria intitulado “Metodologias Alternativas no Processo de Ensino e Aprendizagem nas Componentes Curriculares de Sistemas Térmicos”, voltado ao curso de Engenharia Mecânica da UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte). Na disciplina, a aplicação de cunho prático é solicitada aos discentes por meio do desenvolvimento de um projeto baseado na construção de um motor Stirling caseiro, destinado a uma aplicabilidade específica, a qual deve ser apresentada em uma competição didática.

O seguinte artigo aborda a elucidação de conteúdos vistos de maneira teórica por meio da aplicação de projetos práticos para os discentes nos componentes de Termodinâmica I e II da UFRN. Os benefícios da utilização dessa metodologia de inovação, como apresentados pelas referências citadas, serão fundamentados a partir dos resultados obtidos de acordo com uma metodologia pré-estabelecida, conjuntamente apresentada neste trabalho.

## 2 CONCEITOS ABORDADOS

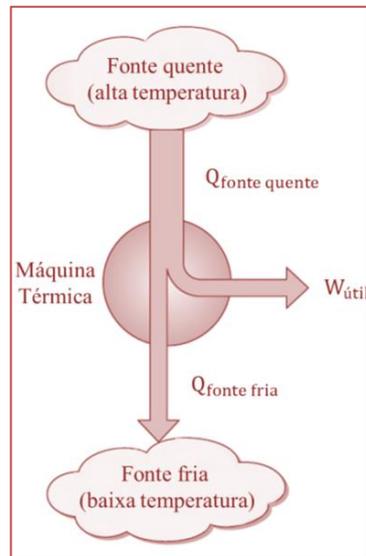
O entendimento e a elaboração do projeto em questão têm, por principal objetivo, a abordagem e o esclarecimento de temas voltados ao estudo da Termodinâmica, em especial os conceitos relacionados a máquinas térmicas. Os principais assuntos elucidados serão apresentados nesta seção.

### 2.1 TRABALHO E CALOR EM MÁQUINAS TÉRMICAS

De acordo com Çengel e Boles, 2013, máquinas térmicas são dispositivos que convertem calor em trabalho. Elas são necessárias porque é impossível realizar essa conversão de forma direta. Conforme pode ser visto na Figura 1, o seu funcionamento se dá pelo recebimento de calor de uma fonte à alta temperatura (fonte quente), conversão de parte desse calor em trabalho útil e, por fim, rejeição do calor restante para uma fonte à baixa temperatura (fonte fria). Para tal, esses dispositivos operam em ciclos termodinâmicos e utilizam um fluido de trabalho.

Embora haja inúmeros conjuntos de processos diferentes para realizar tais operações de forma cíclica, qualquer máquina térmica segue esse princípio. Assim, é importante o entendimento e identificação dessas fontes quente e fria, das taxas de calor fornecidas e recebidas por elas e o modo de geração do trabalho útil.

Figura 1 – Máquina Térmica.



Fonte: ÇENGEL e BOLES, 2013  
(adaptado)

## 2.2 FLUIDO DE TRABALHO

A matéria contida dentro de um volume de controle para um sistema pode apresentar-se nos estados de líquido, vapor ou gás, sendo denominada como fluido de trabalho (EASTOP e MCCONKEY, 1993). É uma substância fluida que, por mudanças de temperatura, volume e pressão, permite a realização de processos ou ciclos termodinâmicos. De maneira geral, em um sistema termodinâmico, o fluido de trabalho é uma substância que absorve ou transmite energia.

## 2.3 CICLO REVERSÍVEL DE CARNOT

O ciclo de Carnot é representado por uma sequência de transformações gasosas as quais constituem uma máquina térmica de rendimento máximo operando em ciclos, que atua entre duas fontes térmicas – uma de alta temperatura, a outra de baixa. Quanto maior for a temperatura da fonte quente, maior será seu rendimento para uma substância que se comporte como um gás ideal (SCHULZ, 2009). É composto por processos reversíveis que, uma vez ocorridos, podem ser invertidos, fazendo o sistema tornar à sua situação inicial, sem vestígios de modificações (BORGNACKE e SONNTAG, 2009).

Esse ciclo possui invariavelmente os quatro mesmos processos básicos, independente do fluido de trabalho atuante:

- 1) Expansão isotérmica reversível (o sistema recebe uma quantidade de calor da fonte de aquecimento);
- 2) Expansão isovolumétrica adiabática reversível;
- 3) Compressão isotérmica reversível (o sistema cede uma quantidade de calor para a fonte de resfriamento); e
- 4) Regeneração isovolumétrica adiabática reversível (ÇENGEL e BOLES, 2013).

## 2.4 IRREVERSIBILIDADES

As irreversibilidades são os fatores que levam um processo a ser considerado irreversível, ou seja, quando a troca líquida de calor e a realização do trabalho entre o sistema considerado e o ambiente não for nula para o processo combinado (ÇENGEL e BOLES, 2013). Dentre os fatores de irreversibilidade, para os processos termodinâmicos de máquinas térmicas, destacam-se o atrito, a expansão não resistida, a transferência de calor com diferença finita de temperatura e a mistura de duas substâncias diferentes.

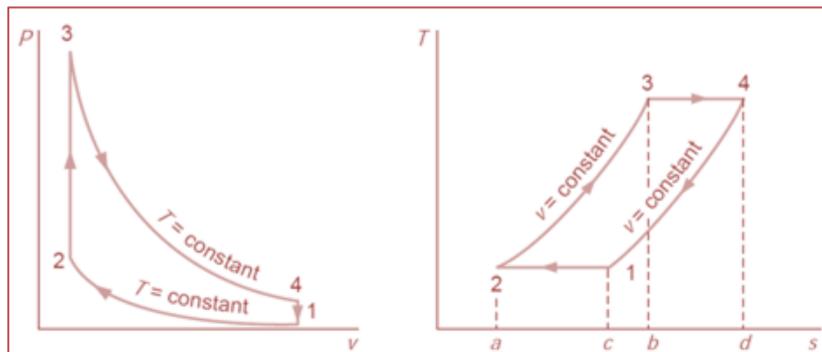
### 3 MOTOR STIRLING

O propósito de um motor é converter a energia suprida como calor ou energia retida em combustível para trabalho. O motor Stirling é um motor de combustão externa, capaz de operar com ampla gama de temperaturas e diferentes tipos de combustíveis, como etanol, biomassa ou solar.

Foi desenvolvido em 1816 pelo escocês Robert Stirling, e seu ciclo possui o mesmo princípio do ciclo de Carnot, uma vez que se fundamenta na compressão e expansão cíclica do fluido de trabalho (ar) a diferentes temperaturas. As temperaturas alternadas provocam a expansão e contração do fluido de maneira cíclica, movimentando os êmbolos ligados a um eixo comum, transformando o calor líquido em trabalho.

A esquematização dos diagramas pressão vs volume e temperatura vs entropia para o ciclo Stirling podem ser vistos na Figura 2. Nele, calor é transferido ao fluido de trabalho de 2 para 3 (a volume constante), e também de 3 para 4, onde ocorre uma expansão isotérmica. Calor é rejeitado do ciclo de 4 para 1 (também a volume constante) e durante o processo de compressão isotérmica, de 1 para 2 (BORGNAKKE e SONNTAG, 2009).

Figura 2 – Ciclo a ar padrão Stirling.



Fonte: BORGNAKKE e SONNTAG, 2009.

#### 3.1 TIPOS DE MOTOR STIRLING

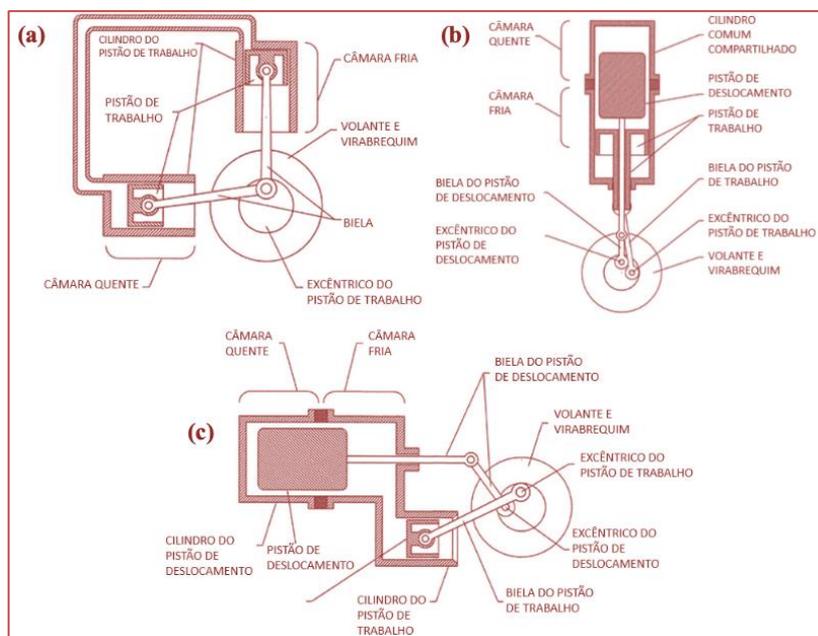
Existem três principais configurações para o tipo de motor em questão, sendo estas classificadas pelo seu funcionamento e posicionamento dos pistões: alfa, beta e gama. Segundo Foster, 2011, essas configurações são descritas da seguinte forma:

O motor Stirling alfa (Figura 3a) é composto por dois pistões de trabalho contidos em cilindros separados, sendo um mantido à alta temperatura e outro à baixa temperatura. Possui elevada relação potência-volume, contudo a alta temperatura do pistão quente prejudica a durabilidade dos componentes vedantes, desencadeando problemas técnicos em seu funcionamento.

A configuração beta (Figura 3b) é constituída por um único cilindro, separado termicamente por duas câmaras ou regiões: uma quente e uma fria. Nessa configuração, movimentam-se dois pistões alinhados: o pistão de trabalho, responsável pelo trabalho do motor; e o pistão de deslocamento, interno ao cilindro e deslocador do fluido de trabalho entre as câmaras quente e fria.

Já o motor gama (Figura 3c) possui dois cilindros distintos: um destinado ao funcionamento do pistão de deslocamento, contendo as câmaras fria e quente, e outro destinado à movimentação do pistão de trabalho. A configuração gama possui menor taxa de compressão, contudo é mecanicamente simples e amplamente utilizada em motores Stirling com cilindros múltiplos.

Figura 3 – Tipos de motor Stirling. (a) Alfa, (b) Beta, (c) Gama.



Fonte: FOSTER, 2011 (adaptado).

#### 4 METODOLOGIA

Este trabalho foca na aplicação de um projeto prático, o motor Stirling, nos componentes curriculares Termodinâmica I e Termodinâmica II, que tratam de termodinâmica básica e aplicada, respectivamente. O período analisado foi o ano de 2017 e, portanto, os semestres letivos 2017.1 e 2017.2. Dessa forma, para a realização do estudo dos benefícios da aplicação desse projeto, é necessário detalhar o que foi solicitado aos alunos, assim como o que foi observado na execução.

##### 4.1 MOTOR STIRLING COMO ALTERNATIVA DE PROJETO DIDÁTICO

O desenvolvimento experimental de um protótipo para o motor Stirling do tipo gama é factível e economicamente viável, uma vez que sua construção é simples e o mesmo pode ser confeccionado com materiais reciclados, de baixo custo e de fácil aquisição. A literatura utilizada como base para a elaboração desse projeto é ampla, e tutoriais acerca de sua construção podem ser encontrados online, a exemplo do blog Manual do Motor Stirling (WAGNER, 2018).

##### 4.2 O PROJETO

Em ambas as disciplinas, o projeto proposto foi a construção de um motor Stirling tipo Gama, a ser utilizado para algum fim. Para tal, os discentes, divididos em grupos de quatro componentes, tiveram liberdade para escolha de materiais. A Tabela 1 apresenta as especificações do projeto de cada disciplina, assim como o número de grupos que os executaram.

Tabela 1 - Projetos práticos aplicados.

	Tipo do motor	Objetivo	Combustível	Observações	Nº de grupos
Termodinâmica I	Gama	Mover um barco	Livre	Apenas o motor Stirling deve movimentar o barco	9
Termodinâmica II	Gama	Uso da energia solar	Energia solar	Deve ser utilizado um concentrador parabólico	18

Para que fosse possível a avaliação da execução dos projetos, alguns produtos foram exigidos. Foram eles:

- Relatório: Trabalho escrito na forma de artigo científico, limitado a seis páginas, incluindo tabelas, figuras, etc. Neste trabalho, a metodologia deveria ser apresentada, e os resultados expostos e discutidos.
- Vídeo de apresentação: Vídeo mostrando as etapas do desenvolvimento do projeto, abordando a construção do motor, do barco e do concentrador solar (a depender da disciplina). Ainda, o produto final deveria ser apresentado.
- Modelo CAD completo: Projeto do motor em CAD (Solidworks ou similares). Embora não fosse obrigatório, animações com o funcionamento dos componentes enriqueceriam o trabalho.

Além da avaliação da qualidade desses produtos descritos, ainda foram levados em consideração a criatividade e o desempenho do sistema apresentado, seja o barco ou o concentrador solar.

### 4.3 EXECUÇÃO

Diversos são os materiais possíveis de serem empregados para a construção de um motor Stirling. Em geral, são materiais acessíveis e reaproveitáveis. Latas de refrigerante, balões de festa e canos de PVC são alguns dos itens mais utilizados. A partir de análise dos produtos desenvolvidos pelos discentes, foi possível desenvolver a Tabela 2, que relaciona os principais objetos empregados e a função deles no motor.

Ainda, para o projeto dos barcos foi observado, em geral, o uso de placas de isopor ou garrafas PET para construção do casco. No caso dos concentradores solares, antenas parabólicas foram reaproveitadas, tanto para utilização direta quanto como molde para laminação do concentrador parabólico em compósito (fibra de vidro e resina poliéster).

Tabela 2 - Itens mais usados na confecção dos motores Stirling.

Itens	Função
Latas de refrigerante	Carcaça e estrutura do motor
Canos e joelhos de PVC	Conexão entre câmara quente e fria
Raios de bicicleta	Virabrequim e mecanismo biela-manivela
Balão de festa	Diafragma/pistão de trabalho
Lã de aço	Pistão de deslocamento
CDs	Volante
Câmara de ar de motocicleta	Vedação do sistema
Conectores de fio	Montagem dos raios de bicicleta
Colas em geral	União das peças do motor

Tal como os materiais, a construção desses motores é bastante simples, podendo ser realizada utilizando ferramentas comuns disponíveis em qualquer casa, como tesouras, alicates, estiletes, chaves de fenda e chaves Phillips. Alguns dos processos envolvidos são: corte, furação, colagem, conformação (dobramento), entre outros.

### Instrumentos de medição

Para o desenvolvimento do relatório, os discentes empregaram, também, alguns instrumentos de medição, a fim de medir os parâmetros de desempenho do motor. As temperaturas das fontes quente e fria, a massa dos componentes e a rotação do volante foram as variáveis mais aferidas. Entre outros instrumentos, pode-se destacar a utilização de tacômetro para a avaliação da rotação do eixo do motor, de pirômetro óptico para aferir as temperaturas das fontes quente e fria e de balança digital para avaliar as massas dos componentes. Tais ferramentas foram fornecidas pelos laboratórios vinculados ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFRN.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseado na metodologia de aplicação do projeto prático, produtos, na forma de trabalho escrito, vídeo e modelo CAD, foram entregues pelos grupos de alunos. A Figura 4 apresenta alguns dos motores confeccionados, em conjunto com o barco ou concentrador solar.

Por meio da análise realizada sobre os relatórios apresentados, observa-se, sobretudo, o entendimento de conceitos termodinâmicos teóricos por parte dos alunos, bem como a identificação do funcionamento do motor Stirling como máquina térmica. Os principais componentes dessa máquina (fontes quente e fria, e eixo de potência) foram fisicamente identificados por eles, que também realizaram algumas medições, de temperatura e rotação do eixo, para quantificar os calores absorvidos e rejeitados e o trabalho fornecido pelo eixo, de forma a estimar a eficiência térmica de seus motores. Outro ponto muito observado foi a descrição da variação da eficiência com as diferentes temperaturas das fontes quente e fria. Para a fonte quente, os discentes utilizaram, em geral, lamparinas a álcool construídas com latas descartáveis, que garantiam uma temperatura relativamente constante após certo tempo de aquecimento do fundo das latas. O problema encontrado foi na fonte fria, em geral um reservatório para algum fluido refrigerante, como a água. Independente do quão gelada estivesse a água de resfriamento no início, ao longo do tempo sua temperatura aumentava, em razão da rejeição de calor pelo motor, e conseqüentemente a eficiência do motor caía. Alguns grupos visualizaram isso e registraram na forma de gráficos.

Figura 4 – Motores construídos pelos discentes de Termodinâmica I e II.



Fonte: autores.

Ainda, na discussão de seus projetos, os discentes demonstraram ter assimilado o mecanismo de conversão de energia térmica em rotação de eixo, pois muitos dos relatórios identificaram o fluido de trabalho (o ar, nesse caso) e descreveram os processos termodinâmicos componentes do ciclo Stirling e

como estes aconteciam na prática, no motor construído por eles. Assim, é pertinente afirmar que, ao se afastar dos modelos expositivos de ensino e dinamizar o processo, o aprendizado tornou-se mais eficiente.

A comparação entre motores confeccionados permitiu também a elucidação de problemas de irreversibilidade, indicando imprecisões na construção que prejudicaram ou impediram o funcionamento do motor. As falhas apontadas pelos discentes foram, entre outras, fuga de ar, aquecimento da câmara de ar frio (fonte fria), os atritos e vibrações causados pela falta de concentricidade entre os eixos, folgas e erros de dimensionamento. Mais ainda, é interessante observar como cada grupo buscou soluções, diferentes ou não, para estes problemas descritos, o que se configurou como um estímulo à criatividade e inovação. Esse é o papel do engenheiro na indústria: resolver problemas, muitas vezes próximos aos observados nos motores Stirling, como é o caso do atrito nos mancais, presente em máquinas rotativas de qualquer porte, por exemplo.

Outro aspecto a ser observado é a gestão de projeto. Todo o processo de desenvolvimento de protótipo, testes e criação de conteúdo na forma de relatório e vídeo tomou bastante tempo e envolveu uma série de tarefas diferentes. Isso exigiu habilidades de gerenciamento por parte dos discentes, tanto em relação ao tempo, controlado pela definição de metas com prazos, quanto em relação à divisão de tarefas entre si, que foi realizada de acordo com as habilidades prévias de cada membro, a fim de acelerar a execução das atividades. Ainda, o trabalho em grupo foi estimulado.

Por fim, ressalta-se a noção de metodologia científica passada aos alunos. Durante o trabalho, foi necessário, por parte deles, o estabelecimento de um método a ser seguido para a obtenção da performance do motor, o qual teve que ser bem definido no relatório. O passo a passo para cada medição teve que ser descrito, assim como o tipo e modelo dos instrumentos. Além disso, cobrou-se que os resultados fossem apresentados e, mais importante que isso, devidamente discutidos, como é comum em qualquer artigo científico.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, de acordo com a metodologia exposta, foi possível concluir que a aplicação do projeto prático (construção de um motor Stirling para um fim específico) proporcionou:

- 1) A elucidação de conceitos teóricos da Termodinâmica, sobretudo os relacionados às máquinas térmicas;
- 2) Um processo de aprendizado mais dinâmico e, conseqüentemente, mais eficiente;
- 3) Desenvolvimento de habilidades relacionadas à gestão, à solução de problemas e ao trabalho em equipe, fundamentais no mercado de trabalho;
- 4) Noção de metodologia científica, no que tange a aplicação de um método para obtenção de resultados, nesse caso relacionados ao desempenho do motor.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Sistemas Térmicos e Energias Alternativas (LSTEA) pelo apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- [1] ANDRADE, Marcelo Leandro Feitosa de; MASSABNI, Vânia Galindo. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, 2011.
- [2] BORGNAKKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. *Fundamentos da Termodinâmica*. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA. 2009.
- [3] CARDOSO, Fabíola de Souza. O uso de atividades práticas no ensino de ciências: na busca de melhores resultados no processo ensino aprendizagem. 2013. 56 f. Monografia - Centro Universitário UNIVATES, Rio Grande do Sul, 2013.
- [4] ÇENGEL, Yunus Ali; BOLES, Michael Alston. *Termodinâmica*. Porto Alegre: AMGH Editora LTDA. 2011.
- [5] EASTOP, Thomas Deas; MCCONKEY, Allan. *Applied Thermodynamics for Engineering Technologists*. Harlow: Editora Pearson Education Limited. 1993.

- [6] FERRETTI, Celso João. A inovação na perspectiva pedagógica. Em: GARCIA, W. E. (Coord.). Inovação educacional no Brasil: problemas e perspectivas. Campinas: Autores Associados, 1995, p. 61-83.
- [7] FOSTER, Phillip R. Innovative Rotary Displacer Stirling Engine: Sustainable Power Generation for Private and Fleet Vehicle Applications. *The Journal of Technology studies*, v.37, n. 2, 2011.
- [8] MOREIRA, Marco Antonio. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora da UnB. 2006. P. 7.
- [9] SCHULZ, Daniel. Aprendizagem significativa de termodinâmica no ensino médio através do estudo de máquinas térmicas como tema motivador. Disponível em:
- [10] [http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo\\_stirling.htm](http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_stirling.htm). Acesso em: 25 abr. 2018.
- [11] WAGNER, Leandro. Manual do Motor Stirling. Disponível em: <http://www.manualdomotorstirling.blogspot.com.br/>. Acesso em: 21 abr. 2018.
- [12] WISDOM, James. Developing higher education teachers to teach creatively. Em: JACKSON, Norman; OLIVER, Martin; SHAW, Malcolm; WISDOM, James (Org.). *Developing creativity in higher education*. London: Routledge, 2006. p. 183-196.

# Capítulo 17

## TREINAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

*Thales Prini Franchi*

*Thiago Prini Franchi*

*Joel Rocha Pinto*

*Alessandro Bogila*

*Denis Borg*

*Fernando Deluno Garcia*

**Resumo:** A utilização de sistemas fotovoltaicos para a geração de energia elétrica é uma das formas de geração de energia limpa e renovável mais promissora no momento, pois estes utilizam um bem abundante e gratuito no planeta que é o Sol. No entanto, a implantação do sistema fotovoltaico para a geração de energia elétrica para a sociedade, utilizando a instalação nos telhados das residências, ainda geram diversas controvérsias, pois por ser uma tecnologia em ascensão no país acaba acarretando falta de informações sobre seu funcionamento e alto custo de implementação do sistema, o que gera dificuldades para a sua aplicabilidade. As alternativas para a disseminação dessa tecnologia passam por diversas formas de incentivos do governo para a sua utilização e até cursos voltados para esta área. Pensando nesse cenário o Centro Universitário Facens desenvolveu cursos de extensão de excelência voltados para a energia solar fotovoltaica e dentre eles está presente um programa gratuito de cursos destinados para escolas do ensino médio, onde neste curso proposto o aluno será capaz de compreender o princípio de funcionamento de módulos fotovoltaicos e entender o estado da arte de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica da concessionária. E para atender a demanda energética, o Centro Universitário Facens instalou em seu campus dois sistemas fotovoltaicos, sendo um conectado à rede elétrica da concessionária local com potência de 61,74 kWp e outro de 2,195 kWp desconectado da mesma. Ambos os sistemas, com suas diferentes características construtivas, funcionais e operacionais são utilizadas nas aulas práticas do curso.

**Palavras-chave:** Energias Renováveis. Curso de Extensão. Geração de Energia Elétrica. Sistemas Fotovoltaicos.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda de energia elétrica no país e a escassez de recursos hídricos para projetos de novas hidrelétricas, ocorre a necessidade de buscar novas fontes de energia, principalmente as limpas e renováveis como a eólica, fotovoltaica biomassa e geotérmica (ALVES et al, 2015).

Devido ao território brasileiro possuir grande incidência solar, a energia fotovoltaica se torna uma forte opção de utilização para geração de energia elétrica. No entanto, a sua participação na matriz energética brasileira é muito pequena devido aos incentivos públicos e regulamentações perante às concessionárias de energia elétrica serem recentes (RELLA, 2017).

As instalações de sistemas fotovoltaicos tendem a crescer no âmbito nacional, onde segundo a BlueSol, até março de 2018 o Brasil possuía 20.897 instalações fotovoltaicas e a previsão para 2024 será de aproximadamente 887 mil sistemas fotovoltaicos instalados (BLUESOL, 2018).

Diante deste cenário é inevitável que a mão de obra para projetos e instalações de sistemas fotovoltaicos sejam de excelência, e para tal, o Centro Universitário Facens procurou se aprimorar neste contexto oferecendo cursos de extensão para seus alunos e para o público externo. Nestes cursos são apresentados o contexto de funcionamento e projeto com constantes atualizações no cenário energético do país, propiciando o melhor aprendizado para o aluno.

Os cursos desenvolvidos pelo Centro Universitário Facens para ofertar aos seus alunos e a sociedade são:

1. **Geração de Energia Solar Fotovoltaica – Fundamentos e Aplicações:** São cursos voltados para o público de escolas de ensino médio, onde possui a duração de 4 horas e é apresentado uma introdução do princípio de funcionamento de células, módulos fotovoltaicos e noções de funcionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.

2. **Introdução à Energia Solar Fotovoltaica:** É um curso de 16 horas voltado para o estado da arte de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica da concessionária e dos sistemas não conectados à rede elétrica. Também é apresentado a forma de dimensionamento de cada elemento que compõe os sistemas apresentados no curso.

3. **Curso de Projeto Fotovoltaico:** Também é um curso de 16 horas de duração, onde é abordado o projeto de um sistema fotovoltaico, com dimensionamento de módulos, inversores, condutores, proteções e a documentação que deve ser apresentada à concessionária de energia para a aprovação do projeto.

Além dos cursos acima ofertados, o Centro Universitário Facens possui em seu campus dois sistemas fotovoltaicos instalados, onde são denominados de sistema on-grid (conectado à rede elétrica da concessionária) e o sistema off-grid (desconectado da rede elétrica da concessionária). A Figura 1 ilustra os sistemas fotovoltaicos instalados no campus.

Figura 1 – Sistemas fotovoltaicos instalados no campus da Facens.



O sistema on-grid possui potência de 61,74 kWp, que também é dividido no sistema fixo, com potência de 51,45 kWp, instalado no telhado do prédio D e no sistema rastreador (tracker) de potência de 10,29 kWp, que se encontra instalado no solo e em frente ao prédio D. Esses sistemas são utilizados para gerar economia na conta de energia da instituição e para a realização de estudos acadêmicos. A disposição deste sistema pode ser visualizada pelas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Sistema Fotovoltaico Fixo on-grid.



Figura 3 - Sistema Fotovoltaico on-grid com rastreador (Tracker).



Outro sistema instalado no campus é um sistema off-grid (desconectado da rede elétrica da concessionária) de potência de 2,195 kWp que é utilizado para iluminação externa do andar inferior do prédio D (prédio do Laboratório de Elétrica e Mecatrônica). A disposição desse sistema pode ser visualizada na Figura 1, que está instalado em cima do eletrocentro e entre os sistemas fixo e rastreador (tracker).

Ambos os sistemas são utilizados em disciplinas de graduação do curso de Engenharia Elétrica, estudos acadêmicos como trabalhos de conclusão de curso e iniciações científicas e também para visitas técnicas de escolas da região para conhecer um sistema fotovoltaico aplicado.

Abaixo está detalhado o curso de Geração de Energia Solar Fotovoltaica – Fundamentos e Aplicações.

## 2 TREINAMENTO FOTOVOLTAICO – FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES

O Treinamento Fotovoltaico – Fundamentos e Aplicações é oferecido pelo Centro Universitário Facens para alunos de escolas públicas com o intuito de disseminar o conhecimento sobre geração de energia fotovoltaica para a sociedade, assim como mostrar os principais tipos de fontes de energias renováveis existentes. No entanto, o foco principal deste curso é destinado para práticas voltadas para a geração de Energia Elétrica Fotovoltaica.

Esse treinamento é desenvolvido em um laboratório de Engenharia Elétrica que possui oito bancadas equipadas com computadores Desktop de última geração. A sala tem capacidade para atender 32 alunos. No entanto, para o melhor aprendizado, o número de alunos por turma de cada curso é limitado em 16, que são separados em duplas, pois na parte prática é importante e necessário o trabalho em equipe para o melhor desenvolvimento das coletas e análises de dados do experimento.

O conteúdo do curso é composto por apresentação dos principais tipos de fontes renováveis de geração de energia elétrica, princípios de funcionamento de células e módulos fotovoltaicos, explanação de sistemas fotovoltaicos conectados e não conectados à rede elétrica da concessionária de energia elétrica local e por fim uma visita às instalações dos sistemas fotovoltaicos instalados no campus da instituição.

Os cursos possuem quatro horas de duração, ocorrem no período da manhã, da tarde e aos sábados, possibilitando dessa forma que os alunos possam participar do curso sem prejudicar as atividades acadêmicas na sua escola de origem.

## 2.1 CONCEPÇÃO DO TREINAMENTO

O conteúdo do treinamento foi desenvolvido para que o público alvo, que são os alunos do ensino médio, sejam capazes de absorverem os temas propostos, mostrando de forma didática, com animações e imagens os principais tópicos do treinamento. O conteúdo é dividido da seguinte forma:

- Introdução;
- Fontes de Energias Alternativas;
- Energia Solar Fotovoltaica;
- Tipos de Células, Módulos Fotovoltaicos e Formas de Fabricação;
- Parte Prática – Levantamento de Curvas de Células e Módulos Fotovoltaicos;
- Estudo de um Sistema Conectado à Rede Elétrica da Concessionária;
- Visita às Instalações Fotovoltaicas no Campus.

O treinamento foi formatado para ser ministrado em duas frentes, sendo a primeira parte teórica com duração de aproximadamente duas horas e a segunda etapa sendo totalmente prática com duração também de duas horas, onde os alunos utilizam kits didáticos para a realização dos experimentos.

O curso inicia com a introdução que visa basicamente mostrar aos alunos o cenário energético brasileiro atual, mostrando a composição da matriz energética do país e evidenciando principalmente a pequena parcela que as fontes de energias fotovoltaicas representam hoje ao Brasil e sua importância para o futuro. Também são apresentados e explicados os princípios de funcionamento das principais fontes de energias renováveis que podem ser utilizadas para geração de energia elétrica, como a hídrica, solar térmica, eólica, oceânica, biomassa e solar fotovoltaica.

O curso também apresenta aos alunos usinas fotovoltaicas instaladas no Brasil, como o estádio do Mineirão, usina de Tanquinho em Campinas, usina de Tauá no Ceará, usina de Tubarão em Santa Catarina, usina de Bom Jesus da Lapa na Bahia, a micro usina do Centro Universitário Facens em Sorocaba e instalações de sistema fotovoltaicos em residências.

Outro ponto muito importante abordado no treinamento é o processo de fabricação das células fotovoltaicas monocristalina e policristalina, juntamente com a composição de um módulo fotovoltaico para aplicação em sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica.

Na parte experimental os alunos têm a incumbência de levantar a curva característica de corrente por tensão e potência por tensão de uma célula fotovoltaica, assim como para as associações série e paralela entre duas células fotovoltaicas, também é proposto o levantamento das curvas características de um módulo fotovoltaico de 10 Wp monocristalino e policristalino para evidenciar as diferenças entre as duas tecnologias.

No fim do treinamento é realizado também uma visita nas instalações fotovoltaicas do Centro Universitário Facens, assim os alunos podem visualizar a instalação de um sistema fotovoltaico real que possui as configurações fixa e com rastreador do Sol. Também é feita a visita nas instalações do sistema fotovoltaico off-grid mostrando as aplicações e importâncias que esse sistema terá no futuro, principalmente quando as redes de distribuições estiverem sobre carregados.

## 2.2 KITS DIDÁTICOS FOTOVOLTAICOS

Para a realização da parte prática do curso é utilizado um kit didático fotovoltaico que pode ser visualizado na Figura 4.

Neste kit, alguns itens foram desenvolvidos dentro da instituição para atender especialmente o curso, como a placa de carga de resistores, as caixas para alocar os pequenos módulos fotovoltaicos e o suporte de fixação das luminárias que simulam a fonte de energia solar. O Centro Universitário Facens possui em seu campus um FabLAB, que é um laboratório de prototipagem, e foi utilizado os recursos da cortadora a laser e da router para completar os kits didáticos. Ao todo foram desenvolvidos oito kits para atender o curso. O kit é composto por:

- 01 Módulo fotovoltaico monocristalino;
- 01 Módulo fotovoltaico policristalino;
- 02 Células fotovoltaicas de filme fino;
- 02 Multímetros digitais;
- 01 Luminária de 100 W;
- 01 Controlador de carga;
- 01 Bateria de 12 V / 3 Ah;
- 01 Placa de carga de resistores;
- 01 Lâmpada de LED de 3 W.

Figura 4 – Kit didático para desenvolvimento do curso.



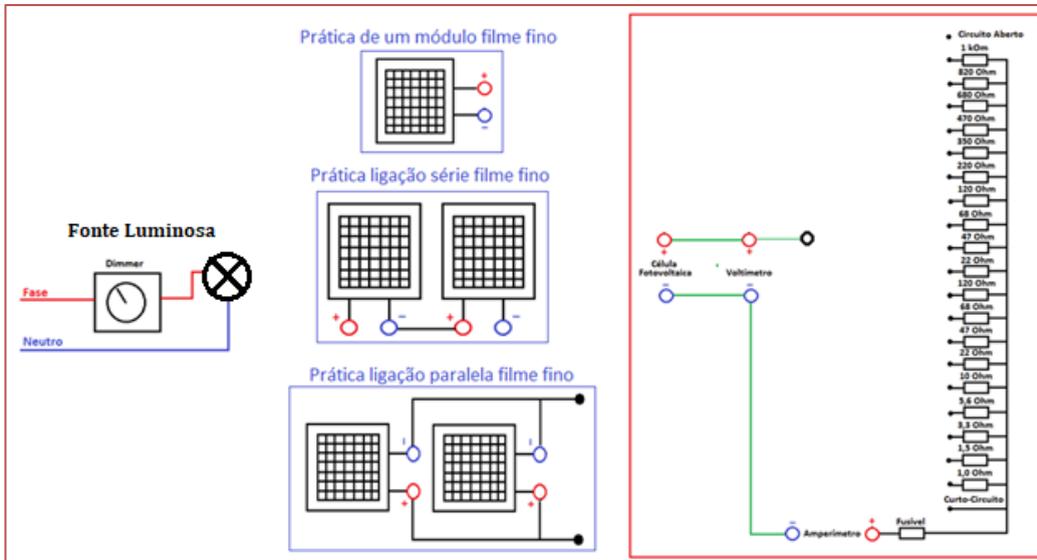
## 2.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Na parte prática do treinamento os alunos realizam a montagem dos experimentos com o auxílio do professor. Inicialmente os alunos realizam o procedimento experimental das células fotovoltaicas de filme fino.

O objetivo neste experimento é realizar o levantamento das curvas características de corrente por tensão e de potência por tensão de uma célula e de uma associação série e paralela de duas células fotovoltaicas, conforme podem ser visto na Figura 5 (PEREIRA, 2011). Para isso, o aluno ajusta a fonte de luz para a intensidade máxima e mantém ela fixa, logo após ser realizada a alteração dos valores dos resistores na placa de carga, anota-se os resultados do voltímetro e do amperímetro em uma tabela para posteriormente montar os gráficos correspondentes.

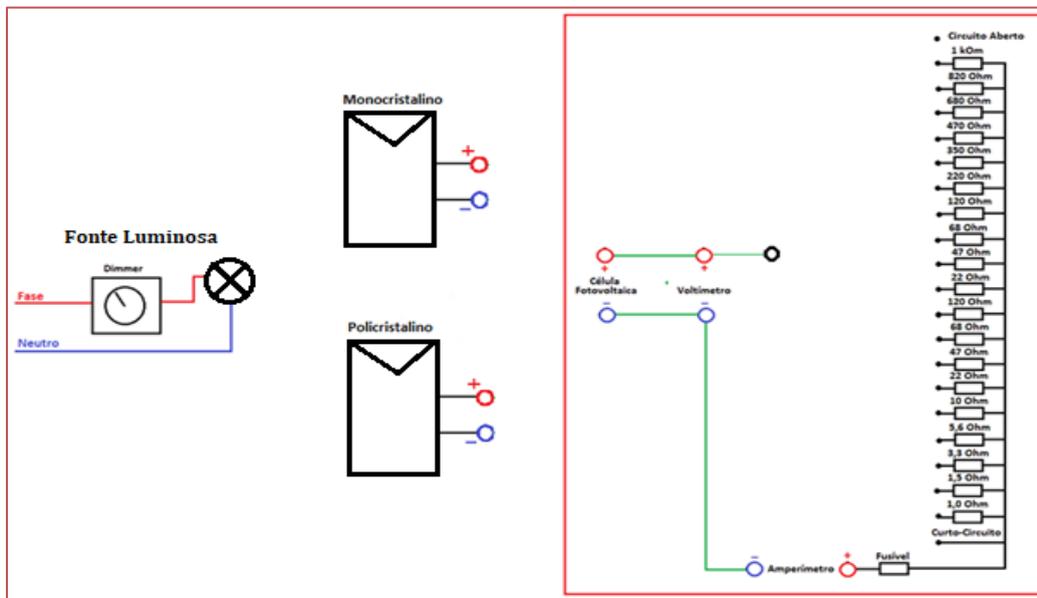
Nessa etapa do treinamento são apresentados aos alunos os conceitos de tensão, corrente e potência. Assim como a montagem do circuito com as conexões elétricas necessárias para os circuitos propostos logo em seguida.

Figura 5 – Esquema de montagem das células de filme fino.



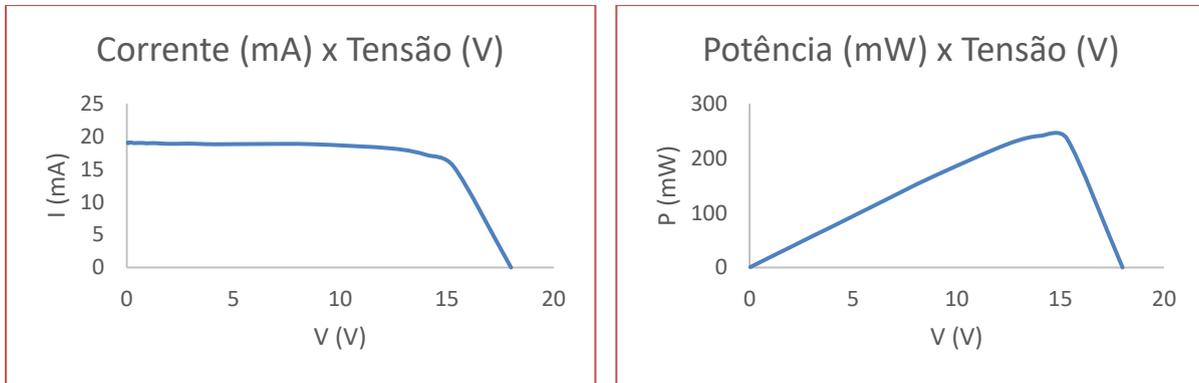
Após os estudos das células fotovoltaicas, os alunos estudarão o comportamento de dois módulos fotovoltaicos de potência de 10 Wp cada, sendo um monocristalino e outro policristalino. O esquema de ligação para esse estudo pode ser visto através da Figura 6. A coleta de dados dessa etapa é a mesma do procedimento experimental da célula de filme fino.

Figura 6 – Esquema de montagem de um módulo monocristalino e policristalino.



Nestes dois procedimentos experimentais espera-se que os alunos desenvolvam as curvas características dos módulos fotovoltaicos, um exemplo de coleta de dados do experimento pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7 – Curva de corrente por tensão e da potência por tensão de um módulo fotovoltaico.



Através dessas curvas características são explicados para os alunos os pontos de circuito aberto, corrente de curto-circuito e ponto de máxima potência de uma célula ou módulo fotovoltaico estudado. Também é explanado nos experimentos onde o inversor fotovoltaico trabalha no seu melhor rendimento, que é nas proximidades do ponto de máxima potência da associação dos módulos fotovoltaicos.

#### 2.4 VISITA TÉCNICA NAS INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS DO CAMPUS

Após a realização da parte teórica e dos procedimentos experimentais os alunos realizam uma visita aos sistemas fotovoltaicos instalados no campus do Centro Universitário Facens. A visita começa pelo prédio C, que é o prédio que permite visualizar o sistema fotovoltaico on-grid que está instalado no telhado do prédio da Elétrica, que é o sistema fixo. Neste cenário os alunos podem ver como está a configuração da disposição dos módulos fotovoltaicos e quais módulos representam cada entrada dos inversores fotovoltaicos.

Na sequência, os alunos visitam o sistema rastreador solar, onde é explanado o seu mecanismo de funcionamento, o sistema de monitoramento da posição dos módulos fotovoltaicos e seu sistema de segurança contra ventos de alta velocidade, acima de 60 km/h.

Por fim, os alunos visitam o eletrocentro (abrigo dos inversores fotovoltaicos), isso permite a visualização dos componentes instalados, tanto dos sistemas on-grid quanto do sistema off-grid. Nesse momento existe a integração entre o conteúdo visto em sala de aula com os equipamentos no sistema real. A Figura 8 mostra os sistemas fotovoltaicos instalados no campus e o eletrocentro que abriga os inversores fotovoltaicos, controladores de carga, transformador, baterias e sistema de proteção.

Figura 8 – Sistemas fotovoltaicos instalados no campus.



## 2.5 AVALIAÇÕES DO CURSO

Ao final do curso é solicitado aos alunos uma avaliação sobre o curso através do preenchimento de um formulário. As principais perguntas são sobre os objetivos do curso, se a carga horária proposta foi suficiente e se indicariam o curso a outras pessoas. As respostas destes itens podem ser visualizadas nas Figuras 9, 10 e 11.

Figura 9 - Os objetivos de aprendizagem do curso foram alcançados.

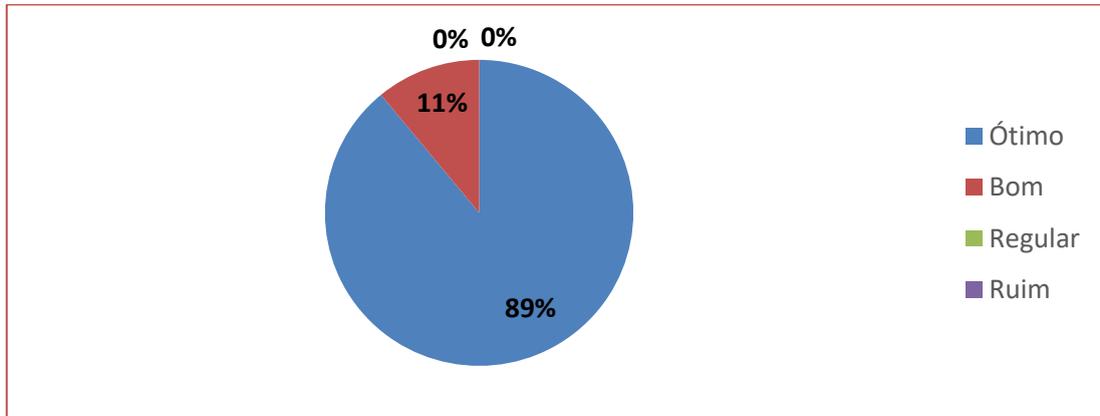


Figura 10 - A carga horária do curso foi cumprida e bem aproveitada

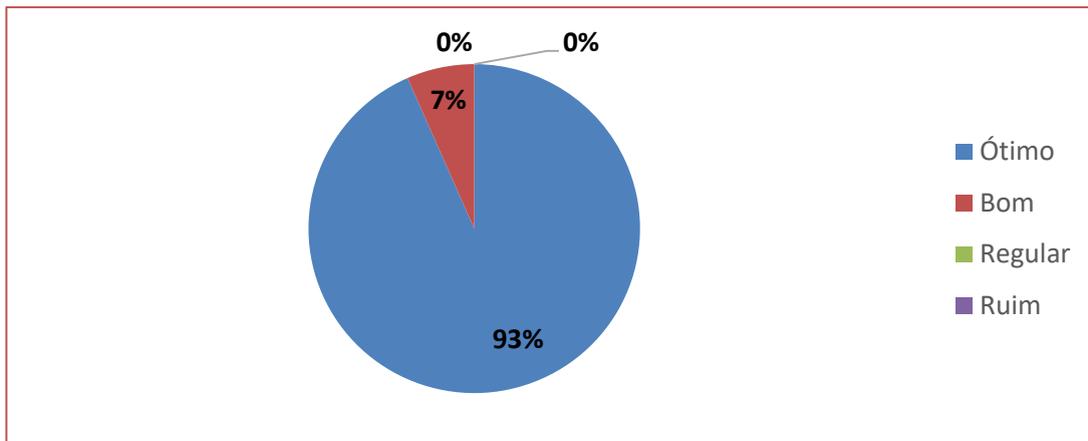
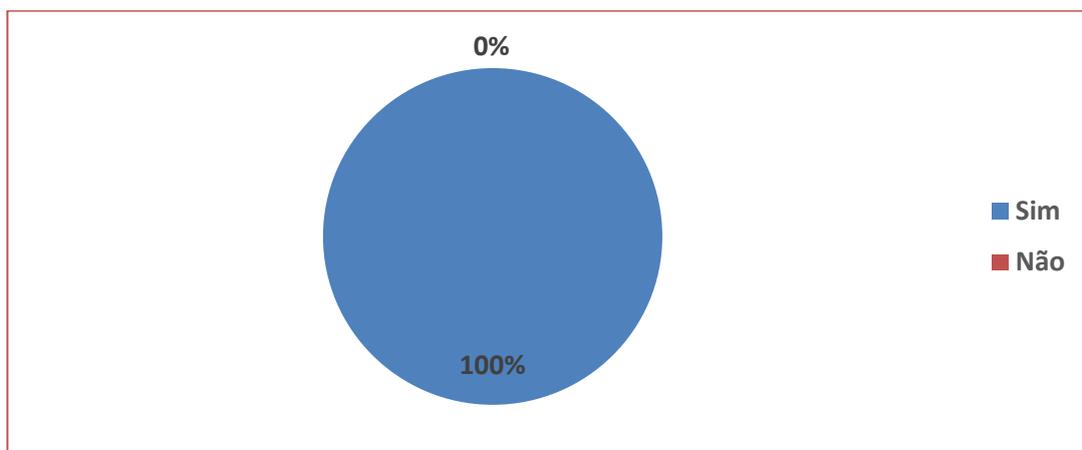


Figura 11 - Você indicaria este curso à outra pessoa.



Conforme pode ser visualizado na Figura 9 os objetivos de aprendizagem do curso foram atingidos, pois 89% dos participantes avaliaram como ótimo e 11% como bom. No quesito carga horária do curso foi considerada ideal, obtendo 93% com avaliação ótima e 7% como bom, conforme pode ser visto na Figura 10. Já na Figura 11 pode-se notar que 100% dos participantes indicariam este curso à outras pessoas.

Essas amostras foram elaboradas com 91 alunos entre o período de março a maio de 2018.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Centro Universitário Facens é uma instituição filantrópica que se preocupa com o aprendizado dos seus alunos e com a comunidade ao seu redor, desenvolvendo cursos de extensão aos seus alunos e ao público externo. O curso Geração de Energia Solar Fotovoltaica – Fundamentos e Aplicações é um programa gratuito destinado as escolas do ensino médio de Sorocaba e região e possui como finalidade a disseminação do conhecimento da geração de energia elétrica fotovoltaica.

A participação desses alunos do ensino médio mostra que o curso vem atingindo os seus objetivos de aprendizagem. Assim como esse treinamento tem função de motivar esses alunos a buscarem novos conhecimentos, principalmente nessa área de energia renováveis com a energia fotovoltaica, que tem potencial muito grande de crescimento no Brasil.

### REFERÊNCIAS

- [1] ALVES, Lucas V.; CUNHA, Lamarck A. da; SILVA, Ricardo M. da. ANÁLISE DOS CUSTOS DE ESTAÇÕES FOTOVOLTAICAS NO NORDESTE DO BRASIL. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza. Ceará, 2015.
- [2] BLUE-SOL. Energia Solar no Brasil: Um panorama para [Você] entender tudo. Disponível em: <http://blog.bluesol.com.br/energia-solar-no-brasil-panorama/>. Acesso em 02 maio. 2017.
- [3] PEREIRA, F. A. S., Oliveira, M. A. S. “Laboratórios de Energia Solar Fotovoltaica”, Publindustria, 2011.
- [4] RELLA, Ricardo. Energia solar fotovoltaica no Brasil. Revista de Iniciação Científica, Criciúma, v15, n1, 2017. ISSN 1678-7706

# Capítulo 18

## *ABORDAGEM DO ELETROMAGNETISMO MEDIANTE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS DE BAIXO CUSTO*

*Sara Luiza da Silva*

*Allan Vinícius Pereira Machado*

*Ítalo Arthur João Wilson Silva Meireles*

*Rodrigo de Sousa e Silva*

**Resumo:** Esse projeto teve por objetivo difundir e propagar o ensino da eletricidade e do eletromagnetismo em todas as turmas de terceiro ano de escolas públicas do município de Nepomuceno/MG. Por essa razão, o projeto foi executado na Escola Estadual Doutor Ernane Vilela Lima, único estabelecimento que possui o público alvo. A instituição possui mais de 200 alunos do terceiro ano, divididos em oito turmas entre os turnos matutino e noturno. Destarte, essa ação de extensão beneficiou os discentes com cerca de setenta horas de apresentações, com doze experimentos divididos em três ciclos de demonstrações. Com a idealização do projeto, de modo geral, observou-se um significativo aumento no interesse dos alunos sobre a disciplina de física, despertando assim curiosidades relacionadas a grande área da engenharia elétrica. Além disso, a atividade proporcionou um rico intercâmbio entre os acadêmicos do curso de graduação em engenharia elétrica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG - unidade Nepomuceno e os discentes do terceiro ano da Escola Estadual Doutor Ernane Vilela Lima, aproximando a instituição de ensino superior da comunidade local.

**Palavras-chave:** Eletromagnetismo. Eletricidade. Escola Pública. Física. Extensão

## 1 INTRODUÇÃO

A pequena cidade de Nepomuceno/MG na região sul do estado, não é diferente das demais cidades do país e neste local também vemos uma limitação muito comum em escolas da rede pública de ensino básico, a falta de afinidade dos professores e funcionários com aulas práticas de eletricidade e magnetismo.

O ensino de física nas escolas públicas, ainda é muito influenciado pela ausência de aulas práticas, dificultando a relação ensino-aprendizagem, onde, ministrar aulas se torna uma tarefa difícil e exaustiva aos professores.

E isso, sem sombras de dúvidas, constitui-se um obstáculo pedagógico à consecução do ensino e da aprendizagem de física nos diferentes níveis e modalidades da escolarização, com o impacto negativo sobre o entendimento e o interesse por essa ciência. (COSTA; BARROS, 2015, p. 2)

A maneira qual o ensino é estruturado é um outro desafio que os professores enfrentam. Os métodos utilizados para ministrar as aulas ainda são similares aos utilizados décadas atrás, o que impede, muitas vezes, a realização de uma aula mais dinâmica. Uma remodelação no sistema de ensino, seria uma alternativa a esse problema pois, “não basta entender como se aprende, é preciso descobrir a melhor forma de ensinar” (LEAL, 2011). Uma alternativa a mudança do ensino estruturado, seria através de aulas práticas que indagassem os estudantes levando-os a reflexão quanto aos temas abordados nas aulas. Na matéria de física, devido à dificuldade de grande parte dos alunos em compreender a matéria, essa alternativa seria total valia, pois, aulas práticas em física são de suma importância para que o aluno possa compreender os conceitos aprendidos na sala e os relacionar com fenômenos do dia a dia.

Graças às atividades experimentais, o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das “linguagens”, tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Elas permitem o controle do meio ambiente, as autonomias face aos objetos técnicos ensinam as técnicas de investigação, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Assim, o aluno é preparado para poder tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados. O aluno só conseguirá questionar o mundo, manipular os modelos e desenvolver os métodos se ele mesmo entrar nessa dinâmica de decisão, de escolha, de inter-relação entre a teoria e o experimento. (SERÉ et al, 2003, p. 13)

A falta de aulas práticas nas escolas públicas, pode estar vinculada a falta de estrutura ou até mesmo inexistência de laboratórios. Contudo, esse problema pode ser contornado ou minimizado, com o apoio e disponibilização do conhecimento acadêmico e estrutura física disponíveis nas instituições públicas de ensino superior (no caso específico, o CEFET-MG) e no uso de materiais de baixo custo ou gratuitos (lixo eletrônico reciclável).

Assim, o projeto de extensão “Abordagem do Eletromagnetismo mediante experimentos didáticos de baixo custo” do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG - unidade Nepomuceno, teve por objetivo difundir conhecimentos sobre o eletromagnetismo para alunos do ensino médio da rede pública de ensino, com a elaboração de experimentos que utilizam matérias recicláveis ou de baixo custo.

A cidade de Nepomuceno possui apenas dois estabelecimentos públicos de ensino que ofertam o ensino médio, sendo um destes o CEFET/MG, que oferece três cursos técnicos integrados, ambos na grande área da engenharia elétrica, logo, os discentes têm contato direto com matérias de eletricidade e eletromagnetismo. E o outro estabelecimento é a Escola Estadual Doutor Ernane Vilela Lima que oferece o terceiro ano de forma regular no município, nos períodos matutino e noturno. A instituição possui um laboratório destinado a aulas práticas de física, mas não há infraestrutura necessária para aulas práticas contínuas de física e devido a isso, esta foi a instituição favorecida com o presente projeto.

Para a realização dessa atividade, houve a participação direta de 2 alunos bolsistas, juntamente com um professor orientador e um coordenador. O projeto foi idealizado em 2016 e o curso ministrado no ano de 2017. A escola contemplada com o projeto contava com aproximadamente 200 alunos matriculados em oito turmas do último ano do ensino médio.

## 2 METODOLOGIA

O projeto consistiu em levar aos estudantes experimentos didáticos de baixo custo e de fácil produção que pudessem exemplificar as matérias estudadas em sala de aula, que contemplassem a grande área da eletricidade e do eletromagnetismo, conteúdos considerados complexos e abstratos e com isso definimos os seguintes temas para ter um maior enfoque no projeto: eletrostática, magnetostática, propagação de ondas eletromagnéticas e motores elétricos.

O projeto inicialmente contou com reuniões quinzenais para deliberar sobre táticas quanto a escolha e elaboração das experimentações tendo como referencial teórico livros de física do ensino médio e sites especializados sobre o ensino de física. Dessa forma, os alunos bolsistas juntamente com o coordenador do projeto, realizaram a escolha de doze experimentos vinculados a área de enfoque do projeto, onde os experimentos estão detalhados na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Experimentos apresentados no projeto.

EXPERIMENTOS	OBJETIVOS	DISCUSSÕES PROPOSTAS	CONCEITOS ENVOLVIDOS	TEMPO MÉDIO DE APRESENTAÇÃO
Tudo antigravidade	Mostrar o comportamento da queda de um ímã em um tubo de alumínio e outro de PVC.	Comparar o tempo gasto para chegar ao chão nos diferentes tubos, e qual a influência de cada material sobre o ímã.	Campo magnético Lei de Faraday Lei de Lenz	25 minutos
Linhas de fluxo magnético	Analisar o comportamento das linhas de fluxo magnético de um ímã	Discutir os conceitos de atração, repulsão e visualizar o formato das linhas de fluxo	Campo magnético Linhas de fluxo magnético	25 minutos
Experimento de Oersted	Reproduzir o experimento de Oersted.	Mostrar a interferência do campo magnético externo sob a bússola	Campo magnético	20 minutos
Telepatia de palito	Demonstrar alguns princípios básicos da eletrostática, como fenômeno da eletrização.	Observar as forças de atração e repulsão do campo magnético.	Eletrostática Eletrização por atrito	20 minutos
Motor de corrente contínua	Mostrar o princípio de funcionamento de um motor de corrente contínua	Relacionar o comportamento da corrente elétrica com a velocidade de giro do motor, na presença de um campo magnético.	Corrente contínua Motor de corrente contínua Transformação de energia	30 minutos
Pêndulo de Foucault	Reproduzir o experimento do Pêndulo de Foucault	Analisar o efeito das correntes de Foucault	Correntes de Foucault	30 minutos
Gerador de energia com DVD player	Mostrar o princípio de funcionamento de um gerador de corrente contínua.	Debater sobre transformações de energia e comparar o uso do geradores no cotidiano.	Transformação de energia Gerador de energia Corrente contínua	30 minutos

Tabela 1 - Experimentos apresentados no projeto.  
(continuação...)

EXPERIMENTOS	OBJETIVOS	DISCUSSÕES PROPOSTAS	CONCEITOS ENVOLVIDOS	TEMPO MÉDIO DE APRESENTAÇÃO
Associação de resistores	Mostrar como é feita a associação de resistores em série e paralelo	Analisar o comportamento da resistência apresentada em cada tipo de ligação.	Associação de resistores Lei de Ohm Componentes elétricos e seus comportamentos	40 minutos
Ascendendo uma lâmpada com a raquete elétrica	Acender uma lâmpada com uma raquete elétrica.	Relacionar os conceitos de campo elétrico sobre os gases.	Campo Elétrico Ionização de gases	20 minutos
Superfície equipotencial	Demonstrar como funciona na prática uma diferença de potencial.	Averiguar a atuação da condutividade nos diferentes polos.	Diferença de potencial (D.D.P) Tensão elétrica	30 minutos
Eletroscópio	Reproduzir um eletroscópio	Mostrar a existência de cargas elétricas e suas propriedades.	Cargas elétricas e seu comportamento Lei de atração e repulsão Eletrização por atrito	40 minutos
Efeito Joule	Mostrar a transformação de energia elétrica em térmica.	Indagar quanto as transformações de energia no processo e ao comportamento da corrente.	Efeito Joule Transformação de energia	30 minutos

Fonte: Equipe do Projeto de Extensão.

E para a elaboração dos experimentos, foi levado em consideração a utilização de materiais de baixo custo, encontrados em lixos eletrônicos ou provindos de materiais recicláveis. Para este ter coerência com o objetivo proposto, os utensílios utilizados deveriam ser de fácil obtenção, possibilitando ao aluno a oportunidade de reproduzi-lo em casa ou na escola e com isso conseguimos ter como insumos principais utilizados: pedaços de madeira, CD's, cabos e fios, limalha de ferro, materiais eletroeletrônicos oriundos da reciclagem e etc.

Com isso para cada experiência executada, foi criado um “Kit didático” sendo ele composto de:

- um experimento prático alusivo ao tema proposto;
- uma cartilha.

A cartilha é um material teórico referente ao tema e ao experimento proposto, ou seja, um roteiro explicativo descrevendo a montagem passo a passo do experimento, contendo também, embasamento teórico, materiais utilizados, bem como as atribuições a serem averiguadas pela prática, além deste servir como auxílio para o acompanhamento dos alunos.

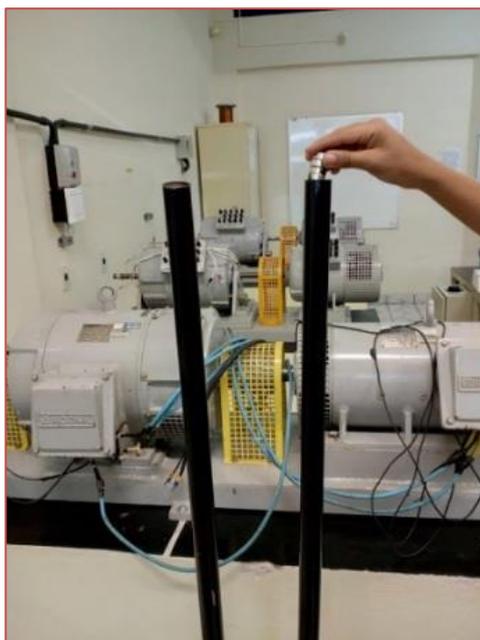
Os ‘Kits didáticos’ não continham a necessidade de treinamento prévio pela inexistência de perigo, onde os próprios alunos puderam fazer de forma simples alguns trabalhos com menor supervisão. A necessidade destes “kits especiais” se deu principalmente para demonstrar a estes alunos que a eletricidade é algo presente em tudo, que por mais complexo que seja esta pode ser fácil entendimento e divertida. Dessa maneira, os alunos sentiram uma sensação de controle, motivando sua curiosidade.

Antes de dar início nas realizações das atividades, foram selecionados os alunos multiplicadores, a fim de colaborar nas apresentações na Escola Estadual, sendo estes, alunos de graduação da Engenharia Elétrica do CFET-MG, unidade Nepomuceno. Além dos alunos de graduação, o projeto contou com o auxílio dos

próprios funcionários da Escola Estadual Doutor Ernane Vilela Lima, assim como os técnicos de laboratório do CEFET-MG, que apoiaram o projeto, tornando-se assim multiplicadores.

Ao dar início as apresentações, como os alunos ainda não tinham estudado as matérias referentes a eletricidade e magnetismo, pois, a escola estava retornando de um período de greve, os experimentos foram adaptados para que fossem lecionados de maneira clara e objetiva. Tomando como exemplo o experimento 1 - Tubo antigravidade, primeiramente foi introduzido o conceito de linhas de campo magnético, Lei de Faraday e Lei de Lenz. E esse analisava a queda de um ímã dentro de dois tubos, sendo um de alumínio e outro de policloreto de polivinila (PVC). Ao analisar o tempo de queda do ímã nos diferentes tubos, os alunos conseguiam assimilar de maneira satisfatória a relação entre a prática e teoria, pois constatavam que o atraso de tempo de queda no tubo de alumínio era devido a existência de uma corrente induzida no mesmo, que gera um campo que se opõe ao do ímã. A figura 1 ilustra o experimento montado.

Figura 1 – Tubo antigravidade



Fonte: Equipe do Projeto.

Com finalidade de otimizar o processo de exposição das experiências, as apresentações foram divididas em três etapas. A primeira etapa consistiu na apresentação de quatro experimentos e foram apresentadas entre os dias 22 e 26 de maio de 2017. A segunda etapa constou com a apresentação de quatro experimentos dentre os dias 12 a 16 de junho de 2017. A terceira etapa contentou na exposição de quatro experimentos e ocorreu entre 10 a 14 de julho de 2017.

Para realizar o ciclo de apresentações a Escola Estadual nos cedeu uma sala, na qual, cada experimento foi situado em um lugar estratégico a fim de receber os alunos. Assim, os alunos foram divididos em pequenos grupos com cerca de sete alunos cada e estes assistiam à apresentação de um experimento. Durante esse período, os alunos tiveram total liberdade de questionar e participar das experiências elaboradas.

A cada experimento ou até mesmo a cada grupo diferente, que iria assistir à apresentação, havia a necessidade do aluno da graduação se renovar com a sua forma de apresentação. Com isso, conseguia-se manter a atenção e o interesse dos alunos, onde muitos se deparavam aos fenômenos da eletricidade e do magnetismo pela primeira vez.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar a receptividade dos alunos com relação ao projeto, os mesmos participaram de maneira ativa durante cada apresentação, perguntando e envolvendo-se com as atividades realizadas, uma vez que, as

aulas ministradas pelos alunos bolsistas e multiplicadores, proporcionavam aos estudantes do ensino médio, indagações quanto aos fenômenos observados em cada experimento. Isso gerou a interação dos alunos, deixando a aula mais dinâmica e atrativa para os mesmos. As imagens a seguir, mostram alguns desses momentos de interação.

Figura 2 – Apresentação dos experimentos.



Fonte: Equipe do Projeto.

Figura 3 – Apresentação dos experimentos.



Fonte: Equipe do Projeto.

A ideia principal do projeto, não era somente ministrar aulas de física em escolas públicas, mas sim, caracterizar um modelo diferente de ensino-aprendizagem que despertasse no aluno curiosidade quanto ao tema relacionado, o levando a entender de maneira mais efetiva os fenômenos presentes em diferentes situações. O projeto visou levar ao discente uma experiência inédita, não apenas lhe mostrando algo a

mais, mas sim mostrando que as aulas ministradas poderiam ser uma ferramenta transformadora na forma de agir e compreender o mundo.

Estes se mostraram satisfeitos com as atividades propostas pelo projeto, pois muitos relataram reproduzir os experimentos em casa e alguns ainda despertaram interesse em cursar Engenharia Elétrica. Segundo eles, após o início do projeto na escola, se sentiram mais confiantes com as matérias relacionadas a área de exatas, alguns conseguiram criar uma rotina de estudo e se sentiram estimulados a criarem novas aulas práticas.

Quanto ao impacto gerado na escola, após a realização do projeto, os professores de física sentiram-se mais à vontade em reproduzir as experiências realizadas pelos integrantes do projeto, pois, admitiram que a falta de aulas práticas fosse devido à falta de tempo e espaço, juntamente a carência de apoio por parte da instituição. Os professores também se sentiram motivados para a criação de novos projetos que envolvam o uso da prática como método de ensino.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos considerar que apesar de todos os problemas encontrados, como o atraso do início das apresentações devido à greve de professores da rede estadual e a defasagem dos alunos quanto aos conteúdos abordados, o objetivo inicial do projeto foi alcançado de modo satisfatório. Ao final do projeto muitos alunos nos contaram que haviam se interessado pelo mundo da engenharia tanto elétrica quanto das demais áreas, bem como a professora responsável pelas turmas nos falou do aumento do interesse dos alunos por conteúdos que eram até então considerados abstratos e complexos.

A equipe de apresentação achou de grande valia todo o aprendizado ganho com esse projeto, além de ambos concordarem que o desafio de ensinar é algo bem mais complexo que os fenômenos da eletricidade e do eletromagnetismo e ainda, após uma análise dos resultados com os orientadores do projeto, professora e equipe pedagógica da Escola Estadual Doutor Ernane Vilela Lima chegamos à conclusão que este projeto deveria ser expandido a todas as séries do ensino médio, podendo ainda dar mais qualidade e solidificar o ensino da física na rede pública de ensino básico.

Portanto, vemos que este contato entre alunos, tanto do ensino superior quanto do ensino médio, pode ter sido um agente transformador na vida dos beneficiados, pois estes viram que a física é algo desafiador e não um “bicho de sete cabeças” e com isso, os quais já tem uma afinidade com a área de exatas e de ciências se sentiram desafiados a seguir neste caminho complexo e abstrato, porém viram que com esforço e dedicação os objetivos podem ser alcançados, podendo ainda multiplicar futuramente os conhecimentos obtidos ou oriundos pelo projeto.

#### REFERÊNCIAS

- [1] COELHO, S. M.; NUNES, A. D. Formação continuada de professores numa visão construtivista: Contextos didáticos, estratégias e formas de aprendizagem no ensino experimental de física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Porto Alegre, v. 25, n. 1, p. 7-34, abr. 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n1p7/5759>. Acesso em: 02 jul. 2018.
- [2] COSTA, L. G.; BARROS, M. A. Ensino de física no Brasil: Problemas e desafios. In: Educere XII Congresso Nacional de Educação, 2015, Curitiba. Anais..., Curitiba: PUCPR, 2015, p. 10981-10989 Disponível em: [http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21042\\_8347.pdf](http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21042_8347.pdf). Acesso em: 02 jul. 2018
- [3] LEAL, G. Valorizar experiências pessoais dos alunos aumenta aprendizado. 225. ed. [S.I] Duetto Editorial, 2011. Disponível em: [http://www2.uol.com.br/vivermente/artigos/valorizar\\_experiencias\\_pessoais\\_dos\\_alunos\\_aumenta\\_aprendizado\\_imprimir.html](http://www2.uol.com.br/vivermente/artigos/valorizar_experiencias_pessoais_dos_alunos_aumenta_aprendizado_imprimir.html). Acesso em: 03 jul. 2018.
- [4] SANTOS, A. F. et al. Formação de professores e o não uso do laboratório de física: Revista C&D-Revista eletrônica Fainor, Vitória da Conquista, v. 9, n. 2, p. 220-238, jul./dez. 2016. Disponível em: <http://srv02.fainor.com.br/revista/index.php/memorias/article/viewFile/542/299>. Acesso em: 03 jul. 2018.
- [5] SERÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 30-42, abr. 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/6560/6046>. Acesso em: 02 jul. 2018.

# Capítulo 19

## *USO DA TEORIA DOS JOGOS COMO MÉTODO INOVADOR NO PROCESSO DECISÓRIO DE INVESTIMENTO DA ENERGIA SOLAR*

*Monique Suellen de Lima e Silva Tomaz*

*Lázara Silveira Castrillo*

*Danielle Casé Dionizio Cunha*

*Aldenis Everton Alves Guilherme de França*

**Resumo:** O presente artigo tem como objetivo apresentar o uso da teoria dos jogos como método inovador no processo decisório de investimento entre duas empresas de geração de energia solar no nordeste brasileiro. A metodologia utilizada para esta análise foi o método de Cournot para concluir se está prevalecendo no mercado a competição ou a cooperação entre os agentes envolvidos.

**Palavras-chave:** Competição. Energia solar. Investimento. Modelo de Cournot. Teoria dos Jogos.

## 1 INTRODUÇÃO

A Teoria dos Jogos tem o objetivo de analisar situações nas quais os resultados das ações de indivíduos ou instituições dependem substancialmente das ações de outros indivíduos, ou seja, trata de situações onde nenhum personagem pode convenientemente tomar decisão sem levar em conta as possíveis decisões dos outros. (FIGUEIREDO, 1994).

Um jogo pode ser exposto matematicamente de diversas maneiras, isto é, de acordo com as propriedades dele que se deseja explorar. A forma mais detalhada de se apresentar um jogo é na forma extensiva a qual se refere à descrição concentrada no movimento sequencial do mesmo. Nessa forma, as decisões são tomadas uma após a outra. O conceito de estratégia tomado como a descrição completa de como uma pessoa que participa de um jogo pode agir sob quaisquer circunstâncias, ou um curso de ação qualquer de um agente em um jogo na forma extensiva, nos permite definir e expressar o jogo em uma forma mais simples e objetiva, e por isso de maior importância teórica, chamada forma normal ou forma estratégica. (FIGUEIREDO, 1994).

Há dois outros pontos que devem ser destacados durante uma modelagem na forma estratégica é o fato de que cada jogador pode ignorar a decisão do outro no momento em que toma a sua decisão e a não preocupação com o tempo após a tomada de decisão, ou seja, os jogadores só consideram as consequências imediatas durante a decisão. Esses dois aspectos caracterizam um jogo simultâneo.

A aplicação da Teoria dos Jogos no cenário elétrico nacional deve ser uma alternativa de tomadas de decisões. Durante a reestruturação do setor, que passou a ser descentralizado, promove-se uma competição entre geradoras e distribuidoras de energia. No modelo misto, o qual inclui empresas estatais e privadas, encontra-se em discussão a implantação dos lances de oferta e demanda para a determinação do preço spot, como já ocorre em diversos países.

Nesse contexto, as empresas constituem um novo ambiente, competindo pela quantidade de energia elétrica a ser disponibilizada no mercado e por preços, tanto através de contratos bilaterais e no mercado spot, como pelos novos empreendimentos. Essa competição não é simples, pois as ações de um agente de mercado dependem das ações dos outros agentes. O que se tem é um jogo de interesses cruzados, em que cada agente busca maximizar o benefício, o qual não diz respeito simplesmente à fatia de mercado, mas sim ao lucro das empresas. A Teoria dos Jogos encontra aplicação direta nesse conflito de interesses e pode ser utilizada sob dois diferentes pontos de vista em mercados de energia elétrica: o do agente e o do órgão regulador. O primeiro tem o objetivo de maximizar seu lucro e o segundo de assegurar o bom funcionamento do mercado.

As considerações apresentadas motivaram o objetivo deste artigo para a apresentação da análise do comportamento de dois agentes no mercado de energia elétrica solar no Nordeste do Brasil, utilizando a Teoria dos Jogos. Para isto, utilizou-se o Modelo de Cournot com duas empresas e busca-se concluir se está prevalecendo no mercado a competição ou a cooperação entre os agentes envolvidos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 UMA BREVE HISTÓRIA DA TEORIA DOS JOGOS

Em 1838, o matemático, filósofo e economista francês Antoine Augustin Cournot (1801-1877), publicou o modelo de Cournot, o qual consiste em uma análise de comportamento de duas empresas que decidiam simultaneamente que quantidade produzir, isto é, a introdução ao duopólio.

Em 1928, o matemático Jon von Neumann deu o primeiro passo demonstrando o teorema minimax. Neumann mostrou interesse em economia e, junto com o economista Oscar Morgenstern, publicou o clássico "The Theory of Games and Economics Behavior" em 1944 e, com isto, a Teoria dos Jogos invadiu a economia e a matemática aplicada.

Em 1950, o matemático John Forbes Nash Jr. publicou quatro artigos importantes para a Teoria dos Jogos não cooperativos e para a teoria de barganha. Em "Equilibrium Points in n-Person Games" e "Non-cooperative Games", Nash provou a existência de um equilíbrio de estratégias mistas para jogos não cooperativos, denominado Equilíbrio de Nash, e sugeriu uma abordagem de estudos de jogos cooperativos, a partir de sua redução para forma não cooperativa.

## 2.2 O PODER DE MERCADO

O poder de mercado é a capacidade que um agente econômico tem em manter os seus preços acima do nível competitivo ou aprimorar a penetração de mercado, de forma a maximizar os seus lucros obtendo mais clientes ou clientes mais lucrativos.

O que pôde ser observado na Inglaterra, e em parte no Brasil, na criação do mercado de energia elétrica, foi a quebra do monopólio integrado vertical, criando um mercado horizontal e reduzindo o poder de mercado (LANZOTTI, 2002). Mesmo assim, ainda permanece um grau de poder, que dependerá de como o mercado foi subdividido. As restrições de transmissão, por sua vez, tendem a dividir o mercado em submercados e podem conduzir a graus de concentração de poder de mercado elevados nestes submercados. Além disso, as empresas, em localizações estratégicas, podem congestionar os fluxos nestas interligações, a fim de criar a escassez nos submercados e subir preços.

## 2.3 A TEORIA DOS JOGOS APLICADA A MODELOS OLIGOPOLISTAS

A Teoria dos Jogos pode ser utilizada em duas perspectivas distintas em um mercado de energia elétrica. A primeira seria sob a ótica do órgão regulador, que através da aplicação de modelos de oligopólio ao respectivo mercado, poderia fiscalizar como seus agentes estão se comportando, se o predominante tem sido a cooperação ou a competição entre os agentes, pois isso influencia diretamente no preço do mercado.

A segunda perspectiva seria a visão de um determinado agente que tem como objetivo escolher uma estratégia, para que sua atuação no mercado maximize seu lucro. Para isso, esse agente utilizaria a Teoria dos Jogos como uma ferramenta para prever as estratégias de seus concorrentes, com base em informações que ele dispõe sobre o mercado e nas estratégias utilizadas pelos seus concorrentes no passado. Então, com o conjunto de expectativas para as estratégias de seus oponentes em mãos, esse agente resolveria um problema de otimização, potencializando o seu benefício.

Nesse contexto, o modelo mais útil para os reguladores de mercado seria o Modelo de Cournot, o qual está dentro do conceito de Equilíbrio de Nash. Neste caso, as variáveis estratégicas são as quantidades ofertadas, e os preços são estabelecidos de acordo com a quantidade total produzida no mercado, os quais são definidos com base na demanda agregada do setor. Esse modelo de jogo de um único estágio, não leva em conta ações repetidas. Através do Modelo de Cournot, o mercado define o preço e a quantidade de energia elétrica ofertada em contratos bilaterais.

## 2.4 O MODELO DE COURNOT OU DETERMINAÇÃO SIMULTÂNEA DE QUANTIDADES (COM DUAS EMPRESAS)

O modelo de Cournot deriva seu nome do matemático, filósofo e economista francês Antoine Augustin Cournot (1801-1877), que publicou em 1838 uma análise de comportamento de duas empresas que decidiam simultaneamente que quantidade produzir (FIANI, 2015).

Este modelo representa a análise de mercados de poucas empresas, ou seja, oligopólios. Neste artigo será demonstrado o jogo com dois jogadores: Solar 1 e Solar 2. As duas empresas produzem energia solar para abastecer o mercado elétrico nacional. Energia elétrica é um produto homogêneo, isto é, os consumidores não irão perceber a diferença na qualidade do mesmo e, portanto, baseiam suas decisões sobre qual produto adquirir considerando apenas o preço, independente do gerador.

Como hipótese de comportamento, será admitido que cada empresa busca maximizar seu lucro. O lucro de uma empresa é a diferença entre sua receita e seus custos. É necessário definir a receita e o custo de cada empresa, de forma a construir uma função recompensa para cada uma delas.

A receita é o produto do preço de mercado pela quantidade vendida por cada empresa. Supondo que o preço de mercado é dado por uma função de demanda linear, como na Equação (1), do tipo:

$$p(q) = A - b(q_1 + q_2) \quad (1)$$

Onde  $p(q)$  é o preço de mercado como função da quantidade,  $q$  é a quantidade total produzida e vendida no mercado,  $A$  e  $b$  são constantes,  $q_1$  é a quantidade produzida pela Solar 1 e  $q_2$  é a quantidade produzida pela Solar 2. Logo, pela Equação (2),

$$q = q_1 + q_2 \quad (2)$$

A receita total de uma empresa é o produto do preço de mercado pela quantidade produzida. Segue-se que as receitas totais da Solar 1 ( $RT_1$ ) e da Solar 2 ( $RT_2$ ) são dadas, respectivamente, pelas Equações (3) e (4):

$$RT_1 = p(q)q_1 = Aq_1 - bq_1^2 - bq_1q_2 \quad (3)$$

$$RT_2 = p(q)q_2 = Aq_2 - bq_1q_2 - bq_2^2 \quad (4)$$

Para definir a função de recompensa de cada empresa, subtrai-se das receitas os custos, de forma a obter os lucros de cada empresa. Por simplificação, será adotado que as funções custo das duas empresas ( $C_1$  e  $C_2$ ) são idênticas, e dadas pelas Equações (5) e (6):

$$C_1 = cq_1 \quad (5)$$

$$C_2 = cq_2 \quad (6)$$

onde  $c$  é uma constante estritamente maior que zero. Na sequência, pode-se observar a função recompensa de cada empresa, ou seja, os lucros ( $\pi_1$  e  $\pi_2$ ) como sendo:

$$\pi_1 = Aq_1 - bq_1^2 - bq_1q_2 - cq_1 \quad (7)$$

$$\pi_2 = Aq_2 - bq_1q_2 - bq_2^2 - cq_2 \quad (8)$$

Em seguida, é realizada a primeira derivada de cada uma das Equações (7) e (8) em relação à  $q_1$  e  $q_2$ , respectivamente, e iguala-se à zero, de acordo com a condição de primeira ordem para maximização:

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = A - 2bq_1 - bq_2 - c = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial q_2} = A - bq_1 - 2bq_2 - c = 0 \quad (10)$$

Colocando  $q_1$  e  $q_2$  em evidência em nas Equações (9) e (10), respectivamente, tem-se duas novas equações:

$$q_1 = \frac{A - bq_2^e - c}{2b} \quad (11)$$

$$q_2 = \frac{A - bq_1^e - c}{2b} \quad (12)$$

As Equações (11) e (12) descrevem quanto cada uma das empresas irá produzir para maximizar seus lucros dada à produção esperada de sua concorrente. O fato de a quantidade produzida ser a esperada é indicado pelo sobrescrito  $\bar{}$ .

Utiliza-se a produção esperada porque cada empresa toma sua decisão sobre quanto produzir sem conhecer a decisão da outra empresa, por se tratar de um jogo simultâneo. As duas equações fornecem as funções de reação das empresas Solar 1 e Solar 2, respectivamente. A quantidade que a empresa irá produzir será sua melhor resposta à decisão que ela espera que sua concorrente tome.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 APLICAÇÃO DO MODELO DE COURNOT COM DUAS EMPRESAS

Hoje em dia, há várias possibilidades de aplicações da Teoria dos Jogos na comercialização de energia elétrica por um agente do setor, entre as quais se podem citar: a barganha competitiva, a barganha cooperativa de Nash, os modelos oligopolistas, entre outros. Cada uma delas pode ser usada para um determinado objetivo, como expansão na geração, participação em leilões de energia elétrica, elaboração de leilões para compra de equipamentos, dentre outras aplicações que variam à medida em que as regulações do mercado são determinadas. A aplicação desses conceitos, com a finalidade de maximizar o lucro de uma determinada empresa, geralmente não são publicados por motivos estratégicos.

Em tempo, será apresentado um exemplo hipotético de duas empresas (duopólio), Solar 1 e Solar 2, que utilizam o método de Cournot para exemplificar a maximização do lucro de ambas, utilizando o modelo para as duas empresas. Estas empresas não se cooperam, e possuem o mesmo custo marginal, ou seja, mesma tecnologia de produção e de acesso à energia. Dado que a função de demanda do mercado das empresas ( $\bar{Q}$ ) é dada por:

$$P = 90 - Q \quad (13)$$

Considerando os custos marginais ( $c_1$  e  $c_2$ ) na Equação (14), tem-se:

$$c_1 = c_2 = 3 \quad (14)$$

E, neste caso, adotam-se os custos fixos iguais à zero. Primeiramente, deve-se adotar que  $\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i} = 0$  e, a partir desta regra, é possível determinar quanto de energia cada empresa irá produzir para maximizar o lucro. Iniciando pela Solar 1, tem-se que o lucro é:

$$\pi_1 = R_{t1} - C_{t1} \quad (15)$$

$$R_{t1} = Pq_1 \quad (16)$$

$$C_{t1} = C_{F1} + C_{V1} \quad (17)$$

onde,  $R_{t1}$  e  $C_{t1}$  são a receita total e o custo total de Solar 1, respectivamente, e  $C_{F1}$  e  $C_{V1}$  são o custo fixo e o custo variável de Solar 1, respectivamente. Logo, substituindo as Equações (16) e (17) na Equação (15), tem-se:

$$\pi_1 = Pq_1 - (C_{F1} + C_{V1}) \quad (18)$$

De acordo com a Equação 13, tem-se que a demanda pode ser considerada pela quantidade que a empresa Solar 1 e Solar 2 irão produzir, isto pode ser representado pela Equação (19):

$$Q = q_1 + q_2 \quad (19)$$

Dado que o custo fixo é igual a zero, e o custo variável é igual ao custo marginal multiplicado pela quantidade de energia que cada empresa produz, tem-se que o lucro da Solar 1 está representado pela Equação (20), baseado na Equação (18):

$$\pi_1 = Pq_1 - (0 + 3q_1) \quad (20)$$

Realizando a fatoração dos termos, obtém-se:

$$\pi_1 = q_1(P - 3) \quad (21)$$

Realizando a substituição da Equação (13) na Equação (21), tem-se:

$$\pi_1 = q_1(90 - Q - 3) \quad (22)$$

Substituindo a Equação (19) na Equação (22), tem-se:

$$\pi_1 = q_1(90 - (q_1 + q_2) - 3) \quad (23)$$

Desenvolvendo:

$$\pi_1 = 87q_1 - q_1^2 - q_1q_2 \quad (24)$$

Encontrando o ponto de máximo da Equação (24), ou seja, derivando em relação à  $q_1$  e igualando a zero, tem-se:

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = 87 - 2q_1 - q_2 = 0 \quad (25)$$

Organizando e isolando os termos, tem-se a função de reação da Solar 1:

$$q_1 = \frac{87 - q_2}{2} \quad (26)$$

Adotando que a empresa Solar 2, por analogia, é idêntica à Solar 1 por produzirem o mesmo produto, energia elétrica através da energia solar, e possuírem os mesmos custos marginais, pode-se adotar que a função de reação da Solar 2 será:

$$q_2 = \frac{87 - q_1}{2} \quad (27)$$

Realizando a substituição da Equação (27) na Equação (26), tem-se:

$$q_1 = \frac{87 - \left(\frac{87 - q_1}{2}\right)}{2} = 29 \quad (28)$$

Deve-se notar que este valor de  $q_1$  representa a quantidade de energia que a Solar 1 deve produzir para maximizar o seu lucro dado à sua dependência com a Solar 2. Para encontrar o valor que a Solar 2 deve produzir de energia deve-se substituir o valor de  $q_1$  na Equação (27):

$$q_2 = \frac{87 - q_1}{2} = \frac{87 - 29}{2} = 29 \quad (29)$$

Após encontrar as quantidades de energia que cada empresa deve produzir, deve-se encontrar o preço que custará a unidade de energia. Isso é obtido pelas Equações (19) e (13):

$$Q = q_1 + q_2 = 29 + 29 = 58 \quad (30)$$

$$P = 90 - Q = 90 - 58 = 32 \quad (31)$$

Através dos dados acima, é possível calcular o lucro de cada empresa. O mesmo é dado pela Equação (21):

$$\pi_1 = q_1 \cdot (P - 3) = 29 \cdot (32 - 3) = 841 \quad (32)$$

Pelo Teorema de Cournot, o lucro de cada empresa é igual, logo:

$$\pi_1 = \pi_2 = 841 \quad (33)$$

Na Tabela 1, é possível visualizar o resumo dos resultados encontrados no desenvolvimento deste trabalho:

Tabela 1 – Quadro Resumo dos resultados das empresas Solar 1 e Solar 2.

Item	Solar 1	Solar 2
Custos fixos (R\$)	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Custos marginais (R\$/kW)	R\$ 3,00	R\$ 3,00
Quantidade de energia produzida (kW)	29,0	29,0
Preço da energia vendida (R\$/kW)	R\$ 32,00	R\$ 32,00
Lucro (R\$/kW)	R\$ 841,00	R\$ 841,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das Equações (26) e (27), é possível calcular as respectivas quantidades de energia de cada empresa. Na Tabela 2, é possível visualizar as quantidades de energia produzidas.

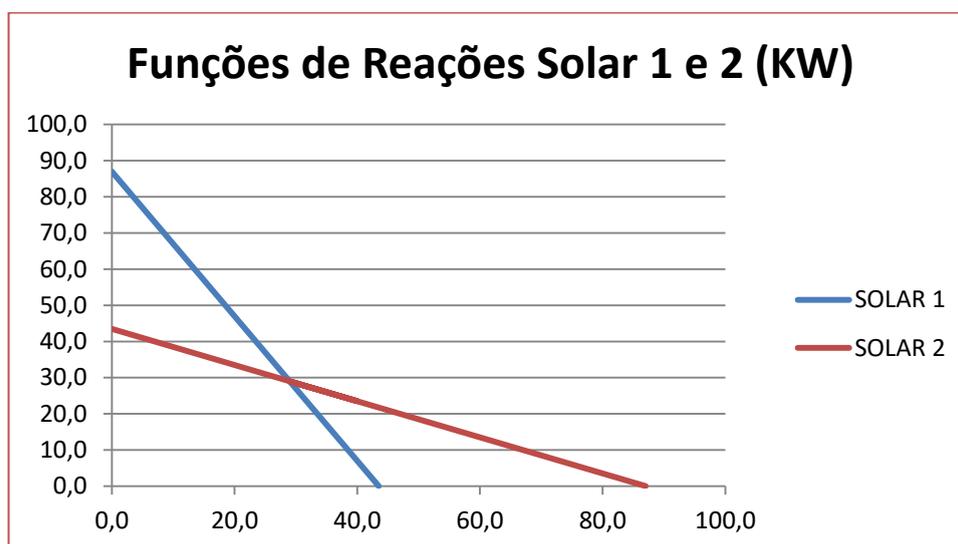
Tabela 2 – Dados das quantidades de energia produzidas pela Solar 1 e Solar 2.

Solar 1		Solar 2	
$q_1$ (kW)	$q_2$ (kW)	$q_1$ (kW)	$q_2$ (kW)
0,0	87,0	0,0	43,5
23,5	40,0	40,0	23,5
29,0	29,0	29,0	29,0
43,5	0,0	87,0	0,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

No Gráfico 1, segue a representação gráfica das Funções de Reações das empresas Solar 1 e Solar 2.

Gráfico 1 – Funções de Reações da Solar 1 e Solar 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No momento que as empresas produzem a mesma quantidade de energia elétrica encontra-se o Equilíbrio de Cournot – Nash, neste ponto, ambas utilizam as funções de reação de melhor resposta para o mercado. A concorrência entre a Solar 1 e Solar 2, ou seja, duopólio, faz com que a quantidade de energia ofertada se exceda no mercado em relação à situação de um monopólio, isto é, apenas uma empresa produzindo energia para abastecimento. O preço da energia excede o custo marginal, porém é menor do que na situação de um monopólio.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Teoria dos Jogos pode ser utilizada em duas perspectivas distintas em um mercado de energia elétrica. A visão utilizada no presente trabalho foi de dois agentes que têm como objetivo escolher uma estratégia para sua atuação no mercado que maximize seu lucro.

Na situação hipotética apresentada, foi aplicada a Teoria dos Jogos para prever as estratégias de duas empresas, Solar 1 e Solar 2, com base em informações que elas dispõem sobre o mercado. O modelo utilizado foi o de Cournot, o qual está dentro do conceito de Equilíbrio de Nash. Através deste modelo foi possível definir o preço e a quantidade de energia elétrica a ser ofertada para os consumidores.

A utilização do modelo de Cournot, neste caso hipotético, comprovou que o mercado está em equilíbrio, pois as empresas Solar 1 e Solar 2 escolheram maximizar seus respectivos lucros, tendo em consideração que nenhuma irá alterar o comportamento de oferta no mercado. Foi comprovado que o duopólio faz com

que a quantidade de energia ofertada se eleve no mercado em contraposição a um monopólio, isto é, apenas uma empresa produzindo energia para abastecimento. Além disso, para esta configuração, o preço da energia é menor do que na situação de um monopólio, mesmo excedendo o custo marginal.

Dessa forma, pode-se concluir que a Teoria dos Jogos produz benefícios no processo de ensino e aprendizagem, favorecendo aspectos cognitivos e levando o ensino de forma diferenciada e lúdica.

## REFERÊNCIAS

- [1] FIANI, Ronaldo. Teoria dos Jogos. 4ª edição, Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- [2] FIGUEIREDO, R. S. (1994). Teoria dos Jogos: Conceitos, Formalização Matemática e aplicação à Distribuição de Custo Conjunto. Gestão e Produção (UFSCar), São Carlos, v. 1, n.3, 1994.
- [3] LANZOTTI, Carla Regina et Paulo de Barros Correia et Adriano Jeronimo da Silva. "Comercialização de energia: experiências internacionais e brasileira" in: anais do IX Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro, 2002.
- [4] NEUMANN; J. v. & Morgenstern, O. Theory of Games and Economic Behavior. Princeton University Press, 1972.

# Capítulo 20

## *REAPROVEITAMENTO DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS PRESENTES EM LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS*

*Juliana Corrêa de Souza*

*Geraldo Motta Azevedo Junior*

*Antônio José Dias da Silva*

**Resumo:** As lâmpadas fluorescentes compactas são amplamente consumidas e o seu descarte incorreto pode causar danos à saúde da população e ao meio ambiente devido à presença do mercúrio em sua composição, pois este é um metal tóxico. A partir disso, o principal objetivo deste projeto é mostrar que os componentes eletrônicos encontrados nas lâmpadas fluorescentes compactas podem ser descartados de maneira adequada como uma maneira de diminuir o impacto ambiental causado por elas, além de mostrar que estes componentes podem ser reutilizados, buscando, com isso, atender a preservação do meio ambiente e a economia de recursos através da logística reversa de pós-consumo. Este trabalho se propôs a mostrar que os componentes eletrônicos existentes no interior das lâmpadas fluorescentes compactas podem ser reutilizados em outros circuitos favorecendo a redução do material descartado. Para isto foi criado uma fonte de tensão regulável, para ser utilizado em pequenos experimentos, um carregador de bateria de automóveis e um carregador de celular portátil. Além de ser observado que os outros componentes que não foram reutilizados na criação de novos produtos, podem ser usados em novos objetos ou em experimentos educacionais de instituições de ensino. O êxito deste projeto está relacionado à capacidade de produção e transformação dos resíduos sólidos em produto acabado, auxiliando na educação ambiental e tecnológica.

**Palavras-chave:** Lâmpadas Fluorescentes Compactas, Logística Reversa do Pós-Consumo, Reutilização dos Componentes Eletrônicos.

Segundo (FREIRE DOS SANTOS, Péricles, 2015), as lâmpadas fluorescentes compactas (CFL) são compostas por substâncias nocivas ao meio ambiente, como o mercúrio e o sódio, além de vários componentes eletrônicos, através de seus reatores, contendo metais como o cobre, alumínio, estanho, etc.

De acordo com (MIRANDA BACILA, D.; FISCHER, K.; KOLIOCHESKI, M., 2014), quando a lâmpada para de funcionar e é descartada incorretamente, ela pode se romper e o mercúrio libera um vapor que pode contaminar a pessoa que está próxima, além disso, contamina o solo e mais tarde poderá contaminar os cursos d'água chegando indiretamente até os alimentos.

Em conformidade com (BRASIL, 2010), a partir do exposto, foi criada a Lei Nº 12305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), onde as CFL são classificadas como lixo eletrônico (e-lixo) sendo consideradas como um resíduo sólido especial de coleta obrigatória configurando-se como um grave problema para o ambiente e para a saúde. Porém, de acordo com (ROCCO CARNEIRO, D.; BACELLAR ZANETI, I.; POMIER LAYRARGUES, P., 2010), no Brasil, anualmente, são descartadas aproximadamente 100 milhões de CFL e apenas 6% destas lâmpadas possuem o descarte correto.

Segundo (MIRANDA BACILA, D.; FISCHER, K.; KOLIOCHESKI, M., 2014), outra política de processo que surgiu para contribuir com um desenvolvimento sustentável foi a logística reversa de pós-consumo que traz o conceito de administrar não somente a entrega do produto ao cliente, mas também o seu retorno, direcionando-o para ser descartado ou reutilizado. E estas ações agregam valores econômicos e ambientais, pois configuram o reuso, a reciclagem, a redução do extrativismo e o descarte adequado de materiais.

Consoante com (LEDPLANET, 2015), outro problema é que agora as CFL vêm sendo substituídas pelas lâmpadas de LED (Diodos Emissores de Luz), pois as lâmpadas de LED apresentam uma economia de energia de 63% em relação às lâmpadas fluorescentes, além do que a vida útil de uma lâmpada de LED é de 50 mil horas contra 10 mil horas de vida útil de uma lâmpada fluorescente reduzindo assim o custo com a manutenção.

Este artigo tem por objetivo desenvolver protótipos, fazendo a construção de novos produtos com a finalidade de ampliar a visão da sociedade para a questão da reciclagem, além de obter uma economia de recursos ao reutilizar os componentes eletrônicos das lâmpadas em outros circuitos favorecendo a redução de material descartado e tomando como base o princípio da logística reversa do pós-consumo, pois foi observado que mesmo após a lâmpada queimar, os componentes existentes no seu interior podem ser reutilizados.

## 2 DESENVOLVIMENTO

De acordo com (LENON, 2012), as CFL foram criadas com o intuito de substituir as lâmpadas incandescentes, pois elas possuem uma vida útil maior, economizam até 80% de energia e seu rendimento é até cinco vezes maior.

Elas são lâmpadas de descarga que funcionam pelo princípio da excitação e desexcitação de átomos de uma mistura gasosa e das paredes fosforescentes do tubo.

Essas lâmpadas são compostas de um cilindro de vidro alongado com um eletrodo em cada extremidade revestido de óxido que quando estimulado por uma corrente elétrica libera um grupo de elétrons. Ela contém uma camada de diversos tipos de fósforo em seu núcleo. Também é utilizado um gás inerte no interior do tubo que serve para facilitar o arranque e controlar a descarga. Utiliza-se também uma pequena quantidade de mercúrio para produzir a radiação ultravioleta quando excitado. Os elétrons desse arco irão colidir com os átomos do gás de argônio e de mercúrio e com isso vão liberar uma luz ultravioleta (UV) ativando a camada de fósforo e se convertendo em luz visível.

O rendimento luminoso é um pouco limitado devido ao volume do tubo de descarga. Estas lâmpadas possuem uma elevada temperatura, em torno de 900°C e no interior das CFL existem reatores eletrônicos que possuem as funções de pré-aquecer os catodos para induzir a emissão de elétrons, proporcionar a tensão de partida para dar início à descarga e limitar a corrente de trabalho para um valor adequado.

Um reator eletrônico dissipa menos calor e consome menos energia obtendo a mesma intensidade luminosa. Este reator é composto por capacitores, indutores para alta frequência, transformadores, resistores e circuitos integrados (transistores e diodos).

Por conter o metal mercúrio em sua composição, as CFL são classificadas pela ABNT NBR 10004 como Resíduos Classe I - Perigosos. Isto significa que, após o fim do ciclo de uso do produto, este não pode ser

descartado em aterros comuns ou lixões. Descartá-las em aterros específicos, além de ser custoso, é muito complicado pelo pouco espaço disponível e toda a logística que a operação demanda. Isto fez com que também se tornasse notória a necessidade de implantação de um gerenciamento para a disposição final de todos os resíduos sólidos urbanos, pois a prática do descarte incorreto provoca consequências graves à saúde da população e é danoso ao meio ambiente.

Diante deste quadro apresentado, houve, em 02 de agosto de 2010, no Brasil, a implantação da Lei nº 12.305/10, regulamentada pelo Decreto 7.404/10, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), propondo a prática de hábitos importantes para enfrentar os principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Esta lei trata da prevenção e da redução dos resíduos sólidos gerados, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (o que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (o que não pode ser reciclado ou reutilizado).

Com todo este quantitativo de lâmpadas geradas, já é possível que se crie um sistema de logística reversa com o objetivo de recapturar o valor dos materiais, oferecendo uma destinação ecologicamente correta.

## **2.1 FUNCIONAMENTO**

A partir de todo o exposto, este artigo tem como principal finalidade mostrar o desenvolvimento e a montagem de protótipos através dos componentes eletrônicos reaproveitados das CFL.

Através destes componentes eletrônicos foi possível realizar a montagem de três protótipos: uma fonte de alimentação regulável, um carregador de baterias e um carregador de celular portátil.

### **2.1.1 FONTE DE ALIMENTAÇÃO REGULÁVEL**

Alguns aparelhos de uso doméstico funcionam com corrente alternada, porém aparelhos eletrônicos geralmente necessitam que seja convertida em corrente contínua. Para isso utiliza-se uma fonte de alimentação, onde sua principal função é converter a corrente alternada da rede elétrica em corrente contínua, além de filtrar e estabilizar a corrente e gerar tensões fornecidas aos outros componentes.

A fonte de alimentação pode ser utilizada em bancada para que sejam feitos testes em projetos que necessitam de uma tensão específica ou que sejam sensíveis a uma elevação de corrente repentina, protegendo contra sobrecorrentes.

### **2.1.2 CARREGADOR DE BATERIAS**

Um carregador de baterias equivale a uma fonte que determina uma corrente em sentido oposto na bateria que deve ser carregada. Como existe uma variação da resistência interna da bateria com a carga e geralmente essa resistência é muito pequena, é necessário juntar a essa fonte outro dispositivo que limite a um valor seguro a corrente de carga. Ele é normalmente utilizado para carregar por completo uma bateria para ser usada na alimentação de algum equipamento isoladamente ou então para carregar uma bateria de automóveis descarregada. Com isso, não se pode fazer circular uma corrente excessiva para que não ocorra o aquecimento da bateria e se tenha, por consequência, danos que comprometam a integridade da bateria.

### **2.1.3 CARREGADOR DE CELULAR PORTÁTIL**

O carregador de bateria de celular funciona com o mesmo princípio de um carregador de bateria comum. Isto quer dizer que uma reação química concede energia em forma de eletricidade através de um circuito externo.

O funcionamento do carregador ocorre de maneira que se uma corrente passar no sentido contrário à substância fornecedora de energia, a reação será em sentido oposto e a substância absorverá a energia liberada voltando à condição de carregada.

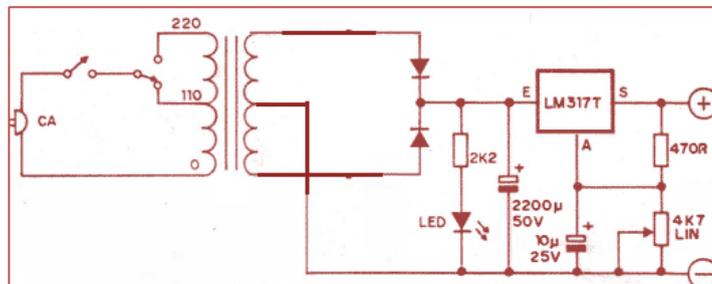
## 2.2 APLICAÇÕES

### 2.2.1 MONTAGEM DA FONTE DE ALIMENTAÇÃO REGULÁVEL

Neste projeto foi montada uma fonte de alimentação regulável que fornecerá tensões que vão de 1,25V (tensão de seu zener interno) a 16,45V (pois depende de fatores como a tensão de entrada e a tensão mínima ajustada pelo divisor resistivo). Com ela pode-se alimentar rádios, pequenos amplificadores, lâmpadas de lanterna de carro, equipamentos de baixa potência dentro da faixa de tensão disponível, etc.

O esquema elétrico está de acordo com a figura 1, como pode ser visto abaixo:

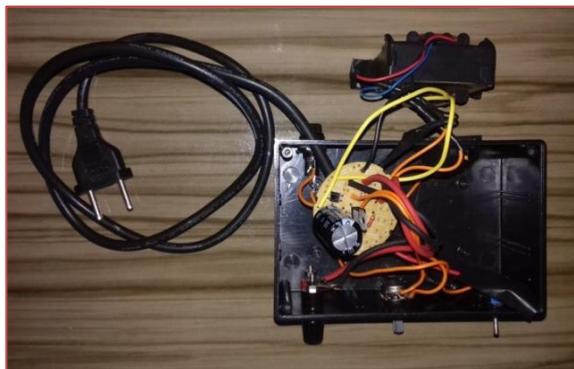
Figura 1: Esquema elétrico da fonte regulável.



O transformador foi conectado a uma chave onde pode ser alternado de acordo com a tensão da rede elétrica, 127V ou 220V. Em sua saída foi colocada uma ponte retificadora com dois diodos, onde será convertido de tensão alternada para tensão contínua. Ao ligar a fonte um LED irá acender, o resistor e o capacitor irão limitar e filtrar a corrente, respectivamente. Após isso, o regulador de tensão irá regular e fazer o controle da tensão e o potenciômetro irá fornecer a tensão que se pretende ter na saída.

Na figura 2 pode ser visualizada a fonte montada com os componentes eletrônicos reutilizados da CFL.

Figura 2: Componentes eletrônicos reutilizados na montagem da fonte regulável.

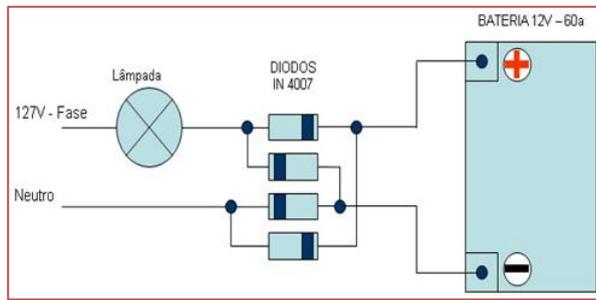


### 2.2.2 MONTAGEM DO CARREGADOR DE BATERIAS

A montagem deste carregador foi feita com o princípio de reutilização dos componentes eletrônicos presentes no interior da CFL.

Do interior da lâmpada foi retirada a placa de circuito impresso contendo os diodos do tipo 1n4007, visto no esquema elétrico da figura 3, ligados como fonte retificadora de tensão, onde irá converter a tensão alternada proveniente da rede em tensão contínua para que a bateria possa ser carregada.

Figura 3: Esquema elétrico do carregador de bateria



FONTE: NEWTONCBRAGA, 2014.

Uma lâmpada incandescente foi conectada de um lado dos diodos, enquanto no outro lado foram conectadas as garras tipo jacaré para que sejam ligadas aos terminais da bateria, conforme pode ser visto na figura 4. Quanto maior a potência da lâmpada, mas rapidamente a bateria se carrega.

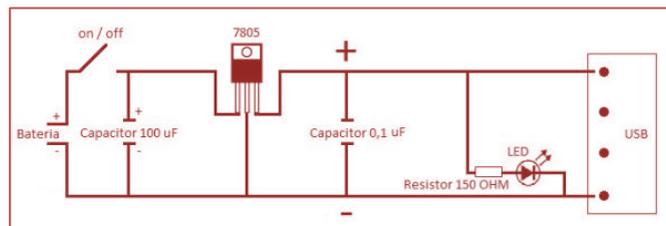
Figura 4: Carregador montado e conectado na bateria



### 2.2.3 MONTAGEM DO CARREGADOR DE CELULAR PORTÁTIL

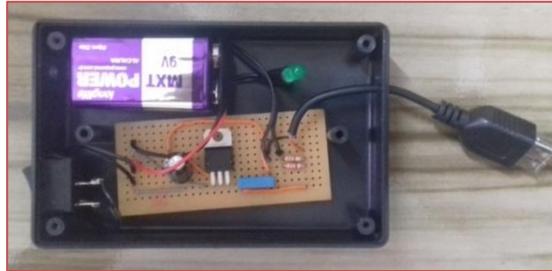
O carregador de celular portátil foi montado de acordo com o esquema apresentado na figura 5.

Figura 5: Esquema elétrico do carregador de bateria de celular.



Conforme mostra a figura 6, uma bateria de 9V foi conectado a uma chave liga/desliga de onde um capacitor foi ligado. Depois disso, um regulador de tensão foi ligado para que a tensão não ultrapassasse 5V e então um outro capacitor e um LED foram conectados junto a uma porta USB.

Figura 6: Carregador montado



## 2.3 SIMULAÇÃO

### 2.3.1 TESTE DA FONTE DE ALIMENTAÇÃO REGULÁVEL

Foram realizados dois testes para saber se a fonte regulável estava funcionando corretamente. No primeiro teste foi colocado um multímetro onde foi possível verificar a variação da tensão através do potenciômetro. Conforme mostram as figuras 7 e 8, foi visto que a tensão variou de 1,25V até 16,45V.

Figura 7: Tensão mínima fornecida pela fonte



Figura 8: Tensão máxima fornecida pela fonte



No segundo teste foi feito o ajuste da fonte para 12V e conectado um rádio de carro para que se pudesse verificar se o mesmo iria funcionar corretamente. Isso foi possível ver abaixo na figura 9.

Figura 9: Rádio ligado na fonte ajustada em 12V.



### 2.3.2 TESTE DO CARREGADOR DE BATERIAS

A bateria utilizada no teste tem a capacidade de armazenamento de 12V e no momento do teste, antes de conectar o carregador, foi obtido o valor de 10,51V. Após ser verificada a tensão armazenada na bateria, o

carregador foi ligado e pode-se verificar no multímetro a tensão de 11,22V. Isso se dá, pois a tensão nos seus terminais é pequena, porém quando se conecta o carregador, a diferença entre a tensão do carregador e da bateria é elevada fazendo com que circule uma corrente também elevada. Mas, à proporção que a bateria se carrega, a tensão em seus terminais vai crescendo se contrapondo à tensão do carregador. Com isso, a corrente na bateria vai diminuindo gradativamente até chegar ao final do processo com a corrente bem pequena. Após 74 minutos com o carregador conectado a bateria, foi possível atingir o seu valor completo de 12V, observado na figura 10.

Figura 10: Bateria completamente carregada



### 2.3.3 TESTE DO CARREGADOR DE CELULAR PORTÁTIL

A bateria foi testada e foi encontrado aproximadamente 9,6V. Quando a chave foi ligada, o LED acendeu e em sua saída foi verificado um valor de tensão de 5V.

Então, o carregador foi conectado a um celular e foi possível verificar que o mesmo estava em estado de carregamento, como é visualizado na figura 11. Após verificar que a bateria do celular estava em estado de carregamento, um teste foi realizado para que pudesse observar quanto tempo, em média, o celular demoraria a ser carregado. Neste teste o celular atingiu 10% a mais de carga em 38 minutos.



Figura 11: Celular carregando.

Após a montagem de todos os protótipos, uma planilha de custos foi montada para que fosse possível evidenciar uma comparação de quanto foi obtido de economia na realização dos mesmos através do reaproveitamento dos componentes eletrônicos reutilizados.

Na tabela 1, a seguir, são apresentados os valores gastos com os componentes eletrônicos comprados. Já na tabela 2, são mostrados os valores dos componentes que foram reaproveitados da CFL.

Tabela 1: Componentes Eletrônicos Comprados

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	CI LM317	1	R\$1,45	R\$1,45
2	CI 7805	1	R\$1,50	R\$1,50
3	Transformador 220/127V - 12V	1	R\$22,00	R\$22,00
4	LED	2	R\$1,00	R\$2,00
5	Potenciômetro 4k7	1	R\$1,90	R\$1,90
6	Lâmpada Incandescente 15W	1	R\$4,90	R\$4,90
7	Conector	1	R\$2,00	R\$2,00
8	Bateria Alcalina 9V	1	R\$6,80	R\$6,80
9	Chave Liga/Desliga	2	R\$1,80	R\$3,60
10	Caixa Patola	3	R\$2,90	R\$8,70
TOTAL GASTO:			R\$ 54,85	

Tabela 2: Valor dos Componentes Eletrônicos Reaproveitados

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Diodos In 4007	6	R\$0,20	R\$1,20
2	Capacitor Eletrolítico	4	R\$0,85	R\$3,40
3	Resistores	3	R\$0,25	R\$0,75
4	Indutor	1	R\$3,00	R\$3,00
TOTAL REAPROVEITADO:			R\$8,35	

Conforme os dados apresentados nas tabelas acima foi possível obter uma economia de 15,2% ao fazer a reutilização dos componentes eletrônicos existentes nas CFL. Porém houve uma economia muito maior, pois se esses três protótipos apresentados no trabalho fossem comprados, seria gasto em média um valor de R\$ 300,00. Então, mesmo possuindo uma baixa economia na relação dos componentes comprados com os componentes reaproveitados das CFL, pode-se verificar que houve uma economia muito maior com a montagem destes protótipos.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a aquisição e utilização das lâmpadas de LED aumentando, e com os produtos sendo fabricados para durarem menos tempo, entrando no conceito da obsolescência programada, daqui a algum tempo as CFL estarão sem grande utilização no mercado.

Neste projeto foi possível obter a criação de novos produtos com a reutilização dos componentes existentes no interior da CFL. Deste modo, este projeto se mostrou viável e satisfatório em dois critérios: atender a PNRS, mostrando uma forma de tratamento para este tipo de lixo eletrônico onde diminui o impacto provocado pelas CFL no meio ambiente; e no conceito de logística reversa, onde se faz cada vez

mais necessária para que se possa dar um novo destino para as CFL, evitando que as mesmas sejam descartadas de qualquer maneira causando um impacto ambiental de forma negativa.

Além da criação de novos objetos a partir da reutilização dos componentes, foi possível ter uma nova observação, pois ainda restaram muitos componentes em perfeito estado presentes nas lâmpadas. Com isso, é possível realizar a criação de mais produtos ou até mesmo fazer um estoque para que possam utilizar esses componentes em experimentos educacionais nas instituições de ensino.

## REFERÊNCIAS

- [1] FREIRE DOS SANTOS, Péricles. Reciclagem de lâmpadas fluorescentes compactas como ferramenta de iniciação tecnológica de estudantes de escolas públicas do Estado do Rio de Janeiro. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Ciência e Meio Ambiente, Centro Universitário Augusto Motta, 2015.
- [2] MIRANDA BACILA, D.; FISCHER, K.; KOLIOCHESKI, M. Estudo sobre reciclagem de lâmpadas fluorescentes. Eng. Sanit. Ambient, p 21-30, 2014.
- [3] BRASIL. Lei 12.305/10, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: <[www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)>, Acesso em 09 jun. 2017, 10:47.
- [4] ROCCO CARNEIRO, D.; BACELLAR ZANETI, I.; POMIER LAYRARGUES, P. O Discurso Da Sustentabilidade Das Lâmpadas Fluorescentes: Elas São Realmente “Ecológicas”? V Encontro Nacional da Anppas, p 1-20, 2010.
- [5] MAMEDE FILHO, João. Instalações Elétricas Industriais. 8º ed. Rio de Janeiro, Editora LTC, p. 34, 2015.
- [6] SOUZA RIBEIRO, Laysa Maria. Resíduo Eletrônico: Uma estratégia para reciclagem das lâmpadas fluorescentes. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Vale de São Francisco, 2016.
- [7] Como funcionam os carregadores de baterias (ART448) - O Carregador. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/2630-art448?showall=&start=2>>, Acesso em: 18 out. 2017, 22:51.

# Capítulo 21

## DESENVOLVIMENTO DE UMA CARENAGEM PARA VEÍCULO OFF-ROAD POR MEIO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

*Patrícia Narjara de Almeida Justino*

*Diego de Souza Valadares*

*José Carlos de Lacerda*

*Carolina Lipparelli Morelli*

**Resumo:** O estudo descrito no presente artigo é resultado de um projeto de extensão desenvolvido pela equipe MountainBaja, por graduandos em engenharia de materiais da Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira (MG) e seus orientadores. Com o intuito de aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula e proporcionar um aprendizado do trabalho em equipe, durante o desenvolvimento de projetos e protótipos, foram analisados diferentes materiais poliméricos reciclados para serem utilizados na carenagem de um veículo off-road. A pesquisa inicial teve como objetivo avaliar os métodos de conformação, a viabilidade de uso e as propriedades mecânicas desses diferentes materiais, tendo resultado na seleção do poli(etileno de alta densidade), PEAD. Na sequência a carenagem do veículo off-road foi fabricada e o veículo participou da competição Nacional, Baja SAE Brasil (Sociedade dos Engenheiros da Mobilidade), tendo sido aprovado em todas as provas, com pontuação especial no quesito de inovação e design da carenagem, devido principalmente ao caráter de sustentabilidade do projeto, além do atendimento a todas as normas de segurança exigidas. O resíduo de PEAD foi conseguido através de uma parceria com uma empresa de Itabira-MG, cidade onde fica a Universidade na qual o projeto foi desenvolvido, que tinha interesse em dar uma destinação mais adequada aos frascos plásticos de óleos automotivos usados descartados em grande quantidade (mais de 100 unidades por semana). O resultado do estudo acerca do tema proposto pode confirmar que é possível e viável a utilização de materiais recicláveis de poli(etileno de alta densidade), PEAD, em carenagens de veículos off-road (tipo baja).

**Palavras-chave:** Material reciclável. PEAD. Veículo tipo baja. Carenagem. Projeto de extensão.

## 1 INTRODUÇÃO

Os alunos da engenharia de materiais devem aprender conceitos relacionados à seleção, desenvolvimento, processamento e caracterização de materiais, além de fundamentos na área de mecânica e elétrica. Além da teoria vista em sala de aula é fundamental a aplicação desses conhecimentos em trabalhos práticos que favoreçam a consolidação dos aprendizados. Na UNIFEI (Universidade Federal de Itajubá), campus Itabira, os conceitos teóricos ligados à engenharia de materiais foram aplicados dentro de um projeto de extensão que visa o desenvolvimento de um veículo off-road, na categoria baja, para participação em competições em níveis regional, nacional e internacional administradas pela SAE Brasil (Sociedade dos Engenheiros da Mobilidade).

Além de fomentar a aplicabilidade dos conhecimentos teóricos, o envolvimento de alunos em um projeto de extensão como esse propicia o aprendizado do trabalho em equipe, do cumprimento de prazos, do desenvolvimento de projetos, protótipos e do exercício da disciplina, do comprometimento e da proatividade.

Dentro desse contexto, o presente artigo trata do desenvolvimento de uma carenagem para veículo off-road feita conforme as exigências regulamentadas pela SAE, que requer painéis flexíveis que "[...] devem ser projetados para prevenir a intrusão de detritos e objetos externos ao habitáculo do piloto em qualquer condição de pista" [REGULAMENTO BAJA SAE BRASIL (RATBSB) – EMENDA 0 2018, p. 57]. Portanto o termo carenagem aqui utilizado representa estes painéis fixados ao veículo para a proteção do piloto. Visando a construção de uma carenagem flexível, de fácil manipulação e boa resistência, que permita ser parafusada, cortada e facilmente deformada, sem lascas, rachar ou estilhaçar, têm-se os materiais poliméricos como alternativas potenciais. Objetivando inovação e o desenvolvimento sustentável, no presente trabalho optou-se por utilizar materiais plásticos reciclados na construção da carenagem do veículo baja.

Segundo a CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem) em 2011 aproximadamente 953 mil toneladas de plástico foram recicladas. Dentre os plásticos que podem ser reciclados estão as embalagens de óleos lubrificantes, que são feitas de poli(etileno de alta densidade), PEAD. A Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, em sua NBR-10004, classifica as embalagens usadas de óleo lubrificante como resíduo perigoso por apresentar toxicidade. Sabendo que os maiores responsáveis pelo descarte desse material são os centros automotivos, foi fechada uma parceria com uma empresa da cidade de Itabira-MG, onde fica nosso campus universitário, a fim de ajudar no destino de seus resíduos, visto que a reciclagem desse tipo de embalagem é difícil de ser realizada.

Desta forma, o presente projeto trata de dar vida a um novo produto de acordo com as especificações do Baja SAE Brasil, buscando inovação no uso de materiais e colocando em prática tudo que é visto em sala de aula, que é o objetivo maior da competição.

Para confecção de peças plásticas podem ser usadas diversas formas de conformações de materiais poliméricos, como a extrusão, a injeção, conformação por solubilização (casting) e a prensagem térmica. No presente projeto, considerando as dimensões das placas que deveriam ser preparadas para montagem da carenagem e as propriedades reológicas e térmicas do material selecionado, foi escolhido o processo da prensagem térmica, seguido da fixação das placas com fitas de borracha, conforme explicado na metodologia.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 SELEÇÃO DO PROCESSO DE CONFORMAÇÃO E DO MATERIAL PARA CONFECÇÃO DAS PLACAS

No estudo inicial para definição do modo de conformação das placas a serem usadas na carenagem, considerando os recursos disponíveis na universidade, foram selecionadas as técnicas de moldagem em solução (casting) e moldagem por pressão a quente, a partir do estado fundido. A moldagem em solução consiste no espalhamento do polímero solubilizado em um molde, seguida da evaporação do solvente para obtenção de um filme plástico contínuo. Porém, neste método é necessária uma grande quantidade de solventes orgânicos, muitas vezes tóxicos, que devem ser manipulados em uma capela, com sistema de exaustão. Além disso, é um método lento e mais propício para obtenção de filmes finos e existe dificuldade em se obter uma espessura homogênea nas dimensões desejadas. Sendo assim, optou-se pelo método de moldagem por pressão a partir do fundido. Esse método consiste na fusão e compactação de grânulos de polímero (na menor granulometria possível) em um molde através da aplicação de uma pressão pré-

estabelecida. Diferentes parâmetros de processo foram testados (temperatura, pressão e tempo de prensagem) para a definição da melhor condição, apresentadas mais abaixo.

Para definição do material a ser utilizado na confecção das placas, inicialmente foi feita a coleta de resíduos de diferentes tipos de materiais poliméricos, por meio de uma campanha de coleta feita na nossa própria universidade, tendo sido arrecadados resíduos de: poli(tereftalato de etileno) - PET; poli(etileno de alta densidade) - PEAD; poli(cloreto de vinila) - PVC; poli(etileno de baixa densidade) - PEBD; poli(propileno) - PP; e poli(estireno) - PS. Estes materiais foram higienizados e picados em tamanhos uniformes com o auxílio de um moinho de facas. Em seguida foram secos em uma estufa e prensados em uma prensa com aquecimento, respeitando as temperaturas de amolecimento e degradação de cada material. Assim, foi possível comparar qual material permitiria a obtenção de placas homogêneas, com espessuras uniformes de cerca de 0,3 cm, adequadas à aplicação como carenagem. As placas obtidas a partir das embalagens recicladas de poli(etileno de alta densidade) - PEAD demonstraram ter um potencial uso para esta aplicação. O resíduo de PEAD foi conseguido através de uma parceria com uma empresa da região que possuía como empecilho o descarte das embalagens de óleo automotivo, feito em um volume de 100 embalagens por semana.

## 2.2 CONFEÇÃO DO MOLDE E FABRICAÇÃO DAS PLACAS

O PEAD reciclado moído e seco foi depositado no centro da cavidade de um molde de aço 1020, nas dimensões de aproximadamente 25x25x0,3cm conforme demonstrado na Figura 1. Para auxiliar o desmolde das placas, foram utilizadas duas placas de teflon nas dimensões do molde, a fim de formar um sanduiche.

A espessura do molde para a prensagem da placa, de 0,3 cm, foi baseada nas espessuras das placas de materiais poliméricos virgens geralmente utilizadas pelas equipes de Baja para confecção de carenagens, por propiciarem uma boa relação entre flexibilidade e resistência ao impacto. As equações abaixo foram utilizadas para definir a quantidade ideal de material a ser acrescentado no molde, considerando a densidade do PEAD como 0,945 g/cm<sup>3</sup>:

$$m = \rho * v \quad (1)$$

$$m = 0,945 [g/cm^3] * 187,5 [cm^3] = 177,1875 [g]$$

=Onde  $\rho$  é a densidade do PEAD,  $v$  é o volume do molde e  $m$  é a massa ideal para preencher o molde.

A partir dos testes realizados foram definidos os seguintes parâmetros como ideais para obtenção de placas homogêneas de PEAD reciclado com 0,3 cm de espessura: prensagem com 6 toneladas de pressão durante 12 minutos a uma temperatura de 225 °C.

Figura 1 – Molde para confecção das placas pelo método de prensagem.

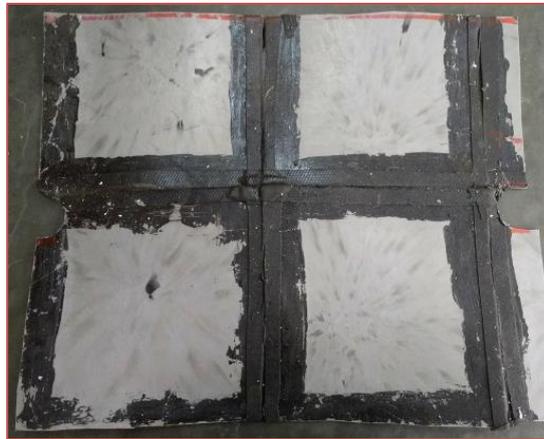


Fonte: Autores do estudo.

### 2.3 JUNÇÃO DAS PLACAS

Devido ao tamanho da prensa disponível na universidade para a conformação das placas, não foi possível moldar uma placa contínua para fazer toda a lateral da carenagem, de dimensão 120x50x0,3cm, tendo sido necessário o desenvolvimento de um método para junção das placas menores. Utilizando os recursos acessíveis na nossa universidade, foi possível fazer a junção das placas por meio de fita de borracha para recapagem. Essa fita apresenta uma cola com sistema de vulcanização que favorece a junção das placas. Sua aplicação é feita de uma maneira bem simples, consistindo na aplicação da fita nas juntas que se deseja unir, como demonstrado na Figura 2 abaixo.

Figura 2 – Demonstração da junção das placas utilizando fita de borracha para recapagem (preta).



Fonte: Autores do estudo.

### 2.4 CARACTERIZAÇÃO

A fim de comprovar que o material reciclado de PEAD teria características semelhantes às esperadas para seus materiais virgens, foi feita a caracterização de amostras retangulares de dimensões de 100,0 cm x 6,0 x 3,0 cm retiradas das placas prensadas por meio dos ensaios de tração e de resistência ao impacto. Para o ensaio de tração foi utilizada a máquina universal de ensaio EMIC-Instron baseado na norma ASTM D-638. Para o teste de resistência ao impacto foi utilizada a máquina de teste de impacto Charpy, modelo XJJ – 50, com base na norma ASTM D6110.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O método de conformação escolhido possibilitou a fabricação de placas recicladas de PEAD em diferentes cores, como demonstradas na Figura 3, onde vemos a possibilidade de obtenção de placas coloridas e monocromáticas, a depender do resíduo utilizado e do objetivo. Na Figura 4 é possível visualizar a carenagem montada para o veículo off-road, resultante da junção das placas recicladas e já com adesivos conforme utilizado na competição.

Através do ensaio de tração foram obtidos os dados de tensão de ruptura ( $\sigma$ ), deformação de ruptura ( $\epsilon$ ) e módulo de elasticidade (E); a resistência ao impacto (RI) foi obtida através de ensaio Charpy. Observando a Tabela 2, verifica-se que o PEAD reciclado possui resultados próximos aos de corpos de prova extraídos a partir de uma placa de PEAD virgem, de mesmas dimensões e espessuras.

Figura 3 – Placas policromáticas e monocromáticas moldadas por prensagem a quente.



Fonte: Autores do estudo.

Figura 4 – Peças constituintes da carenagem, demonstração das partes externas (adesivadas) e internas.



Fonte: Autores do estudo.

Tabela 2 – Propriedades mecânicas.

Materiais	$\sigma$ (MPa)	$\epsilon$ (%)	E (GPa)	RI (KJ.m-2)
PEAD reciclado	22,00	10,73	0,65	Não quebrou
PEAD virgem	27,78	12,50	0,83	Não quebrou

Fonte: Autores do estudo.

A Figura 5 compara o design do carro projetado com o executado e levado para a competição nacional SAE Brasil, demonstrando assim que o objetivo de fabricação da carenagem a partir de plástico reciclável com propriedades aceitáveis às exigidas pela competição foi atingido.

Figura 5 – Comparação do design do veículo pretendido versus o executado (veículo pronto).



Fonte: Autores do estudo.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve o objetivo de aplicar o conhecimento de engenharia de materiais no desenvolvimento de uma carenagem de veículo off-road feita em plástico reciclado. Foi utilizado PEAD reciclado a partir de embalagens de óleo automotivo, o que possibilitou a utilização de um resíduo gerado em grande quantidade por uma empresa de Itabira-MG.

O projeto conseguiu atender aos propósitos principais de: i) consolidar o conhecimento teórico adquirido pelos alunos em sala de aula através do desenvolvimento de um trabalho prático; ii) exercitar o desenvolvimento de outras competências nos alunos da equipe como aprendizado de trabalho em equipe, cumprimento de prazos e normas, proatividade e comprometimento; iii) desenvolver um veículo off-road capaz de competir na competição SAE Brasil nacional participando de todas as provas previstas a partir de um material reciclado.

A partir das caracterizações realizadas foi possível concluir que é possível a substituição dos materiais virgens utilizados na carenagem de veículos off-road, tipo baja, por materiais recicláveis de PEAD, que apresentaram resistência ao impacto, módulo de elasticidade e resistência à tração adequadas para esta aplicação; o que foi comprovado inclusive durante a corrida realizada na competição SAE Brasil nacional.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Itajubá - campus Itabira, à equipe MountainBaja e às pessoas com quem convivemos nesses espaços ao longo desses anos. A experiência de trabalho em equipe foram as melhores para nossas formações pessoais e profissionais.

#### REFERÊNCIAS

- [1] CEMPRE. PLÁSTICOS. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/4/plasticos>>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- [2] RODA, Daniel Tietz. Tudo sobre Plásticos: Polietileno (PE). Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/polietileno.asp>>. Acesso em: 25 jun. 2017.
- [3] SAE BRASIL. Regulamento administrativo e técnico baja sae brasil - emenda 0. Disponível em: <[http://portal.saebrasil.org.br/portals/0/pe/baja\\_nacional\\_2018/ratbsb.pdf](http://portal.saebrasil.org.br/portals/0/pe/baja_nacional_2018/ratbsb.pdf)>. Acesso em: 06 dez. 2017.

# Capítulo 22

## DESENVOLVIMENTO DE UM TESTE CATALÍTICO DE BANCADA PARA ENSAIOS DIDÁTICOS DE CRAQUEAMENTO DE HIDROCARBONETOS E COMPOSTOS ORGANOSSULFURADOS

*Ronaldo Costa Santos*

*Daniel Freire Almeida*

*Diego Santana da Silva*

*Fernanda Silva Costa Fonseca*

*Jeysa Taynara Barbosa Cunha*

*Luiz Antônio Magalhães Pontes*

**Resumo:** O processo de craqueamento catalítico em leito fluidizado (FCC) constitui uma importante unidade do refino do petróleo, devido à conversão de hidrocarbonetos pesados em compostos leves, tais como olefinas, conferindo um maior valor agregado aos produtos. Visando melhorar ao aprendizado dos alunos dos cursos de engenharia química e petróleo e gás da Universidade Salvador (UNIFACS), e os alunos do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química (PPEQ) da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), o presente trabalho explana o desenvolvimento de uma planta de bancada para a realização de testes de craqueamento catalítico, integrando a teoria com a prática. A unidade possui um sistema reacional, constituído por reator de borossilicato com leito fixo, forno de resistência precedido por um vaporizador e linhas aquecidas e sistemas auxiliares, tais como sistema de purga com gás hélio, sistema de bombeamento composto por bomba do tipo alternativa e sistema analítico com cromatógrafo equipado com detectores FID/SCD. Os aquecimentos por resistências são feitos com controladores do tipo PID, que promovem uma melhor estabilidade ao processo.

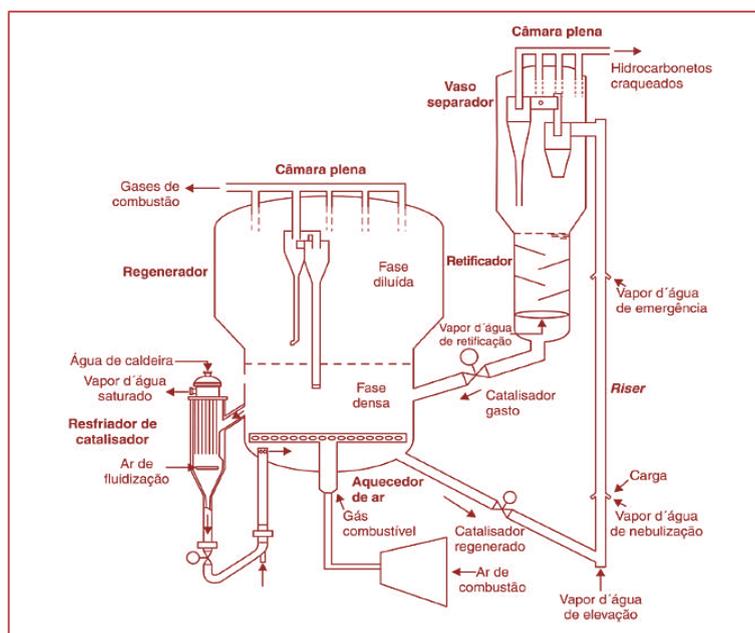
**Palavras-chave:** Catálise. Craqueamento. Dessulfurização. Hidrocarbonetos. FCC.

## 1 INTRODUÇÃO

A descoberta do petróleo foi um marco na história da humanidade devido à disponibilidade energética que esse propiciou. Composto em maior parte por uma gama de hidrocarbonetos, o seu refino é altamente lucrativo, uma vez que se obtém de combustíveis a polímeros. A demanda energética mundial tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas e os combustíveis protagonistas desse cenário são o diesel e a gasolina, o que torna a sua produção uma peça chave para o desenvolvimento econômico. Desta forma, o estudo do refino do petróleo se mostra interessante para os cursos de engenharia química e engenharia de petróleo e gás.

A maior parte da produção de gasolina advém das unidades de craqueamento catalítico de leito fluidizado (FCC) “Figura 1”. Simplificadamente, tal processo é constituído por uma unidade de reação (riser) e uma unidade de regeneração de catalisador (regenerador). A corrente à montante das unidades de FCC decorre dos produtos de fundo das colunas de destilação de outras partes da refinaria. Essa carga é composta por hidrocarbonetos de alta densidade, sendo necessário o emprego de craqueamento térmico ou catalítico para a obtenção de produtos leves com maior valor agregado. Usualmente, a temperatura de reação está entre 520°C e 545°C e, com o decorrer do processo, os catalisadores perdem atividade catalítica, principalmente pela deposição de coque em sua superfície ativa. Para reativar o catalisador, o regenerador fornece uma temperatura entre 680°C e 720°C, promovendo a combustão do coque. E por fim, o catalisador retorna à base do riser, fornecendo grande parte da temperatura do processo (BRASIL et al., 2014).

Figura 1 – Esquema típico de uma unidade de FCC.



Fonte: Brasil 2014.

Com o intuito de tornar o aprendizado mais interessante para os alunos de graduação e pós-graduação da Universidade Salvador (UNIFACS) / Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Campus Salvador, foi desenvolvido um teste catalítico de compostos sulfurados, único no Nordeste do Brasil, que apresenta de forma acadêmica, laboratorial e analítica, diversos processos de craqueamento industrial. Desta forma, é possível a aplicação das teorias abordadas nas disciplinas expostas no “Quadro 1”, com seus respectivos exemplos. Além de possibilitar a realização de iniciações científicas (IC) e trabalhos de conclusão de curso (TCC).

Quadro 1 – Exemplos de disciplinas e suas respectivas teorias abordadas.

Disciplina	Teorias
Química Orgânica	Reações de alquilação e isomerização.
Química Inorgânica	Estudo das estruturas cristalinas dos catalisadores e sua influência nas reações.
Química Analítica	Análise dos produtos das reações on-line através de equipamentos analíticos.
Processos Químicos	Estudo do balanço de massa com reação química e análise de composição das linhas.
Cinética de Reatores	Avaliação dos reatores, estudo da cinética das reações, conversão e seletividade.
Análise de Riscos na Indústria	Aplicação das técnicas de APP e HAZOP.
Simulação de Processos	Simulação/aplicação dos resultados, controladores PID

Fonte: Os autores

## 2 DESENVOLVIMENTO

A planta foi idealizada para a realização de testes catalíticos com hidrocarbonetos e com compostos organossulfurados. Ela foi alocada no laboratório de Catálise e Meio Ambiente (CATAM), que possui vínculo com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPEQ) devido à parceria existente entre UFBA e UNIFACS. Ela busca representar de forma acadêmica, laboratorial e analítica diversos processos de dessulfurização utilizados na indústria do petróleo e petroquímica. Portanto, investigaram-se maneiras de design e equipamentos para ampliar a faixa de parâmetros de operação, versatilidade de inserção de novos recursos, equipamentos e reagentes no sistema principal de modo a realizar diferentes reações e processos modelo. Tal conceito busca aplicar no sistema a flexibilidade na qual as modificações realizadas, ao longo do tempo, não alterem o sistema principal, possibilitando a reprodutibilidade de processos realizados.

A planta possui um compartimento principal de reação que é composto por um reator de leito fixo com sistema de amostragem e análise on-line. Sistemas auxiliares estão presentes de modo a garantir especificações das correntes de alimentação do reator, pureza de reagentes, oscilações dos parâmetros de operação, salubridade do ambiente e operador.

### 2.1 SISTEMA REACIONAL

O sistema de reação principal é composto por um reator diferencial contido em um forno de aquecimento. A reação ocorre em um microrreator tubular, tipo I, de vidro borossilicato, possuindo uma placa sinterizada do mesmo material soldada nas paredes no tubo e posicionada na parte inferior do reator transversalmente ao fluxo axial. A temperatura máxima de operação segura do reator é de 500°C devido aos limites de escoamento do material que foi confeccionado. A finalidade da placa sinterizada é suportar o leito catalítico e evitar a lixiviação de partículas menores do catalisador que possam comprometer a reação e outras partes do sistema. O tamanho de partículas recomendado para o leito catalítico é de 48 a 80 mesh. Pode-se utilizar uma quantidade de pellets de vidro acima do leito catalítico para garantir condições de escoamento turbulento ideais para as reações. O formato do reator tipo I bastante trivial,

favorecendo a confecção com um menor custo, o que facilita a construção em materiais mais nobres, como quartzo, para alcançar temperaturas maiores de operação.

A porção de alimentação e descarga do reator é composta por tubos de vidro de 1/4" soldados na parte central com diâmetros internos de 4 mm e 2,5 mm, respectivamente. Acoplado de forma concêntrica a um forno de aquecimento por resistências (5500 W,  $T_{\text{máx}} = 1000^{\circ}\text{C}$ ), que é operado a partir de um controlador do tipo PID. Esse promove uma maior estabilidade aos processos, uma vez que, alterando-se os parâmetros de proporcional (que produz um sinal de saída proporcional à amplitude do erro), integral (que produz um sinal de saída proporcional à magnitude e à duração do erro), e derivativo (que gera um sinal de saída proporcional a velocidade de variação do erro), é possível reduzir as variações de temperatura.

O compartimento central do forno é composto de material refratário e um tubo centralizador para manter o reator alinhado, o que posiciona suas paredes externas com mesma distância radial às paredes refratárias do forno ao longo de sua extensão. Na parte externa do forno-reator, linhas de aço inox direcionam os reagentes para a entrada do reator ou produtos provenientes da saída, e essas são aquecidas com fio de aquecimento isolado em torno de  $120^{\circ}\text{C}$  (temperatura adequada para fluxo de hidrocarbonetos C6-C7). Para melhor acoplamento, isentar vazamentos e alívio de tensões com os tubos de vidro do reator, utiliza-se niples de conexão OD com anilhas e contra anilhas de PTFE. A parte do acoplamento é coberta com manta isolante cuja funcionalidade permite evitar condensação dos reagentes e produtos e a perda de calor nas extremidades do forno e do reator.

No montante da linha de inox aquecida está posicionado um pequeno vaso evaporador que possui objetivo principal de vaporizar os reagentes líquidos em uma atmosfera de gás inerte ( $\text{N}_2$ ). O gás funciona como meio de transporte para levar os reagentes vaporizados para o reator de fase gasosa. Na entrada de gás do vaso evaporador, existe uma válvula de quatro vias para seleção do gás de operação  $\text{N}_2/\text{Ar}$  sintético. O ar sintético é utilizado, caso se necessite fazer uma calcinação in situ no reator. As pressões e vazões dos gases de alimentação são controladas com precisão por válvulas reguladoras com diafragma de gás e válvulas controladoras/medidoras de vazão (flowmeter, Bronkhost), respectivamente. O vaso possui um manômetro para acompanhamento da pressão interna que deve estar entre 0-1  $\text{kgf/cm}^2$  para evitar ruptura dos componentes de vidro. A alimentação dos reagentes líquidos no vaso de evaporação é mantida constante através de uma bomba dosadora infinita isocrática de alta performance modelo 1260 Infinity Series, Agilent Technologies. A conexão da linha (capilar de 1/32"), proveniente da bomba ao vaso, é feita através de uma conexão com septo BTO de modo que uma porção do capilar fique inserida dentro do vaso, promovendo-se, assim, uma evaporação contínua. O septo permite que outras linhas sejam conectadas ao vaso a depender da necessidade e/ou serem retiradas diante de alguma situação operacional ou de emergência. Um capilar de 200  $\mu\text{m}$  está inserido na extensão da linha capilar de 1/32" da alimentação do vaso evaporador de modo a promover uma alta perda de carga na descarga da bomba para restringir oscilações de pressão do sistema. A relação de vazão de reagentes líquidos e gás são ajustadas de modo que a vazão total da saída do evaporador e as dimensões do reator/leito catalítico promovam velocidades espaciais (WSHV, s-1) especificadas às necessidades de reação.

## 2.2 SISTEMAS AUXILIARES

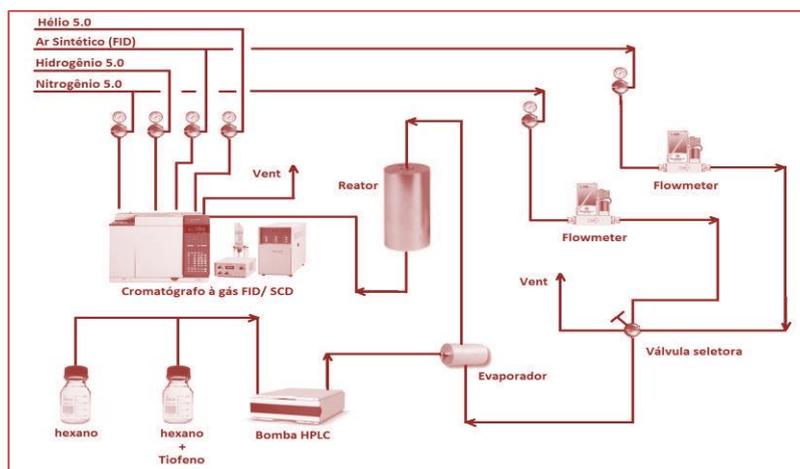
Os reagentes líquidos são estocados em vasos de armazenamento com sistema especial de vedação com tampa de PTFE, flange de fechamento e uma espera para reposição de reagente com vedação. Uma válvula de três vias na sucção seleciona qual vaso de reagente está em operação. O tubo de sucção da bomba dentro do vaso de armazenamento contém um filtro de vidro sinterizado que evita a sucção de possível material particulado (caso exista), que pode danificar a bomba (sede da válvula da bomba feita de material nobre). A vedação do vaso é bastante estanque para evitar a contaminação com os gases externos e manter a pureza dos reagentes, além de evitar que os vapores dos reagentes contidos passem para o ambiente externo, garantindo-se a salubridade da operação. No entanto, a vedação ainda não garante a inexistência de gases dissolvidos nos reagentes que já podem estar contidos neles próprios, além da possibilidade de serem dissolvidos no processo de manuseio para introdução desses reagentes no vaso de armazenamento. Por isso, é feita uma purga constante com gás hélio no vaso, no qual este é inserido borbulhando no reagente através de uma saída com material sinterizado. A inserção de gás hélio mantém a pressão de sucção constante, retira os gases dissolvidos no reagente líquido como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , entre outros, os quais podem ocasionar cavitação na bomba, gerar oscilação no sistema de bombeamento, além de contaminar o sistema reacional com intermediários oxigenados. O gás é purgado em baixa vazão e pressão na faixa de 60-65 mmHg e depois direcionado para linha de vent para parte externa do laboratório. O

sistema ainda abrange um vaso pulmão para eliminar oscilação de pressão e um vaso de passagem no qual evaporam-se os efluentes nas operações de priming (início do processo de bombeamento) e drenagem da bomba, sem contaminar o ambiente externo.

A descarga do reator é composta por uma linha aquecida de 1/8" que direciona o fluxo para uma válvula de 4 vias, também aquecida para evitar a condensação dos produtos. A válvula seleciona se o fluxo principal proveniente do reator é dirigido à linha de transferência aquecida para o analisador (cromatógrafo), ou para o header de vent, caso não seja necessário que o fluxo passe pelo cromatógrafo, como nos processos de pré-tratamento do leito catalítico e calcinação in situ. Essa válvula de 4 vias é alimentada com nitrogênio e configurada de modo a sempre deixar fluxo de gás na linha não selecionada para evitar acúmulo de produtos e a condensação devido ao fluxo parado. A linha de retorno do cromatógrafo, antes de ser direcionada para o header de vent, passa por dois vasos traps, um contendo água destilada e outro vazio. Esses vasos servem para promover uma perda de carga do retorno da linha de transferência e assegurar condições de pressão adequadas na válvula de amostragem do cromatógrafo para garantir preenchimento do loop da válvula e injeção de quantidade adequada de amostra no processo de análise.

A "Figura 2" mostra o fluxograma simplificado do teste catalítico montado.

Figura 2 – Fluxograma esquemático do teste catalítico



Fonte: Os autores

O sistema cromatográfico é composto por um cromatógrafo modelo 7890B, Agilent Technologies, com detector de ionização por chama (FID), e sistema de detecção de enxofre por quimiluminescência com queimador de plasma duplo (SCD-DP). O sistema de análise on-line é composto por uma válvula de 6 vias automática com loop de injeção, linha de transferência do teste catalítico e retorno para vent. A válvula abre o loop para linha de transferência por 1 minuto para o preenchimento com alíquota de amostra de maneira homogênea. Após esse tempo, a válvula retorna à posição original na qual o gás de arraste leva a amostra para as colunas capilares cromatográficas. O sistema de separação dos analitos composto por duas colunas contidas em um mesmo forno de aquecimento, apesar de possuir injetores separados. Para determinação de hidrocarbonetos, utiliza-se coluna capilar Alumina Clorada 50m de comprimento, 0,32mm de diâmetro e 5 µm de filme, com uma razão de split de 400:1, temperatura do injetor e detector 200°C e 250°C, respectivamente. Para separação dos compostos sulfurados, utiliza-se coluna capilar DB-Sulfur SCD 40m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro e 0,75 µm de filme, com uma razão de split de 100:1, temperatura do injetor e detector 200°C e 250°C, respectivamente. A temperatura do forno de aquecimento é 35°C e aumenta até 200°C ao longo do processo, que totaliza um tempo de 27 minutos de análise. O método analítico possui aquecimento do forno com taxas de aquecimento, patamares e tempos de permanência consecutivos que permitem a separação dos compostos nas duas colunas sem que haja a superposição de picos em cada um. A "Figura 3" mostra a fotografia do teste catalítico montado.

Figura 3 – Teste catalítico real.



Fonte: Os autores

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após montagem do teste catalítico de bancada, foram realizados diversos testes para averiguar a sensibilidade e repetitividade do instrumento de análise conectado ao sistema de reação, inserindo-se padrões de calibração tanto nos injetores do cromatógrafo quanto na entrada do vaso evaporador (no montante do reator), e comparando-se os resultados de tempo de retenção obtidos. Para a inicialização dos processos de reação, foram realizadas repetidas corridas, usando-se apenas carga hidrocarbonetos, mistura de hidrocarbonetos e sulfurados com o reator vazio e com leito zeolítico e vice-versa para verificar a repetitividade das análises, presença de oscilações potenciais no sistema e sincronização do tempo inicial de reação com processo.

Nos testes iniciais, foi identificada a presença de compostos sulfurados no ambiente do teste catalítico através do odor característico. Com isso, foi interrompido o processo e feita uma varredura nas tubulações e conexões da planta, onde se verificou um vazamento na tampa do vaso de sulfurados "Figura 3". Foi constatado que a tampa não estava promovendo a vedação necessária e, para sanar esse problema, foram projetadas tampas de material PTFE e liga de alumínio, com vedação de parafusos hexagonais tipo flange.

Figura 4 – (a) vaso com tampa que apresentou vazamento, (b) vaso melhorado



Fonte: Os autores

Os primeiros testes acadêmicos realizados basearam-se na reação de craqueamento/dessulfurização de compostos na faixa da gasolina. A atividade catalítica dos catalisadores propostos para a reação de craqueamento pode ser avaliada através de compostos modelos, tais como os alcanos leves. Para esse sistema foi utilizado n-hexano como molécula modelo parafínica para representar os hidrocarbonetos, pois, em condições ambiente, apresenta-se na fase líquida, facilitando manuseio e operação do sistema de bombeamento. A menor cadeia carbônica do n-hexano em relação a outros componentes da faixa da gasolina no processo proposto evita maior complexidade do meio reacional de modo que a quantidade de produtos de reação seja menor. Uma grande variedade de compostos, mesmo nos grupos de hidrocarbonetos de interesse, pode comprometer a consistência dos resultados, uma vez que o objetivo é apenas identificar as reações predominantes e relacioná-las com o resultado. O tiofeno foi utilizado como

molécula modelo representando os organossulfurados. Essa escolha é devida por esse composto ser foco de interesse de diversos trabalhos acadêmicos devido à sua estabilidade dentre os compostos sulfurados para dessulfurização (BRUNET et al., 2005; ZEELANI, 2016). Neste teste, os catalisadores propostos foram utilizados com intuito de representar aditivos para redução de enxofre (gasoline sulfur reduction - GSR), da matriz catalítica que compõe o catalisador de FCC. Como proposta de aditivo catalítico de redução de enxofre, foram utilizadas zeólitas Beta modificadas com cátions metálicos.

A reação foi realizada com carga composta de uma solução de 100 ppm tiofeno em n-hexano à pressão atmosférica, à 500 °C, com velocidades espaciais de 0,83 e 0,02 s-1, as quais representam as condições de baixa e alta conversão, respectivamente. A condição de baixa conversão foi realizada para identificar as reações principais e, devido à baixa formação de coque, verificou-se comportamento de isoconversão a cada análise realizada "Tabela 1". A condição de alta conversão busca representar a condição real de FCC com alta formação de coque e desativação do catalisador.

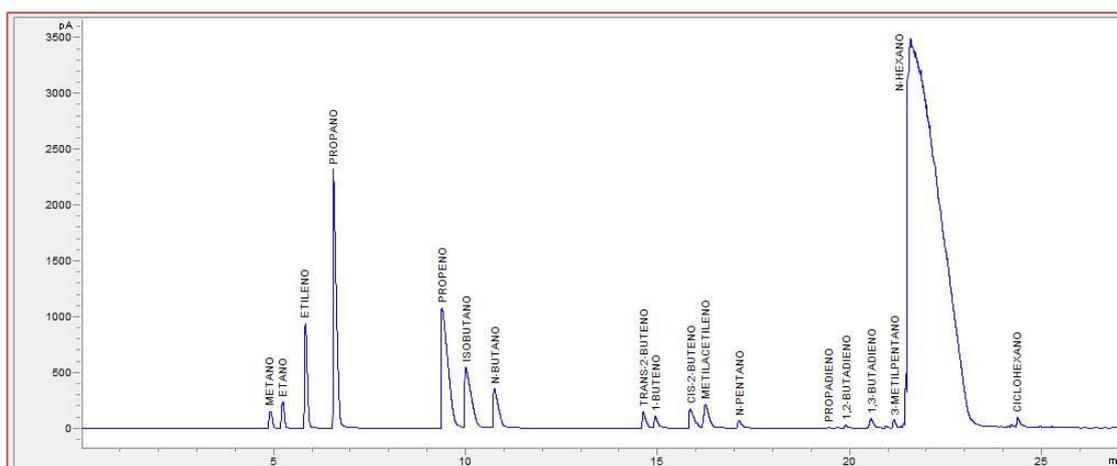
Tabela 1 - Resultados das reações à WHSV 0,83 s-1.

Parâmetros	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
Conversão Hexano	3,9	3,5	3,7	3,7
Seletividade H2S	76,6	68,9	76,4	74,0
Craqueamento	64,3	61,2	59,2	61,6
Isomerização	32,0	35,3	36,6	34,7
Desidrogenação	0,7	0,8	0,8	0,8
Ciclização	1,4	1,6	1,5	1,5

Fonte: Os autores

Os resultados apresentados exemplificam a capacidade da unidade de teste catalítico de quantificar os tipos de reações e sensibilidade para condições de baixa conversão cujos componentes apresentam-se em concentrações pequenas. Tal capacidade torna relevante seu uso para testes de performance catalítica, comparação de catalisadores, confirmação e mecanismos de reação, tomada de dados cinéticos experimentais, etc. Pelos dados apresentados pode-se averiguar que a reação promoveu maior seletividade na formação de produtos craqueados em detrimento dos produtos isomerizados. A "Figura 5" mostra o cromatograma apresentado para a reação com velocidade espacial de 0,02 s-1. É possível visualizar que, para essa condição, há maior conversão de hexano e seletividade na formação de produtos craqueados.

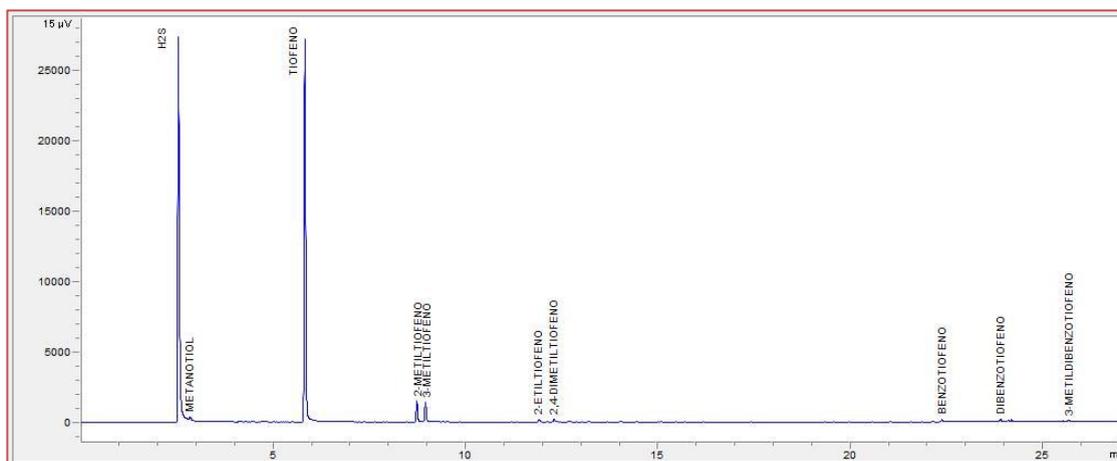
Figura 5 – Cromatograma da análise de hidrocarbonetos (FID).



Fonte: Os autores

O teste catalítico também demonstrou ser eficiente e sensível para análise e detecção de produtos de reações envolvendo compostos sulfurados "Figura 6", a qual mostra a detecção dos diversos produtos em um limite analítico na faixa de ppm como H<sub>2</sub>S, mercaptanas, sulfetos, metil, etil e propril tiofeno, Benzotiofenos, dibenzotiofeno e metil dibenzotiofeno.

Figura 6 – Cromatograma da análise de hidrocarbonetos (SCD).



Fonte: Os autores

## 2.4 OUTRAS PERSPECTIVAS

O sistema composto de reator de leito fixo com forno e controle preciso de temperatura tem a potencialidade de desenvolver outros processos, além dos supracitados. Outras tecnologias dispõem de testes catalíticos ou de adsorção como: a hidrodessulfurização - HDS (BRUNET et al., 2005); a dessulfurização por adsorção - ADS (DEGHAN e ANBIA, 2017); dessulfurização oxidativa - ODS (BHUTTO et al., 2016); entre outras. O sistema de inserção de reagentes com septo BTO no vaso evaporador permite a flexibilidade de adicionar de novos reagentes e possibilita a aplicação de outros processos. O sistema cromatográfico com detectores FID e sistema de detecção de enxofre SCD-DP amplia as possibilidades de análise desses novos processos, sendo necessárias apenas modificações dos parâmetros e rampas de temperaturas que compõem o método utilizado ou, no mais peculiar, modificação ou troca de colunas cromatográficas.

O sistema de detecção SCD-DP juntamente com aquecimento termo programado do forno pode desenvolver métodos analíticos para caracterização ácido-básica de sólidos e catalisadores como o TDP-H<sub>2</sub>S (H<sub>2</sub>S Temperature-programmed desorption), a partir da adsorção de uma carga contendo H<sub>2</sub>S e determinando a temperatura dos eventos de dessorção no processo de aquecimento (FERINO et al., 1992).

Um processo analítico relacionado com craqueamento protolítico de hidrocarbonetos é a determinação indireta da atividade catalítica e força ácida dos sítios fortes de Bronsted – teste de atividade alfa (HOPKINS et al, 1988; OLSON, 1980). O sistema proposto é compatível aos parâmetros necessários para a realização desse teste que expressa taxa de reação em mol de n-hexano convertido por grama de catalisador por minuto. Outra importante análise que pode ser realizada, relacionada com o processo de craqueamento de hidrocarbonetos, é o teste de atividade beta. Este teste mede a atividade do catalisador para as reações de transferência de hidrogênio das espécies contendo íons carbênios formadas nos sítios de Bronsted (LUKYANOV, 1994).

## 3 CONCLUSÃO

Após a montagem da planta de bancada, realização dos testes catalíticos e tratamento dos dados aferidos, foi identificada a possibilidade do estudo de diversas reações, tais como, isomerização e alquilação como

propostas. Os testes foram realizados em matriz simplificada, de tiofeno em n-hexano com a utilização de catalisadores, com o intuito de se obterem testes mais controlados, facilitando-se a abordagem acadêmica. Houve a necessidade da modificação de alguns componentes do projeto inicial, com a finalidade de alcançar um nível de segurança de qualidade. Dessa forma, os testes catalíticos realizados demonstraram o alto potencial da planta de bancada para o desenvolvimento de atividades acadêmicas e projetos de pós-graduação dos cursos de engenharia química e petróleo e gás, com segurança de processo e validação analítica.

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Instituto Brasileiro de Tecnologia e Regulação (IBTR) e Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal da Bahia (PPEQ – UFBA). Agradecimentos especiais ao Grupo de Catálise e Meio Ambiente (CATAM) e ao corpo docente da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade Salvador (UNIFACS).

### REFERÊNCIAS

- [1] BHUTTO, Abdul Waheed et al. Oxidative desulfurization of fuel oils using ionic liquids: A review. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, v. 62, p. 84-97, 2016.
- [2] BRUNET, Sylvette et al. On the hydrodesulfurization of FCC gasoline: a review. *Applied Catalysis A: General*, v. 278, n. 2, p. 143-172, 2005.
- [3] DEGHAN, Roghaye; ANBIA, Mansoor. Zeolites for adsorptive desulfurization from fuels: A review. *Fuel Processing Technology*, v. 167, p. 99-116, 2017.
- [4] DO BRASIL, Nilo Indio; ARAÚJO, Maria Adelina Santos; DE SOUSA, Elisabeth Cristina Molina. *Processamento de petróleo e gás*. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- [5] FERINO, Italo et al. Temperature-programmed desorption of H<sub>2</sub>S from alkali-metal zeolites. *Thermochimica acta*, v. 199, p. 45-55, 1992.
- [6] HOPKINS, P. Donald et al. Hexane Cracking on Clean Zeolite Surfaces. In: *Studies in Surface Science and Catalysis*. Elsevier, 1988. p. 281-293.
- [7] LUKYANOV, Dmitry. B. A test method for quantitative characterization of zeolite hydrogen transfer activity. *Journal of Catalysis*, v. 145, n. 1, p. 54-57, 1994.
- [8] OLSON, D. H.; HAAG, W. O.; LAGO, R. M. Chemical and physical properties of the ZSM-5 substitutional series. *Journal of Catalysis*, v. 61, n. 2, p. 390-396, 1980.
- [9] SADEGHBEIGI, Reza. *Fluid catalytic cracking handbook: An expert guide to the practical operation, design, and optimization of FCC units*. 3ª ed. Oxford: Elsevier, 2012.
- [10] ZEELANI, Gulam Gaush; PAL, Sundar Lal. A Review on Desulfurization Techniques of Liquid Fuels. *International Journal of Science and Research*, v. 5, n. 5, p. 2413-2419, 2016.

# Capítulo 23

## *OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS COM ILUMINAÇÃO DOS AMBIENTES DE ESTUDO NO IFBA CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA UTILIZANDO A PROGRAMAÇÃO LINEAR*

*Luca de Almeida Brito*

*Edson Patrício Barreto de Almeida*

*Rafael Araújo da Silva Pereira*

*Walmir Belinato*

**Resumo:** O método simplex é compreendido como uma técnica numérica para a solução otimizada de um modelo linear. Diante da redução de recursos cada vez maior para as instituições públicas ocorrida nos últimos anos, há um interesse por parte dos gestores em localizar setores onde seja possível reduzir custos. O objetivo deste trabalho é a busca da redução de gastos com energia elétrica na iluminação de áreas de estudo (salas) no IFBA-Campus Vitória da Conquista, aplicando o método simplex, utilizando a ferramenta solver, do Microsoft Excel. Para elaboração deste trabalho, coletou-se dados relacionados ao número de salas, número de lâmpadas, fator de iluminação, área iluminada, potência das lâmpadas, fator de potência das lâmpadas, valor do kWh cobrado pela empresa distribuidora de energia, uso médio mensal de cada lâmpada, para a elaboração de um modelo matemático linear, passível de solução. Foram realizadas simulações considerando custos envolvendo as trocas de lâmpadas fluorescente por lâmpadas de LED, com efeito a melhoria das áreas iluminadas, bem como a redução do consumo de energia devido a lâmpadas de LED. Os resultados mostraram que o modelo matemático supriu as expectativas e minimizaram o consumo de energia elétrica, os investimentos com a troca das lâmpadas podem ser compensados com a redução do consumo de energia elétrica em um período de 2,36 anos, proporcionando ainda uma melhoria nas áreas de estudos (salas) do IFBA-Campus Vitória da Conquista.

## 1 INTRODUÇÃO

O ser humano sempre teve um desejo pelo desconhecido e pelos prazeres de novas descobertas, porém foi só no final do século XIX e começo do século XX que nomes como Thomas Edison e Nikola Tesla revolucionaram o mundo com a descoberta e o estudo da eletricidade e suas aplicações na sociedade e nas ciências.

A energia elétrica foi uma das maiores descobertas da humanidade e é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias, ela é responsável pelo crescimento das indústrias e demais instalações comerciais. O uso consciente e eficiente desta riqueza é o objetivo de estudo de muitos pesquisadores, educadores e engenheiros. Medidas de eficiência energéticas aliadas à reeducação do usuário reduzem drasticamente o consumo sem que haja perda de eficiência nos processos, assim observa-se a importância em se pensar medidas de eficiências e práticas de otimização.

Segundo a ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) no ano de 2017 o consumo elétrico no Brasil aumentou em 1,9% em comparação com 2016. Em meio à profunda crise econômica que o país vive e o contínuo aumento do consumo elétrico no país, tornam-se necessárias alternativas que promovam a redução do desperdício da energia elétrica, principalmente em instituições públicas.

Este artigo foi desenvolvido com o intuito de reduzir o consumo de energia e estudar as mazelas do desperdício de energia elétrica gerado pela iluminação dos ambientes de estudo do IFBA (Instituto Federal da Bahia - Campus Vitória da Conquista). Utilizando a programação linear (uma técnica da pesquisa operacional) e o método simplex é possível otimizar o processo de gerenciamento energético do Instituto.

Para Marins (2011), a Programação Linear (PL) busca encontrar a melhor solução para problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares. Por se tratar de modelos lineares torna-se grande sua aplicabilidade e simplicidade. O desafio da PL consiste na maximização ou minimização de uma função linear, denominada Função objetivo, respeitando-se um sistema linear de igualdades ou desigualdades, que recebem o nome de Restrições do Modelo.

Este trabalho tem por objetivo reduzir gastos com energia elétrica na iluminação de áreas de estudo no IFBA - Campus Vitória da Conquista, através do método simplex, utilizando a ferramenta solver do software Microsoft Excel.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

Segundo Bassanezi (2011), a Modelagem Matemática consiste na técnica de converter problemas da realidade em problemas matemáticos e assim resolvê-los interpretando suas soluções no mundo real. Através deste processo várias áreas de pesquisa como a Física, a Química e a Biologia obtiveram grandes avanços com o uso da modelagem, utilizada principalmente como ferramenta de pesquisa, buscando criar modelos que aproximassem as variáveis computadorizadas às situações reais em estudo.

Para Biembengut e Hein (2003), a modelagem matemática é o processo que envolve a obtenção de um modelo. Este, sobre certo olhar, é considerado um processo artístico, pois, na elaboração de um modelo, além de conhecimento de matemática, o modelador precisa ter uma dose significativa de intuição e criatividade para interpretar o contexto, saber enxergar que conteúdo matemático melhor se adapta, além disso, ter senso lúdico para jogar com as variáveis envolvidas.

### 2.2 A PROGRAMAÇÃO LINEAR

Segundo Prado (1999), do ponto de vista histórico os estudos sobre a programação linear tiveram início no ano de 1936 por Wassily Leontieff, que criou um modelo constituído por um conjunto de equações lineares, considerado como o primeiro passo para os estudos das técnicas de Programação Linear. Já no ano de 1939, o matemático russo L.V. Kantorovick publicou um trabalho sobre planejamento de produção

que apresenta dentre as diversas abordagens, o uso de equações lineares. No entanto, só no ano de 1960 que esta pesquisa veio a ser conhecida. Em 1940, Frank L. Hitchcock apresentou uma abordagem ao problema de transportes utilizando a programação linear. No entanto, só no ano de 1947 que esta técnica de planejamento se consolidou com George Dantzig, que desenvolveu o Método Simplex, capaz de resolver qualquer problema de PL.

### 2.3 MÉTODO SIMPLEX

O método simplex é uma técnica extremamente eficiente que é usada rotineiramente para solucionar problemas de otimização nos computadores de hoje. Exceto pelo seu emprego em problemas muito pequenos, esse método é sempre executado num computador e em pacotes de softwares sofisticados se encontram largamente disponíveis. Extensões e variações do método simplex também são usadas para executar análise de pós otimalidade. Possui natureza geométrica e algébrica, podendo assim ser estudado tanto graficamente, quanto computacionalmente. (HILLIER, 2006)

### 2.4 EXCEL E A FERRAMENTA SOLVER

Para Capela e Capela (2011), o Excel é uma ferramenta popular, de fácil acesso capaz de realizar cálculos, criar tabelas dinâmicas, construir gráficos e sistematizar dados. Além disso, esse software oferece uma interação do usuário com funções elementares da Matemática e Estatística, no entanto o software não é open source.

O Solver é uma ferramenta do software Excel que faz parte de um pacote de programas também chamado de ferramentas de teste de hipóteses. Com esta ferramenta é possível encontrar um valor ótimo (máximo ou mínimo) para uma fórmula dada em uma célula – chamada célula de objetivo – conforme restrições ou limites, sobre os valores de outras células de fórmula em uma planilha de dados (Silva, 2013). Para encontrar o valor ótimo, pode-se escolher, dentro do Solver, resolver através do método simplex. O Método Simplex é um procedimento iterativo que fornece a solução de qualquer modelo de PL em um número finito de iterações. Indica, também, se o modelo tem solução ilimitada, se não tem solução, ou se possui infinitas soluções (Marins, 2011).

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo é resultado de uma proposta de atividade de Modelagem Matemática aplicada para um grupo de alunos e professores das Engenharias Civil e Elétrica, no Instituto Federal da Bahia campus Vitória da Conquista. O problema consiste em modelar uma situação problema do dia a dia do estudante. No presente artigo a metodologia utilizada foi a Programação Linear (PL), em que através do desenvolvimento de modelo matemático linear criou-se uma função objetivo que irá ser minimizada ou maximizada. O modelo desenvolvido foi solucionado com a ferramenta Solver do Microsoft Excel.

O trabalho inicia com a coleta de dados luminotécnicos do IFBA campus Vitória da Conquista para montagem do esquema elétrico e determinação do escopo da pesquisa. Os dados foram obtidos com o departamento administrativo do Instituto Federal e também no acervo de monografias da biblioteca do campus. As demais informações técnicas foram obtidas diretamente dos fabricantes ou fornecedores dos equipamentos.

A metodologia aplicada neste trabalho é a Programação Linear (PL). Neste modelo de programação busca-se uma função objetivo cujo resultado 'Z' deve ser o minimizado ou maximizado a depender da pesquisa, os fatores que moldam a função objetivo 'Z' são chamados funções de restrição. Uma das premissas para este tipo de programação é a manipulação exclusiva de equações lineares (DANTZIG, 1998).

Neste trabalho, buscou-se minimizar os custos relativos à iluminação artificial no IFBA através da redução do número de lâmpadas tubulares fluorescentes de modo que a iluminação do instituto fosse regularizada pela norma NBR 5413/92 e através da substituição de lâmpadas tubulares fluorescentes por lâmpadas tubulares LED, para isto desenvolveram-se restrições para o modelo matemático linear, sendo elas: a quantidade máxima de lâmpadas que o Instituto suporta; a iluminação ideal prevista na norma; o investimento mensal do IFBA em obras de infra-estrutura.

### 3.1 COLETA DE DADOS

Para desenvolvimento da pesquisa foi necessário utilizar de dados angariados em monografias de eficiência energética que analisaram o IFBA campus vitória da Conquista.

Tabela 1: Quantidade de lâmpadas fluorescentes tubulares por ambiente de estudo no IFBA.

Ambientes de Estudo	Lâmpadas	Potência(W)	Área (m <sup>2</sup> )
Sala de desenho	40	40	73,61
Sala de Aula 09	32	40	47,16
Sala de Aula 10	40	40	73,61
Sala de Aula 11	32	40	47,16
Laboratório De Informática	40	40	73,61
Sala de Aula 13	32	40	47,16
Sala de Aula 14	32	40	47,16
Laboratório de Informática 01	16	40	37,54
Laboratório de Informática 02	14	40	37,93
Laboratório de Hidrologia	20	40	73,13
Eletrônica Geral	24	40	51,28
Máquinas Térmicas	40	40	75,46
Produção Mecânica	88	40	270,93
Laboratório de Metrologia	40	40	36,75
Laboratório de Simulação Comp.	25	40	35,75
Laboratório de Automação	32	40	35,75
Laboratório de Soldagem	42	40	92,95
Laboratório de Máquinas Elétricas	30	40	101,91
Laboratório de Instalações Elétricas	18	40	68,52
Laboratório de Biologia	18	40	41,65
Sala de Aula 3	18	40	54,76
Laboratório de Química	24	40	61,62
Sala de Aula 05	18	40	54,76
Laboratório de Física	24	40	61,85
Sala de Aula 07	18	40	54,76
Sala de Aula 08	18	40	54,76
Sala de Aula 3	16	40	67,68
Sala de Aula 4	16	40	67,68
Sala de Aula 5	16	40	67,68
Sala de Aula 6	16	40	67,68
Laboratório de Eletrônica	24	40	67,68
Laboratório de Informática	24	40	74,74
Sala de aula 02	16	40	74,74
Sala de aula 03	16	40	67,68
Sala de aula 04	16	40	67,68
Sala de aula 05	16	40	67,68
Sala de aula 06	16	40	67,68
Sala de aula 07	16	40	67,68
Sala de aula 08	16	40	67,68
Acervo	45	40	97,00
Área de Leitura	48	40	150,50
Sala de estudos Grupo 01	2	40	7,75
Sala de estudos Grupo 01	2	40	5,92

Fonte: ROCHA, Luiz Auberto Marinho (2012)

### 3.2 INFORMAÇÕES TÉCNICAS

Para realização deste estudo, também foram necessários dados auxiliares, que vieram a serem os coeficientes das equações de otimização.

Tabela 2: Especificações Técnicas das Lâmpadas Tubulares Fluorescentes e de LED.

Lâmpada	Potência (W)	Fator Potência	Iluminância (lúmen)
Fluorescente Tubular	40	0,8	2700
LED Tubular	20	0,98	2300

Fonte: FERREIRA, Juliana Zandona (2014)

### 3.3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO MATEMÁTICO

Através dos dados dispostos nas tabelas “Tabela 1” e “Tabela 2”, foram desenvolvidas as equações que analisam o consumo energético do IFBA em função da quantidade de lâmpadas presentes no Instituto.

Abaixo, equações utilizadas no modelo linear e em seguidas solucionadas pelo Solver do software Microsoft Excel.

#### Quantidade de Lâmpadas

$$\sum_{i=1}^{45} X_{iFlu} + X_{iLED} \leq 1096 \quad (1)$$

Em que,

$X_{iFlu}$  é a quantidade de lâmpadas Fluorescentes tubulares por ambiente  $i$ ;

$X_{iLED}$  é a quantidade de lâmpadas LED tubulares por ambiente  $i$ ;

#### Iluminação por Ambiente

$$\sum_{i=1}^{45} 2700X_{iFlu} + 2300X_{iLED} = 750 \sum_{i=1}^{45} Area_i \quad (2)$$

Em que,

750 é o valor de luminosidade em lux pela NBR 5413/92;

$Area_i$  é a área em  $m^2$  do ambiente;

#### Investimento do IFBA em infraestrutura

$$V_{Des} * (TL - \sum_{i=1}^{45} X_{iFlu}) + V_{ComL} * \sum_{i=1}^{45} X_{iLED} \leq Investimento \quad (3)$$

Em que,

$V_{Des}$  é o valor de descarte de uma lâmpada fluorescente tubular em reais;

$TL$  é a quantidade inicial de lâmpadas no IFBA, neste estudo tome  $TL = 1096$ ;

$V_{ComL}$  é o valor de compra de uma lâmpada LED tubular em reais;

$Investimento$  é o valor máximo que o Instituto disponibilizará mensalmente para o projeto;

A partir das restrições acima citadas, foi desenvolvida uma função objetivo que seria minimizada pelo Solver.

$$MinZ = \sum_{i=1}^{45} Consumo_i \quad (4)$$

$$Consumo = 240 * [(X_{iFlu} * P_F + X_{iLED} * P_L) * \theta \rho] \quad (5)$$

Em que,

Consumo é o custo em reais de um ambiente do IFBA;

$\theta$  é a porcentagem de uso diário das lâmpadas do ambiente, neste estudo tome  $\theta = 25\%$ ;

PF é a potência da lâmpada Fluorescente tubular em kW, neste estudo tome  $PF = 0,040$ ;

PL é a potência da lâmpada LED tubular em kW, neste estudo tome  $PL = 0,020$ ;

$\rho$  é o produto (quantidade de dias úteis de uso das lâmpadas \* valor do kWh), neste estudo tome  $\rho = 21$  (dias) \* 0,56899841269841 (Valor do kWh)

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 3: Gasto do IFBA com iluminação artificial antes de otimização por modelo matemático linear (“Gráfico 2” – Pré-otimização)

Variáveis	XF	XL
Custo médio mensal	2,867752	1,433876
Quantidade de lâmpadas	1096,00	0,00
Custo final	3143,06	

Fonte: Autoria Própria

Inicialmente, dimensionou-se o valor gasto com iluminação no Instituto, e observou-se que o mesmo apresenta super iluminação, isto é, um coeficiente de luminosidade maior do que o indicado pela norma técnica NBR 5413/92, como medida de otimização utilizou-se a ferramenta Solver para encontrar o equilíbrio luminotécnico em todos os ambientes acima citados e através desse equilíbrio otimizar o gasto energético do IF sem necessitar de maiores investimentos, apenas uma remoção das lâmpadas em excesso.

Para a simulação abaixo, o modelo matemático foi restringido apenas pela “Equação 2”.

Tabela 4: Solução ótima encontrada pelo Solver, levando em consideração que 100% das lâmpadas do IFBA são do tipo Fluorescente Tubulares 40W. (“Gráfico 2”- Otimização)

Variáveis	XF	XL
Custo médio mensal	2,867751533	1,433875766
Variável Ideal	796,29	0,00
Min Z (R\$) =	2283,57	

Fonte: Autoria Própria

Em seguida, o modelo matemático foi executado mais uma vez, mas restringido pelas “Equações 1, 2 e 3”. Nesta segunda etapa, buscou-se encontrar um equilíbrio luminoso entre as lâmpadas LED (mais econômicas) e as lâmpadas Fluorescentes (menos eficientes).

Para fins computacionais desenvolveram-se as equações auxiliares:

$$Investimento = \sum_{j=2}^9 (5 * Economia_j + 3000) \quad (6)$$

$$Economia_j = Z_{Otimizacao} - Z_{mes_{j-1}} \quad (7)$$

Em que,

**j** é o mês em que a programação está sendo aplicada.

**Economia** é a diferença entre o valor da conta de energia “Otimização” e o valor da conta de energia do mês anterior à repetição do ciclo.

Abaixo, simulação executada no mês 1. Em que, o Investimento (“Equação 3”) tem o valor inicial de R\$ 10.000,00.

Tabela 5: Solução ótima encontrada pelo Solver após 1 mês. (“Gráfico 2” – Mês 1)

Variáveis	XF	XL
Custo médio mensal	2,867751533	1,433875766
Variável Ideal	646,13	176,28
Min Z=	2105,70	

Fonte: Autoria Própria

Observa-se uma economia de R\$ 177,87 do modelo IFBA otimizado para o IFBA no mês 1, esta economia mensal será investida nos próximos ciclos do modelo linear. A operação acima se repetiu por mais 8 vezes até que o modelo matemático encontrasse a solução única ótima. Abaixo valor otimizado da conta de energia do IFBA, no mês 9.

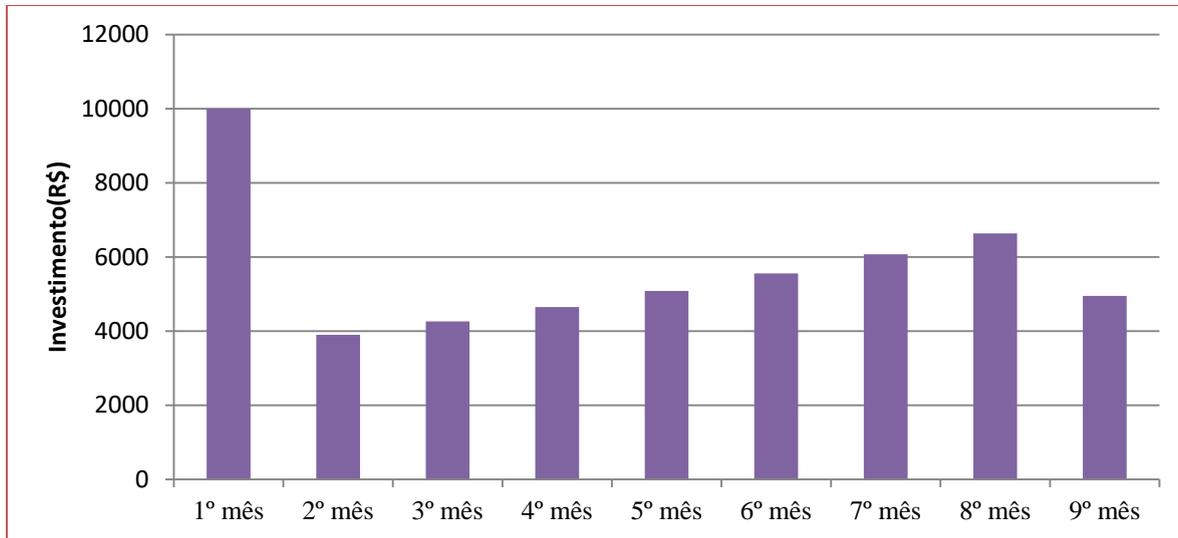
Tabela 6: Solução ótima encontrada pelo Solver após 9 meses, culminando na total substituição de lâmpadas Fluorescentes Tubulares 40W por lâmpadas LED Tubulares 20W. (“Gráfico 2” – Mês 9)

Variáveis	XF	XL
Custo médio mensal	2,867751533	1,433875766
Variável Ideal	0,00	934,78
Min Z=	1340,36	

Fonte: Autoria Própria

Observa-se uma economia de R\$ 943,21 do modelo IFBA otimizado para o IFBA no mês 9, e uma economia de R\$ 1.802,70 em comparação ao modelo real do IFBA (pré-otimização).

Gráfico 1: Investimento Mensal do IFBA na otimização luminotécnica

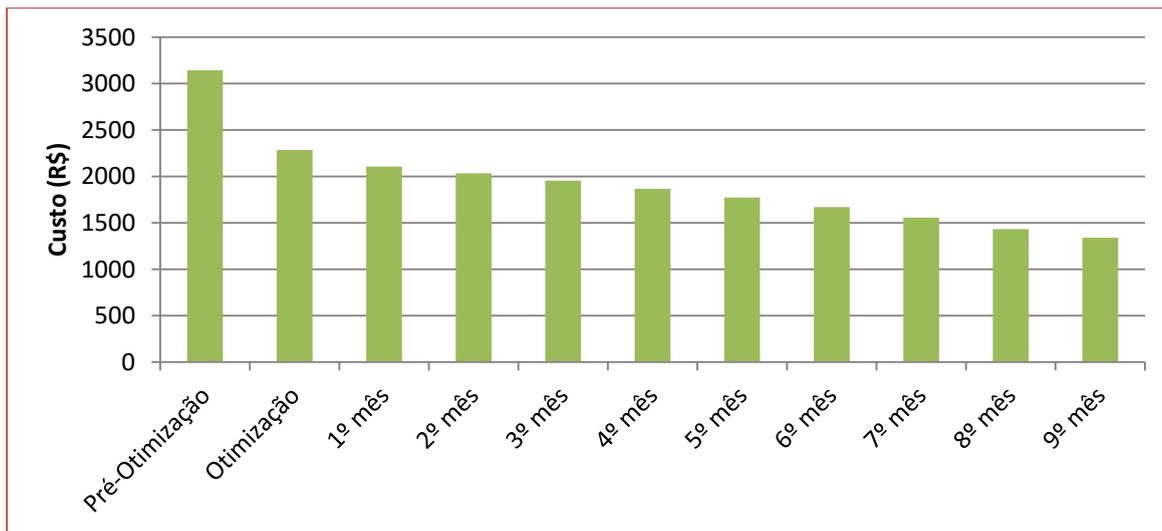


Fonte: Autoria Própria

Uma das precauções do presente projeto é maximizar a economia de energia ao menor custo possível para o IFBA, através do Gráfico 1 podemos observar que o valor de investimento mensal, nunca supera o Investimento Inicial de R\$ 10.000,00 o que viabiliza a execução do projeto.

O investimento total do projeto foi igual a R\$ 51.093,89, após as medidas de otimização aqui apresentadas o “payback” deste investimento ocorrerá em 2,36 anos após o fim do investimento em compra de lâmpadas, o que evidencia o êxito do modelo matemático desenvolvido nessa pesquisa, e a utilidade do método simplex para controle e otimização de processos.

Gráfico 2: Custos em iluminação do IFBA de acordo modelo proposto por programação linear



Fonte: Autoria Própria

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia elétrica é um recurso de extrema importância e essencial para o desenvolvimento geral de um país.

A busca pela redução do desperdício e pela minimização dos custos gastos com a energia elétrica é essencial, e faz com que sejam cada vez mais necessários estudos sobre a gestão e distribuição desta, é essencial que se encontrem meios de reduzir o consumo sem alterar a logística dos ambientes.

O presente artigo demonstrou como o IFBA (Vitória da Conquista - BA) possui uma logística de luminosidade errônea e como ele pode se beneficiar com a troca (nos ambientes de estudo) das lâmpadas fluorescentes existentes por lâmpadas LED. Esta troca, originada de um investimento inicial por parte da instituição, em 2,36 anos geraria um lucro de R\$ 1.802,70 mensalmente ao IFBA e os ambientes ficariam devidamente iluminados (de acordo com a NBR 5413/92).

Este artigo também pode servir de modelo para qualquer instituição por: promover um estudo da política de luminosidade da própria instituição que, em alguns casos, pode estar superdimensionada (fora da norma regulamentadora) e reduzir seu consumo elétrico oriundo da iluminação, através da troca de lâmpadas obsoletas por lâmpadas LED sem alterar a luminosidade dos ambientes.

A programação linear auxiliada da ferramenta solver do Microsoft Excel foram essenciais para descobrir os valores corretos que otimizam essa troca minimizando os custos e aumentando a eficiência energética da Instituição.

## REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413/92: Iluminação de Interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- [2] BASSANEZI, R. Ensino-Aprendizagem com Modelagem Matemática: uma nova estratégia. São Paulo, SP: Contexto, 2011.
- [3] BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. Modelagem Matemática no Ensino. Blumenau: Editora Contexto, 2003.
- [4] DANTZIG, George B. Linear programming 1: Introduction. Springer-Verlag, 1998
- [5] EHRLICH, Pierre J. Programação Linear e Decisão – Programação Linear, Fundação Getúlio Vargas – EAESP, 2004.
- [6] FERREIRA, Juliana Zandona. Estudo Comparativo Entre Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T8 E Tubulares De LED. Monografia (Pós-Graduação), Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Curitiba, 2014.
- [7] HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. Introdução À Pesquisa Operacional. 8ª Edição. São Paulo: McGrawHill Interamericana do Brasil Ltda. 2006.
- [8] MARINS, Fernando Augusto Silva. Introdução à Pesquisa Operacional. São Paulo: 4 Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2011.
- [9] POLITO, Rodrigo. Consumo de energia no Brasil aumenta 1,5% em 2017, segundo ONS. Disponível em:<http://www.valor.com.br/brasil/5303555/consumo-de-energia-no-brasil-aumenta-15-em-2017-segundo-ons>. Acesso em 21 abril 2018.
- [10] PRADO, Darci Santos do. Programação Linear (Série Pesquisa Operacional, vol. 1). Belo Horizonte: Editora Desenvolvimento Gerencial, 1999.
- [11] ROCHA, Luiz Auberto Marinho. Eficiência energética: estudo da qualidade do Sistema de Luminotécnica do IFBA 2012. Monografia (Graduação) – Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia da Bahia, Vitória da Conquista, 2012.
- [12] SILVA, Kléber. Modelagem Matemática com Programação Linear: Uma proposta de trabalho no ensino médio. Dissertação (Mestrado). UESB. Vitória da Conquista, 2013.
- [13] STEBBEN, Eduardo. Alto custo dificulta o descarte de lâmpadas. Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2012/outubro/alto-custo-dificulta-o-descarte-de-lampadas-afirma?tag=rrr>. Acesso em: 19 abril 2018.

# Capítulo 24

## *ANÁLISE DA INFLUÊNCIA NA TENSÃO DE CURTO CIRCUITO A PARTIR DO CONTROLE TÉRMICO POR SISTEMA DE ARREFECIMENTO CONVECTIVO EM PAINEL FOTOVOLTAICO*

*Mayara Cordeiro França*

*Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti*

**Resumo:** Atualmente existe uma disseminação do sistema fotovoltaico On-Grid, após ótimos incentivos do governo. O número de novas conexões na rede de sistemas fotovoltaicos tem crescido de forma animadora para o cenário das fontes de energia alternativas. Entretanto, a potência de saída tem influência direta com a temperatura de funcionamento da placa. Como a eficiência de conversão de energia luminosa para energia elétrica não é superior a 20%, adequar o sistema para que seja o mais eficiente possível e assim gerar a potência máxima do sistema é ideal para garantir melhor aproveitamento da geração. Com o controle térmico a partir de um sistema de arrefecimento que despeja água sobre a superfície da placa e tem a finalidade de aumentar a troca térmica da placa por meio da convecção forçada gerada entre o fluido e a superfície, constatou-se um ganho na tensão de curto circuito ( $V_{oc}$ ) maior que 1V e como consequência aumento da potência de saída do sistema.

**Palavras-chave:** Fontes Alternativas, Eficiência de placa fotovoltaica, Sistema de arrefecimento.

## 1. INTRODUÇÃO

O constante desenvolvimento no setor industrial mundial, e o aumento na utilização de equipamentos elétricos numa diversidade de atividades humanas fizeram com que a demanda por energia elétrica aumentasse em forma exponencial nas últimas décadas (MIRANDA, 2003). Atualmente a matriz energética mundial está composta, em sua grande maioria por combustíveis fósseis. Carvão, petróleo e gás natural são os responsáveis por 80% da geração mundial de energia (MME, 2007).

Essa grande dependência deste tipo de energia provocou, nas últimas décadas, mudanças climáticas a nível global. As emissões de gases como o dióxido de carbono, resultante da combustão de combustíveis de origem fósseis, tem provocado o aquecimento da atmosfera (efeito estufa). Além disso, os combustíveis fósseis são fontes de energia não renováveis. As reservas destas fontes de energia vão se esgotar em algum momento (SEGUEL, 2009).

A partir deste cenário energético global, verificou-se o início de um processo de profundas mudanças tecnológicas no setor elétrico, tendo como característica mais visível deste processo o ciclo expansionista de fontes renováveis e alternativas na matriz elétrica (RANK, 2016). Dentre as fontes alternativas, se destaca sem dúvida a energia solar fotovoltaica, por ser uma das fontes primárias menos poluente, silenciosa e estática; e por se adequar bem estruturalmente a várias condições, além de diminuir as perdas por ser uma geração distribuída, onde a carga está próximo da fonte.

Este artigo tem como objetivo analisar a tensão de curto circuito de um painel fotovoltaico a partir do controle térmico da superfície da placa realizado por sistema auxiliar de arrefecimento convectivo construído com materiais reciclados.

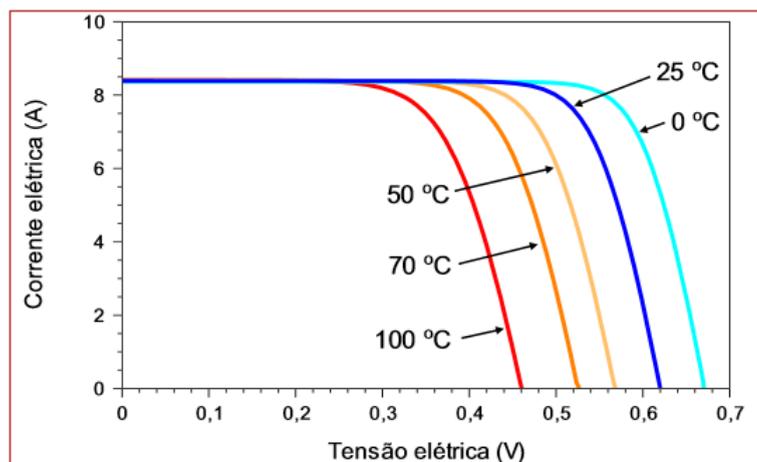
## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desempenho real dos módulos fotovoltaicos é determinado pelas condições ambientais, as quais podem causar efeitos que se traduzem em perda de eficiência. Dentre os principais fatores críticos para o desempenho dos módulos destacam-se: a temperatura de operação, irradiação, espectro solar, acúmulo de sujeira e sombreamento. Estes fatores são capazes de reduzir a eficiência de conversão em até 15% e podem levar a degradação das células e módulos (SIMIONE, 2017).

### Parâmetros com maior influência

Existem dois parâmetros externos que mais afetam as características elétricas dos painéis fotovoltaicos: a irradiância solar e a temperatura. A irradiância solar é uma característica intrínseca a região de instalação das placas fotovoltaicas. O aumento da irradiância incidente e/ou da temperatura ambiente produz um aumento da temperatura da célula, e conseqüentemente tende a reduzir a sua eficiência (PINHO e GALDINO, 2014). Como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Relação entre a tensão e a corrente em função da temperatura nas placas



(FONTE: PINHO e GALDINO, 2014).

### O modelo elétrico equivalente

A corrente em célula fotovoltaica pode ser considerada como a soma de corrente de uma junção pn no escuro (diodo semiconductor) com a corrente gerada pelos fótons absorvidos da radiação solar (PINHO e GALDINHO, 2014). Podendo ser descrita a partir da equação de Schockley de diodo, Equação 1:

$$I = I_L - I_0 \left[ \left( e^{\frac{qV}{nkT}} \right) - 1 \right]$$

Onde:

$I_L$  – Corrente fotogerada (A);

$I_0$  – Corrente de Saturação reversa do diodo (A);

$n$  – Fator de idealidade do diodo, número adimensional geralmente entre 1 e 2, obtido por ajuste de dados experimentais medidos;

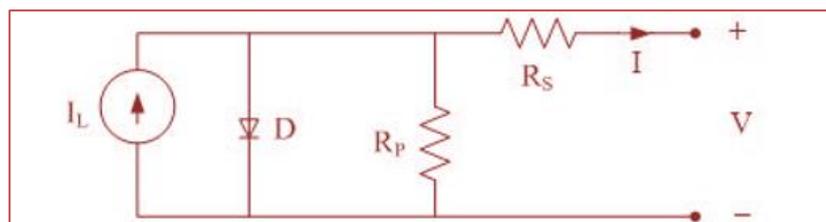
$q$  – Carga do elétrons ( $1,6 \times 10^{-19}C$ );

$k$  – Constante de Boltzman ( $1,38 \times 10^{-23}j/K$ );

$T$  – Temperatura absoluta.

Podemos observar a partir da Equação 1 que se  $I_L$  for zero a célula fotovoltaica se comportará como um diodo.

Figura 2 – Circuito equivalente com um diodo para célula fotovoltaica.



(FONTE: PINHO e GALDINHO, 2014)

Os componentes descritos na Figura 2 que descrevem os seguintes fenômenos, segundo Silva (2016):

$R_s$  – Descreve as perdas ôhmicas do material semiconductor, nas conexões em geral;

$R_p$  – Descreve as perdas que surgem principalmente através das perturbações elétricas causadas pelas impurezas e defeitos da estrutura cristalina;

$I_L$  – representa a corrente a uma determina isolação;

$D$  – a junção P-N;

$V$  – A tensão de saída nos terminais da célula.

Como observado no circuito equivalente existe uma resistência em série -  $R_S$  devido a junção metal-semiconductor, malhas metálicas, regiões dopadas, etc e uma resistência em paralelo  $R_P$  proveniente de ponto de curto-circuito na junção pn, Equação 2.

$$I = I_L - I_0 \left[ e^{\frac{q(V+IR_S)}{nkT}} - 1 \right] - \frac{V - IR_S}{R_P}$$

Ao termo exponencial acrescentou a queda de tensão no resistor em série e a fórmula inicial foi diminuído a corrente relativa a resistência em paralelo. Para o modelo elétrico, estes termos podem ser considerados as perdas elétricas da placa fotovoltaica.

Uma única célula fotovoltaica, isoladamente, tem capacidade reduzida de produção de energia elétrica, tipicamente entre 1 e 2W, correspondente a uma tensão de 0,5V e uma corrente entre 2 e 4A. Portanto,

para atingir determinados níveis de tensão e corrente, faz-se necessária a associação de várias células, através de ligações série e paralelo, formando os painéis fotovoltaicos (SEGUEL, 2009).

A Equação 2, segundo Gow e Manning (1999) apud Seguel (2009) irá sofrer as modificações apresentadas na Equação 3 a depender da quantidade de células conectadas em paralelo e em série:

$$I = n_P \left\{ I_L - I_0 \left[ e^{\frac{q \left( \frac{V + IR_S}{n_S + n_P} \right)}{nkT}} - 1 \right] - \frac{V + IR_S}{R_P} \right\} \quad (3)$$

Onde:

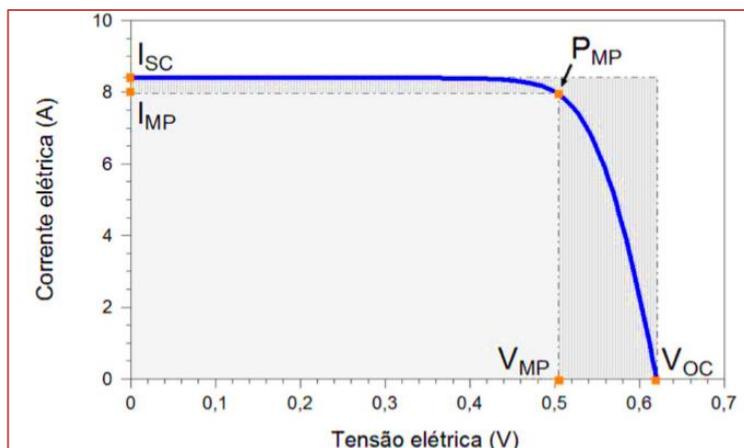
$n_P$  – Número de células conectadas em paralelo;

$n_S$  – Número de células conectadas em série.

### Parâmetros elétricos

A partir da Figura 3 que apresenta a curva I-V com os principais parâmetros elétricos que caracterizam os módulos fotovoltaicos: tensão de circuito aberto, corrente de curto-circuito, fator de forma e eficiência (PINHO e GALDINO, 2014).

Figura 3 - Principais parâmetros elétricos em destaque.



(FONTE: PINHO e GALDINO, 2014)

- **Tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ ):** é a tensão entre os terminais de uma célula fotovoltaica quando não há corrente elétrica circulando e é a máxima tensão que uma célula fotovoltaica pode produzir.
- **Corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ ):** é a máxima corrente que se pode obter e é medida na célula fotovoltaica quando a tensão elétrica em seus terminais é igual a zero.
- **Fator de forma (FF):** é a razão entre a máxima potência da célula e o produto da corrente de curto circuito com a tensão de circuito aberto, Equação 4.

$$FF = \frac{V_{MP} I_{MP}}{V_{oc} I_{sc}} \quad (4)$$

- **Eficiência ( $\eta$ ):** é o parâmetro que define quão efetivo é o processo de conversão de energia solar em energia elétrica. Representa a relação entre a potência elétrica produzida pela célula fotovoltaica e a potência da energia solar incidente e pode ser definida como Equação 5:

$$\eta = \frac{I_{sc} V_{oc} FF}{AG} \times 100\% \quad (5)$$

Onde,

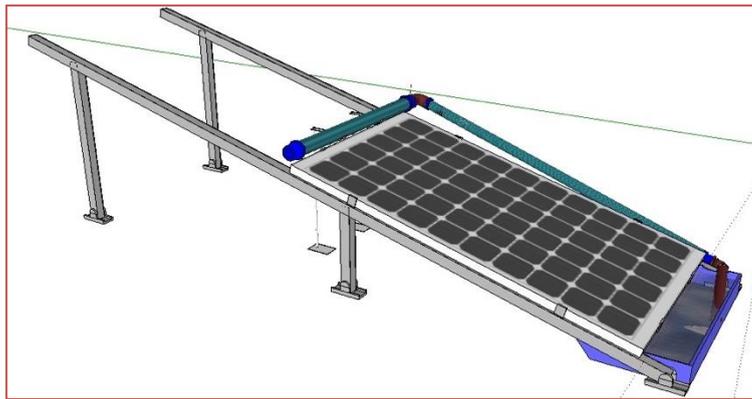
A (m<sup>2</sup>) é a área da célula;

G (W/m<sup>2</sup>) é a irradiância solar incidente.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de arrefecimento foi confeccionado com uma bomba d'água do tipo Submersible Pump, modelo SP-500 de marca JAD com potência de 6W que consegue elevar a água até no máximo 60cm de altura. Utilizou-se um recipiente retangular plástico de dimensões 9x33x54cm para o reservatório d'água e uma mangueira de 150cm para despejar a água sobre a superfície da placa (Figura 4).

Figura 4: Sistema de resfriamento por película d'água protótipo montado no SketchUp Pro 2017.



(FONTE: Autoria própria, 2017)

O principal componente para funcionamento do sistema é a bomba d'água de aquário que tem como função direcionar a água que está no reservatório inferior para a borda superior da placa, onde a mangueira é fixada como mostra a Figura 5, e assim despejar pela mangueira com furos de 2mm espaçados simetricamente a água despejada cria uma fina película d'água.

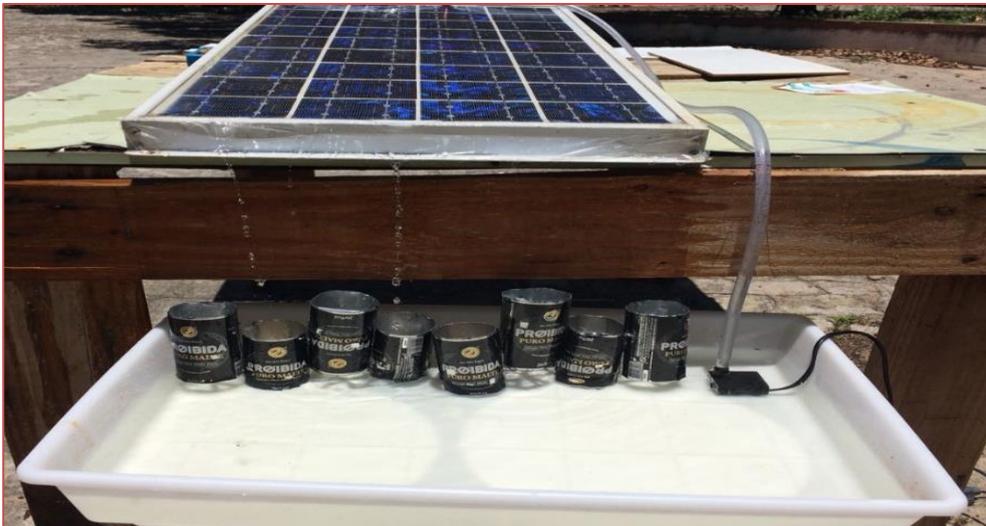
Ao protótipo criado no SketchUp, acrescentou-se um protótipo de torre de arrefecimento para aumentar a troca de calor da água com por meio de um sistema reutilizado de latinha de alumínio, Figura 6, através do material metálico aumenta da troca térmica.

Figura 5: Sistema de fixação da mangueira com furos espaçados regularmente.



(FONTE: Autoria própria, 2018)

Figura 6: Sistema de resfriamento montado a partir de latas de alumínio reutilizadas.



(FONTE: Autoria própria, 2018)

Para realizar a análise estatística do experimento utilizou-se o teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ), que segundo CONTI (2009) é um teste de hipóteses que se destina a encontrar um valor da dispersão para duas variáveis nominais, avaliando a associação existente entre variáveis qualitativas. O princípio básico deste método é comparar proporções, isto é, as possíveis divergências entre as frequências observadas e esperadas para um certo evento. Evidentemente, pode-se dizer que dois grupos se comportam de forma semelhante se as diferenças entre as frequências observadas e as esperadas em cada categoria forem muito pequenas, próximas a zero. Este teste pode ser utilizado para:

- Verificar se a frequência com que um determinado acontecimento observado em uma amostra se desvia significativamente ou não da frequência com que ele é esperado.
- Comparar a distribuição de diversos acontecimentos em diferentes amostras, a fim de avaliar se as proporções observadas destes eventos mostram ou não diferenças significativas ou se as amostras diferem significativamente quanto às proporções desses acontecimentos.

### Medições das Variáveis Elétricas

As medições foram realizadas no campus do Sal Torrado do IFBA na cidade de Paulo Afonso-BA. Sua localização, observada na Figura 7, possui latitude de 9,38170334° S e longitude de 38.22547495° O e elevação de 254m, segundo dados do GOOGLE MAPS.

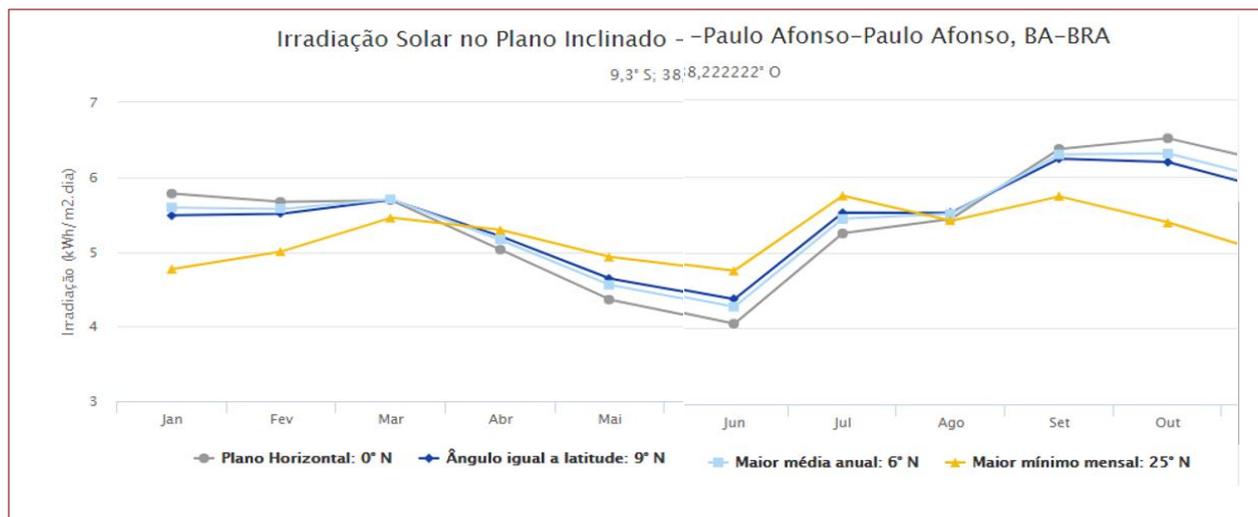
Figura 7 – Localização da realização das medições.



(FONTE: GOOGLE MAPS, 2017)

Os valores da temperatura e irradiância ao longo do ano para qualquer sítio no Brasil são fornecidos pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB) do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – (CEPEL), que disponibiliza o programa Sundata. A partir deste banco de dados do site CRESESB com a entrada das informações de latitude e longitude, pode-se determinar a angulação adequada para posicionamento da placa observando a Tabela 1, considerando qual a maior média anual de irradiância incidente na cidade de Paulo Afonso mostrada na Figura 8.

Figura 8: Gráfico da irradiância solar por plano inclinado na cidade de Paulo Afonso.



(FONTE: CRESESB, 2017)

Tabela 1: Valores de irradiação média mensal para a localização de realização das medições.

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal (kW/m <sup>2</sup> .dia)						
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Plano Horizontal	0°N	5,78	5,67	5,69	5,03	4,36	4,06	4,31
Ângulo igual a latitude	9°N	5,49	5,51	5,7	5,21	4,64	4,38	4,63
Maior média anual	6°N	5,6	5,57	5,71	5,16	4,56	4,28	4,53
Maior mínimo mensal	25°N	4,77	5,01	5,46	5,29	4,93	4,76	4,99

(FONTE: CRESESB, 2017)

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal (kW/m <sup>2</sup> .dia)						
		Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0°N	5,25	5,44	6,36	6,5	6,17	5,39	2,44
Ângulo igual a latitude	9°N	5,52	5,52	6,23	6,19	5,81	5,4	1,85
Maior média anual	6°N	5,44	5,5	6,29	6,3	5,94	5,41	2,02
Maior mínimo mensal	25°N	5,75	5,41	5,73	5,39	4,96	5,2	0,99

(FONTE: Autoria própria, 2018)

A partir dos dados acima, optou-se pela inclinação de 6° a Norte posição que encontra maior média anual de irradiação. O sistema está montado sobre uma mesa e com um suporte superior para realizar a inclinação desejada.

A aferição das variáveis elétricas foi realizada com o uso de dois multímetros, um de marca Hikari – modelo HM-1100 para aferir os valores de tensão de circuito aberto (Voc) e outro de marca Minipa – modelo ET2042D para aferir os valores de corrente de curto-circuito (Isc), tais variáveis elétricas sem carga, aferido nos terminais de saída da placa fotovoltaica. O mesmo foi realizado com a carga, obtendo os valores de corrente de carga e tensão de carga.

Com o termômetro digital infravermelho com mira à laser Minipa – modelo MT-350, aferiu-se a temperatura da placa, realizado em 3 pontos (início, meio e fim) e obtendo a média como resultado. Com os valores adquiridos foram construídas curvas em relação da tensão de curto circuito (Voc) medida versus a temperatura da placa.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizou-se a água para ser despejada sobre a placa tendo como função trocar calor com a superfície da mesma, a fim de diminuir a temperatura superficial e aumentar a Tensão de Circuito Aberto (Voc), variável elétrica que possui maior influência da temperatura.

Observando os valores da temperatura da placa (T<sub>placa</sub>) variando a cada 10°C; considerou-se 5 temperaturas a partir do 60°C e comparando com os valores de Voc resultantes, mostrados na Tabela 2, nota-se que a menor temperatura de funcionamento da placa, correspondente a 20°C, equivale a um maior valor na Voc. Comparando a temperatura da placa e a temperatura do chão podemos notar que a incidência da radiação solar permaneceu relativamente constante, tendo em vista que a temperatura do chão não sofreu grande variação durante os experimentos.

Tabela 2: Valores aferidos das grandezas elétricas e da temperatura

Voc (V)	Isc (A)	Tplaca (°C)	Tchão	Tágua
19,42	3,24	60	58	70
19,58	3,19	50	58	33
20,12	3,17	40	59	33
20,30	3,16	30	52	29
20,44	3,15	20	56	9

(FONTE: Autoria própria, 2018)

Pode-se observar ainda que a temperatura da água despejada sobre a placa modificou proporcionalmente em relação a temperatura que se desejava atingir. Por este motivo que o sistema de arrefecimento conta com um protótipo que atue como uma torre de arrefecimento para induzir, também por convecção, a diminuição da temperatura da água; conseqüentemente da superfície da placa fotovoltaica. Este sistema é visto na Figura 9, utilizou-se o princípio dos radiadores para aumentar a superfície de contador com aletas internas para assim aumentar a troca térmica.

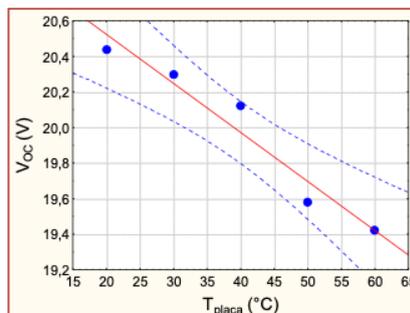
Figura 9: Visão superior das aletas internas do protótipo da torre de resfriamento.



(FONTE: Autoria própria, 2018)

A Figura 10 exibe uma curva dos pontos experimentais de Voc em função da temperatura da placa. O ajuste obtido por regressão linear apresentou coeficiente de correlação de 94,44% para um intervalo de confiança de 95%. Os valores de tensão medidos e obtidos via modelo possui um erro padrão de 0,1226 para 5 observações realizadas.

Figura 10: Variação da tensão (Voc) com a temperatura por regressão linear.



(FONTE: Autoria própria, 2018)

O teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) foi utilizado para comparar a dispersão entre a temperatura da placa e a tensão de circuito aberto, avaliando a associação existente entre as duas variáveis, por meio da comparação das proporções entre elas, ou seja, as possíveis divergências entre elas tendo em conta a frequência de ocorrência e observada se as diferenças entre as frequências observadas são muito pequenas, aproximando-se de zero.

No teste de aderência do modelo, obtive na Tabela 3 os resultados, estes indicam que este modelo é indicado para representar os dados experimentais, uma vez que  $\chi_c^2 < \chi_t^2$ ; Estatisticamente os valores não são significativamente diferentes.

Tabela 3: Resultado do teste de aderência Qui-quadrado.

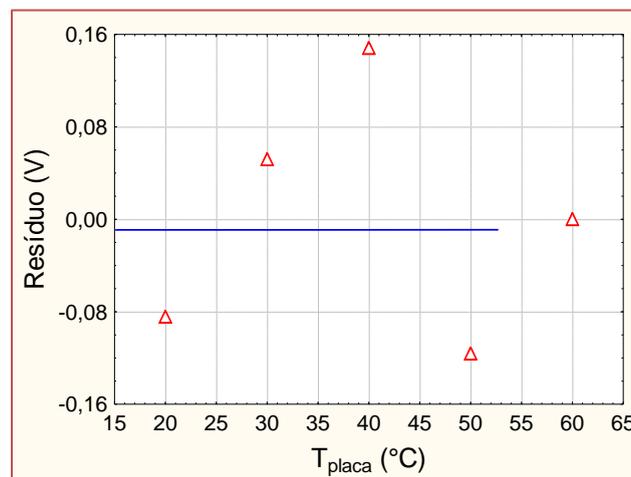
Teste de aderência do teste Qui-quadrado	
X2cal	0,0023
X2tab	7,8147

(FONTE: Autoria própria, 2018)

Inserindo os valores de temperatura e tensão no software Statistica do StatSoft® versão do estudante, obtemos um modelo mostrado na Equação 6. Sendo a variável 'x' a entrada para temperatura em grau Celsius e a saída da equação a tensão de circuito aberto em volts.

$$VOC (V) = 21,076 - 0,0276 * x \tag{6}$$

Figura 11: Resíduos resultante do modelo.



(FONTE: Autoria própria, 2018)

Analisando os resíduos, Figura 11, observa-se que os valores de tensão oscilam próximo a zero em relação com a temperatura e que a discrepância não é superior a 0,16V. Isto sugere que o modelo possui boa aderência e que a relação entre as variáveis apresentadas mostra baixa divergência, inferindo que o modelo proposto representado nos dados experimentais obtidos possuem ótima aproximação.

## 6. CONCLUSÕES

Tendo em vista a influência da temperatura de operação na variável elétrica analisada, tensão de curto circuito (Voc), este trabalho buscou demonstrar experimentalmente que um sistema auxiliar de arrefecimento aplicado a uma placa fotovoltaica pode aumentar a tensão de saída da mesma utilizando um sistema de ciclo fechado para o líquido arrefecedor.

O sistema de arrefecimento se mostrou eficiente no que tange o aumento da tensão de curto circuito. Foi possível verificar o ganho de 1,02V da tensão de saída pela diferença de temperatura de 40°C. Como a geração por placas fotovoltaicas ainda possui baixa eficiência, os estudos devem avançar para tornar a implantação mais financeiramente viável.

A superfície terrestre possui um grande potencial para a geração fotovoltaica. Os investimentos nesta área se tornam cada dia maiores por ser uma energia limpa e sustentável. Buscar por meio de sistemas que melhorem a eficiência dos painéis fotovoltaicos é uma forma de contribuir a maior disseminação dessa fonte alternativa de geração de energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

- [1] CONTI, F. Biometria Qui Quadrado. Laboratório de Informática – ICB – UFPA última atualização 2009. Disponível em: < <http://www.ufpa.br/dicas/biome/biopdf/bioqui.pdf> >. Acesso em: 24 mar. 2018.
- [2] CRESESB, Potencial solar - Programa SunData, 2017. Disponível em: < <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data> >. Acesso em 24 out. 2017.
- [3] MIRANDA G. L., "Be prepared", in IEEE Industry Applications Magazine, 2003.
- [4] MME - Ministério de Mina e Energia do Brasil, "Balanço energético nacional" 2007. Disponível em: < [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br) >. Acesso em: 12 fev. 2018.
- [5] PINHO, J. T. e GALDINO, M. A; MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. CEPTEL - CRESESB, Rio de Janeiro, Março de 2014. Disponível em: < [http://www.redemulhersustentabilidade.org.br/Acervo/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.redemulhersustentabilidade.org.br/Acervo/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf) >. Acesso em: 12 jul. 2017.
- [6] RANK, N. I; ARAÚJO, A. J. N; BUENO, T. B. A. ANÁLISES DOS FATORES DE PERDAS NOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA EM CURITIBA. 2016. Disponível em: < [http://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2015\\_2\\_27/2015\\_2\\_27\\_final.pdf](http://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2015_2_27/2015_2_27_final.pdf) >. Acesso em: 31 nov. 2017.
- [7] SEGUEL, J. I. L. Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnicas MPPT e controle digital. UFMG. Belo horizonte, Agosto de 2009. Disponível em: < <http://www.ppgee.ufmg.br/defesas/216M.PDF> >. Acesso em: 25 out. 2017.
- [8] SIMIONI, T. O impacto da temperatura para o aproveitamento do potencial solar fotovoltaico do Brasil - Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017. Disponível em: < <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/simioni.pdf> >. Acesso em: 04 mai. 2017.

Autores

**ALANA UCHÔA PINTO**

Graduanda do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará. Atualmente é bolsista de administração da Pró-Reitoria de Administração. Desenvolve atividades de atendimento ao discente na Pró-Reitoria de Graduação, setor CAD, da mesma Universidade. Participa do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Laticínios (NEPEL) do Departamento de Engenharia de Alimentos.

**ALDENIS EVERTON ALVES GUILHERME DE FRANÇA**

Mestrando do Mestrado Profissional em Tecnologia da Energia da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE). Graduado em Engenharia Elétrica Eletrotécnica pela referida instituição em 2016. Tem experiência no ensino acadêmico através de aulas de monitoria, bem como cursos ministrados. Formado em Técnico em Eletrotécnica pelo Instituto Federal de Pernambuco - IFPE em 2010. Formado em Técnico em Administração pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial de Pernambuco - SENAI/PE em 2007. Atua nas áreas acadêmica, de energia solar, de tecnologia e de gestão de ativos de energia.

**ALESSANDRO BOGILA**

Graduado em Engenharia Elétrica pela Facens - Faculdade de Engenharia de Sorocaba (2004 - 2008). Mestre em Engenharia Elétrica pela UNESP BAURU/SOROCABA (2012-2014). MBA em Gestão de Projetos e Negócios pela Facens (2011-2013). Especialização Técnica em Instalações Elétricas Residenciais, Comerciais e Prediais pela Facens (2014-2018). Professor na Facens desde 2010. Atualmente Professor de Regime Integral do Centro Universitário Facens.

**ALLAN VINÍCIUS PEREIRA MACHADO**

Graduando do Curso de Engenharia Elétrica no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG - campus Nepomuceno. Já atuou como monitor e extensionista. Atualmente é pesquisador (bolsista pela FAPEMIG/CEFET-MG) na área de fontes alternativas para Geração de Energia Elétrica e ainda é conselheiro no CGRAD (Conselho da Graduação) e representante discente no Colegiado do Curso. Tem experiência na área de Ensino de Ciências Exatas e Naturais, Segurança em Eletricidade (NR-10) e Geração e Transmissão de Energia Elétrica.

**ANA FLÁVIA RODRIGUES LOPES**

Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica no CEFET-MG Campus Belo Horizonte, participou na fundação da VRI Jr do Campus de Nepomuceno (2016-2017), foi monitora de Física (2017), participou do Programa de Educação Tutorial-PETEE CEFET Nepomuceno(2017-2019), é voluntária no projeto de iniciação científica "Estudo Comparativo entre os Principais Componentes de Sistemas Fotovoltaicos".

**ANDRÉ DE OLIVEIRA FARIA**

Engenheiro Civil – UFOP- 2018. Membro do grupo Civil Nota 5 - 2017/ 2018. Membro do grupo PET Civil UFOP - 2016/ 2018. Diretor Financeiro - EPROTEC-Jr - 2014/2016.

**ANSELMO PAULO PIRES**

Doutor na área de Educação Escolar e Profissão Docente pelo Programa de Pós Graduação em Educação - PPGE PUCMINAS (2017), mestre em Educação Tecnológica pelo CEFET/MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (2006). Possui graduação no Programa Especial de Formação para Docentes e graduação em Tecnologia em Normalização e Qualidade Industrial. Atualmente é professor e subchefe do Departamento de Engenharia de Materiais - DEMAT do CEFET/MG. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Ensino-Aprendizagem e Didática da Educação Profissional e Tecnológica, atuando principalmente nos seguintes temas: Educação Profissional, Gestão Integrada, Gestão da Qualidade e Trabalho e Educação.

### **ANTONIO CLÁUDIO RODRIGUES BARBOSA JÚNIOR**

Acadêmico em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará, técnico em Nutrição e Dietética com ênfase em controle de qualidade na produção, manipulação e distribuição de alimentos, técnico em Informática com ênfase em desenvolvimento a partir de linguagens de marcação e CMS (Content Management System). Atualmente membro do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Laticínios (NEPEL) desta mesma universidade.

### **ANTONIO HORTENCIO MUNHOZ JUNIOR**

Possui graduação em Engenharia Química - Escola Superior de Química das Faculdades Oswaldo Cruz (1987), mestrado em Engenharia Química pela Universidade de São Paulo (1992) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade de São Paulo (1997). Durante o doutorado realizou pesquisa em síntese de zeólitas contendo nióbio, tendo realizado estágio na Michigan State University para caracterizar as zeólitas sintetizadas no Brasil. Atua como Professor Adjunto na Universidade Presbiteriana Mackenzie, tendo participado do processo de Reconhecimento/Recomendação pela CAPES do Mestrado Profissional em Engenharia de Materiais da U.P.Mackenzie. Foi coordenador do Mestrado Profissional em Engenharia de Materiais até março/2011. Coordenou o curso de Graduação em Engenharia de Materiais da U.P.Mackenzie de 2011 a 2017. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em materiais cerâmicos, atuando principalmente nos seguintes temas: reciclagem de resíduos sólidos industriais em massa cerâmica, síntese de pseudoboemita pelo processo sol-gel e sua utilização na obtenção de alumina ativada.

### **ANTÔNIO JOSÉ DIAS DA SILVA**

Possui graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica. Mestre em Informática. Possui mais de 30 anos de experiência na área acadêmica, atuando principalmente em cursos de Engenharia e Tecnologia da Informação.

### **BETHÂNIA GRAICK CARIZIO**

Doutoranda em Desenho Industrial pela UNESP Bauru e Mestre em Desenho Industrial com ênfase em Ergonomia pela UNESP Bauru (2016), foi bolsista e pesquisadora do CNPq de 2014 a 2016. Especialização em Fisiologia do Exercício e Treinamento Funcional (2014) e graduação em Fisioterapia pelo Centro Universitário UNIFAFIBE (2013), Licenciatura em Música (2006), especialização em Marketing e Propaganda (2001) e graduação em Desenho Industrial pela Universidade Estadual de Londrina - UEL (2000). Membro da Comissão Assessora da Área de Tecnologia em Design Gráfico do ENADE no triênio de 2015 a 2017. Atualmente é coordenadora do curso de Design Gráfico no Centro Universitário UNIFAFIBE e docente dos cursos de Design Gráfico e Pedagogia da IES.

### **CAMILA FUKUDA GOMES**

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Paraná(2008), especialização em Engenharia da Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná(2010) e mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal do Paraná(2013). Atualmente é Professor Assistente da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, responsável pela disciplina de Química dos Materiais.

### **CARLOS ALBERTO DE JESUS FILHO**

Estudante de Graduação de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Ceará (UFC). Apresentando experiência na área da docência adquirido em monitoria e conhecimentos necessários para a minha graduação, como BPF, PGRS, APPCC e Gestão de Planos. Atualmente estagiário na Embrapa Agroindústria Tropical no Laboratório de Microbiologia de Alimentos.

**CAROLINA LIPPARELLI MORELLI**

Professora da Universidade Federal de Itajubá, campus de Itabira. Formação em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Mestrado realizado na UFSCar e na Universidade do Minho em Portugal, na área de compósitos poliméricos com reforço híbrido de fibra de vidro e talco. Doutorado em co-tutela feito na UFSCar e no Instituto Politécnico de Grenoble, na França, na área de polímeros biodegradáveis reforçados com nanocristais de celulose. Atuação industrial na área de plásticos (extrusão e injeção) e fibras poliméricas (polimerização, fiação e estiragem). Leciona e desenvolve pesquisas na área de desenvolvimento, processamento e caracterização de materiais poliméricos, em geral.

**CHRYSITIAN CLEIDERSON VENTURA**

Técnico em Edificações - IFMG/Ouro Preto - 2016. Atual membro do grupo PET Civil UFOP. Atual membro do grupo Civil Nota 5. Graduando em Engenharia Civil - UFOP

**CLÁUDIA CUNHA TORRES DA SILVA**

Pedagoga. Doutora em Educação

**DANIEL DE ALMEIDA FERNANDES**

Bacharel em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia São Paulo - FESP (2004), mestre em Engenharia Mecânica, subárea Controle de Sistemas Mecânicos, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Poli/USP (2008), e doutor em Engenharia de Sistemas pela Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia - NTNU, Trondheim, Noruega (diploma expedido em 2015 e reconhecido pela Poli/USP em 2016). Possui experiência profissional em P&D; atuou principalmente nos seguimentos industriais de eletromedicina e instrumentação eletrônica. Possui experiência docente na rede de ensino SENAI-SP. Atualmente é professor no Departamento de Energia Elétrica da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), campus sede em Juiz de Fora/MG.

**DANIEL FREIRE ALMEIDA**

Graduado no curso de Engenharia Química da Universidade Salvador (UNIFACS). Graduado no curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestre em Engenharia Química pelo Programa de Graduação em Engenharia Química - PPEQ -UFBA. Doutorando em Engenharia Química pelo Programa de Graduação em Engenharia Química - PPEQ -UFBA. Como pesquisador, vem atuando em trabalhos na área de combustíveis, biocombustíveis, análises físico-químicas, catálise heterogênea e processos de dessulfurização.

**DANIELLE CASÉ DIONIZIO CUNHA**

Atualmente é Engenheira de Processos da Linha de Produção de Espelhos Copper Free na Cia. Brasileira de Vidros Planos (Vivix). Já atuei também como Coordenadora de Melhoría Contínua na Magneti Marelli Prima Sole sendo responsável pela implementação do Sistema WCM (World Class Manufacturing). Trabalhei como Trainee e Engenheira de Processos da Linha de Pintura de bobinas de alumínio na Alcoa Alumínio Itapissuma-PE. Estagiei na AmBev na área de Processo Cerveja e Processo de produção de Refrigerantes. Estou cursando o MBA em Gestão de Projetos pelo IPOG-PE e tenho MBA em Gestão da Produção pela UFPE. No momento estou finalizando o Mestrado Profissional em Tecnologia de Energia na UPE. Posuo graduação em Engenharia Química pela UFPE (2010). Fui bolsista de Iniciação Tecnológica Industrial ? CNPQ no LACO - UFPE e fui monitora da disciplina de Química Analítica e Química Orgânica C na UFPE.

**DANIELLY NORBERTO ARAUJO**

Técnica em Eletrotécnica (2012) pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE) e graduada em Engenharia Elétrica (2017), com aprofundamento de estudos em eletrotécnica, pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Atualmente, é mestranda no Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará (UFC), na área de sistemas elétricos de potência. Seus interesses são: geração distribuída, geração solar fotovoltaica e sistemas de armazenamento de energia.

**DENIS BORG**

Possui Doutorado (2016), Mestrado (2011) e graduação (1998) em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo. Foi professor da Unilins na disciplina de Sistemas supervisórios. Trabalhou como Engenheiro de Aplicações na Smar Equipamentos Industriais e Consultor de Engenharia de Aplicações e Vendas na Emerson Process Management. Foi professor do SENAI Sorocaba do curso de pós graduação na disciplina de Controle. Suas principais áreas de atuação são Instrumentação Industrial para medições de pressão, temperatura, nível e vazão, Automação e Controle, Sistemas Inteligentes, e Treinamentos. Atualmente é professor de Mecatrônica e Robótica na FACENS (Faculdade de Engenharia de Sorocaba) e coordenador do curso de pós graduação em Engenharia de Controle e Automação na mesma instituição.

**DIANDRA CAROLINE XAVIER SILVEIRA DE MELO**

Aluna do décimo período do curso de Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Bacharel em Ciências e Tecnologia (também pela UFRN) e graduação sanduíche em BEng Mechanical Engineering pela University of Derby, na Inglaterra, com estágio na empresa Clean Electricity Generation UK. Atuou como monitora das disciplinas de Física Clássica e de Sistemas Térmicos.

**DIEGO DE SOUZA VALADARES**

Graduando em engenharia de materiais, com intensa vivência em uma equipe de veículo off-road (Baja), na qual exerce atualmente o cargo de gerente do setor de acabamento/design. É também diretor de projetos da empresa júnior de engenharia de materiais TETRA Jr., da Universidade Federal de Itajubá.

**DIEGO SANTANA DA SILVA**

Graduando em Engenharia Química pela Universidade Salvador (UNIFACS), técnico dos laboratórios de engenharia química da mesma e integrante do grupo de pesquisa Catalise e Ambiente (CATAM). Como bolsista da FAPESB de iniciação científica, desenvolveu estudos ligados a redução de enxofre em combustíveis fósseis, através de processos de adsorção. Ainda nessa vertente, está realizando pesquisas através de processos catalíticos heterogêneos envolvendo dessulfurização em FCC.

**EDSON PATRÍCIO BARRETO DE ALMEIDA**

Licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Santa Cruz (2006), Especialização em Educação Matemática pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (2009), Mestrado Profissional em Matemática PROFMAT-UESB (2016). Professor adjunto do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia da área de matemática.

**ESLY CÉSAR MARINHO DA SILVA**

Licenciado em Ciências. Engenheiro Mecânico. Mestre em Engenharia Mecânica. Doutor em Engenharia Mecânica

**EUCLIDES GONÇALVES MARTINS FILHO**

Atualmente é professor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais no departamento de Engenharia Materiais atuando na área de Soldagem e Gestão Integrada.

**FELIPE PINHEIRO MAIA**

Bacharel em Ciências e Tecnologia e Engenheiro Mecânico, participou, durante a graduação, de projetos de monitoria (Termodinâmica Básica e Aplicada), pesquisa (Computação Gráfica, Transferência de Calor e Energia Solar) e extensão (Gerente de Projetos de equipe de foguete modelismo). Atualmente é mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN e voluntário na startup paulista VSAT Space Program, no cargo de Coordenador de Mecânica.

**FERNANDA SILVA COSTA FONSECA**

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Salvador (UNIFACS). Participa como aluna voluntária de iniciação científica pelo grupo de pesquisa Catálise e Ambiente (CATAM) na UNIFACS, atuando principalmente nos seguintes temas: catálise, craqueamento, dessulfurização e zeólita beta. Realizou monitoria voluntária da disciplina de química geral. Atualmente desenvolve trabalhos voluntários direcionados ao gerenciamento de projetos, para o Instituto Brasileiro de Tecnologia e Regulação - IBTR.

**FERNANDO DELUNO GARCIA**

Graduado em Engenharia de Computação pela Faculdade de Engenharia de Sorocaba (Facens, 2013) e Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP, 2018), Campus de Sorocaba. Professor do curso de Engenharia de Computação no Centro Universitário Facens nas áreas de arquitetura e organização de computadores, sistemas digitais e sistemas embarcados.

**FRANCISCA LÍVIA DE OLIVEIRA MACHADO**

Possui graduação em Química Industrial pela Universidade Federal do Ceará (2006) e mestrado em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Ceará (2012). Tem experiência em análises químicas de água, biodiesel, esgoto e leite, gerenciamento de resíduos sólidos e tratamento anaeróbio de esgoto. Atualmente é Tecnóloga em Química, com atuação no Laboratório de Laticínios do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará.

**FRANCISCO AUGUSTO OLIVEIRA SANTOS**

Estudante de Graduação de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Ceará (UFC), membro do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Laticínios (NEPEL), trabalha com pesquisas de desenvolvimento tecnológicos de produtos alimentícios a partir de matérias primas regionais no Laboratório de Frutos e Hortaliças da referida Universidade.

**GABRIEL IVAN MEDINA TAPIA**

Graduação em Engenharia Mecânica, mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1997) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2005). Atualmente é professor Associado da Universidade Federal de Rio Grande do Norte. Tem ministrado disciplinas da área térmica: Transferência de Calor; Termodinâmica; Refrigeração e Ar-condicionado; Geração e Distribuição de Vapor; Máquinas Térmicas; Mecânica dos Fluidos e Energia Solar, na graduação e Transferência de Calor, na pós-graduação. Suas linhas de pesquisa abrangem as áreas de termodinâmica aplicada a ciclos de refrigeração termo-movidos; sistemas térmicos de conversão de energia; sistemas térmicos solares concentrados e energia eólica.

### **GERALDO MOTTA AZEVEDO JUNIOR**

Possui graduação em Engenharia Elétrica - ênfase em Eletrônica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1993), graduação em Bacharelado em Matemática pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (1994), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1996) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2002). Leciona no ensino superior desde 1995. Atualmente é Professor Assistente da Universidade Santa Úrsula e Professor Adjunto do Centro Universitário Augusto Motta, já tendo atuado na coordenação dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Elétrica. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, atuando principalmente em: sistemas lineares multivariáveis, teoria de controle, subespaços invariantes e circuitos elétricos. Tem experiência na área de Matemática, atuando principalmente em: álgebra linear, equações diferenciais, cálculo multivariável e pesquisa operacional. Tem grande interesse no estudo e aplicação de metodologias ativas ao ensino de Matemática e Engenharia.

### **GEZELDA CHRISTIANE MORAES**

Professora do eixo da Matemática da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e também na Rede Pública de ensino do Estado do Paraná, lecionando a disciplina de Matemática no Ensino Fundamental e Médio. Possui Mestrado em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Graduiu-se em 2003 em Matemática Licenciatura pela mesma instituição.

### **GIZELE ALMADA CRUZ**

Engenheira de Alimentos, com mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará. Possui experiência em microbiologia de alimentos, biologia molecular e controle de qualidade de leite e derivados. Atualmente atua como técnica do Laboratório de Laticínios/DEAL/CCA/UFC.

### **GUILHERME BARRACHINA STOCCO**

Possui graduação em Engenharia Química pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2002) e mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais - Programa de Pós-Graduação em Engenharia (2009). Professor nos cursos de Engenharia, Engenharia Mecânica e Engenharia Química, ministrando as disciplinas de Ciência dos Materiais, Transferência de Calor, Mecânica dos Fluidos, Fenômenos de Transporte, Química, Combustão e Motores e Instrumentação e Controle de Processos. Pesquisador com conhecimento em análises físico-químicas, cromatografia gasosa e líquida (HPLC), Infravermelho (FTIR), desenvolvendo diversos projetos nas áreas de pesquisa em novos materiais para isolamento e refrigeração de equipamentos elétricos.

### **GUSTAVO ARAÚJO FILGUEIRAS**

Bacharelado em Engenharia Elétrica com habilitação em Sistemas de Potência pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), campus sede em Juiz de Fora/MG. Possui curso de qualificação profissional em Operação de Processos de Instalações Elétricas, concluído em dezembro de 2018 pela rede de ensino SENAI-MG.

### **HAMILTON LOPES DE MIRANDA JUNIOR**

Graduado em Engenheiro Civil pela UFPA (Universidade Federal do Pará), especialista em Gerenciamento de Projetos, mestre em Engenharia de Produção e doutorando em Logística e Sistemas de Apoio à Decisão, pela UFF (Universidade Federal Fluminense). Experiência nas indústrias de Óleo e Gás, de Mineração, da Construção Civil; tendo atuado nas áreas de manutenção, suprimentos, logística, saneamento básico e projetos de engenharia de portos, terminais logísticos multimodais, plantas industriais para mineração, agronegócio, óleo & gás. Atua como docente no Centro Universitário Unilasalle do Rio de Janeiro, nas áreas de Saneamento e Abastecimento, Logística e Transporte, e Gerenciamento de Projetos de Engenharia.

### **IAGO MONTEIRO VILELA**

Bacharelado em Engenharia Elétrica pelo CEFET-MG, com previsão de encerramento para dez/2020; Atuou como desenvolvedor Android no projeto de extensão "Desenvolvimento de um Software para determinação do consumo energético residencial" (2016-2018); É bolsista do PET - Programa de Educação Tutorial, cuja finalidade é desenvolver projetos na área de eficiência energética; Desenvolve um projeto de iniciação científica denominado "Dimensionamento de sistemas de geração fotovoltaicos - Estudo direcionado ao município de Nepomuceno"; Trabalha em um projeto de extensão denominado "Manutenção em instalações elétricas residenciais para famílias de baixa renda de Nepomuceno".

### **ÍTALO ARTHUR JOÃO WILSON SILVA MEIRELES**

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de São João Del-Rei (2013) e mestrado em Engenharia Elétrica (Ufsj / Cefet-Mg) pela Universidade Federal de São João Del-Rei (2015). Atualmente é professor e chefe do departamento de elétrica - DENEPE - do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais Campus Nepomuceno. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Transitórios eletromagnéticos.

### **IZABELA PATRÍCIO BASTOS**

Professora do Eixo da Matemática da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Matemática da Universidade Federal do Paraná. Possui Mestrado em Matemática Aplicada pela Universidade Federal do Paraná. Graduada em Licenciatura e Bacharelado em Matemática pela mesma instituição.

### **JEYSA TAYNARA BARBOSA CUNHA**

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Salvador (UNIFACS) e Técnica em Química pelo CAIC. Desenvolveu trabalho voluntário com análise térmica através da técnica TGA/DTA com ênfase em catálise heterogênea e processos de dessulfurização.

### **JOAO BOSCO DOS SANTOS**

Possui graduação em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1992), especialização em Motores e Combustíveis pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2002) e mestrado em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2011). Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em processo de fabricação Fundição. Atualmente é professor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais no departamento de Engenharia Materiais.

### **JOEL LIMA**

Doutorado em Engenharia Mecânica - Projeto e Fabricação; Mestrado em Administração - Gestão Estratégica, Especialização em Engenharia de Processos, Graduação em Administração. Técnico Industrial em Mecânica (CEFET-MG), Curso de Qualificação em Mecânica (SENAI). Professor do CEFET-MG, desde 1991, lecionando para os Cursos Técnicos e Engenharias. Lecionou também disciplinas em cursos de Pós-Graduação na FATEC-SENAI e Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMINAS Experiência industrial de mais 20 anos em empresas metalúrgicas do setor de fundição, atuando nas áreas técnica e gerencial da fabricação de peças, equipamentos e prestação de serviços. Está envolvido em projetos para: o desenvolvimento de produtos fundidos e ligas metálicas com adição de Nióbio; Otimização do uso e regeneração de areias de fundição, Simulação computacional do processo de Fundição, Fabricação Aditiva, Gestão Integrada (qualidade, meio ambiente, saúde ocupacional, segurança e responsabilidade social); Alternativas energéticas. Revisor - Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering - ABCM.

### **JOEL ROCHA PINTO**

Possui mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2000) e graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia de Sorocaba (1995). Professor titular do curso de Engenharia Elétrica e Mecatrônica do Centro Universitário Facens. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Eletrotécnica, atuando principalmente nos seguintes temas: máquinas elétricas, conversão eletromecânica de energia, acionamentos elétricos, qualidade de energia.

### **JOSÉ CARLOS DE LACERDA**

Professor adjunto da Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira. Com doutorado em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Ouro Preto, mestrado em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Ouro Preto e graduação em Engenharia Industrial Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Desenho, Hidráulica e Pneumática, e na área de Engenharia de Materiais, com ênfase em fadiga, corrosão e soldagem de aços inoxidáveis.

### **JOSÉ JORGE MENDES DE FREITAS**

Engenheiro Mecânico. Mestre em Engenharia Mecânica. Doutor em Engenharia Mecânica

### **JOSÉ RODRIGUES DE FARIAS FILHO**

Engenheiro Civil pela Universidade de Fortaleza - UNIFOR/1988. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo LATEC/UFF/1998. Mestre em Engenharia Civil pela UFF/1992. Doutor em Engenharia de Produção pela COPPE/UF RJ/1996. Professor Titular do Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia da UFF. Professor do Curso de Graduação em Engenharia de Produção da UFF. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Professor do Doutorado em Sistema de Gestão Sustentáveis da UFF. Professor do Mestrado em Sistema de Gestão da UFF. Professor dos Cursos de Pós-Graduação em Gerenciamento de Projetos, Gerência de Riscos, Gestão pela Qualidade Total, Engenharia Econômica e Financeira, Gestão de Negócios Sustentáveis da UFF. Coordenador do Núcleo de Competitividade, Estratégia e Organizações - LabCEO da UFF.

### **JULIANA CORRÊA DE SOUZA**

Possui graduação em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Augusto Motta em 2017 e possui formação técnica em Eletrotécnica pela Escola Técnica do Arsenal da Marinha em 2010.

### **JULIANE DÖERING GASPARIN CARVALHO**

Professora Associada I do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará. Possui graduação em Farmácia e Bioquímica - Habilitação Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina, mestrado e doutorado em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Foi bolsista de Desenvolvimento Científico Regional, na Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Produtos de Origem Animal, atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade microbiológica e físico-química de produtos lácteos, isolamento e caracterização de bactérias ácido lácticas de produtos lácteos, desenvolvimento de produtos lácteos e lácteos funcionais.

### **KARINE FRANCO BASTO**

Gestora de Vice-Presidência - Civil Jr UFOP - 2018/2019. Presidente - CAEC UFOP - 2018/2019. Membro do grupo Civil Nota 5 - UFOP - 2018. Membro do grupo PET Civil UFOP - 2017/2018. Graduanda em Engenharia Civil - UFOP

**KARLA CRISTIANE ARSIE VIEIRA**

Professora do eixo da Matemática da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Atualmente, faz doutorado em matemática aplicada na Universidade Federal do Paraná. Possui Mestrado em Matemática Aplicada pela Universidade Federal do Paraná. Graduiu-se em 2010 em Matemática Licenciatura e Bacharelado pela mesma instituição.

**LARISSA VALVERDE URYU**

Membro do grupo Civil Nota 5 - UFOP - 2017/2018. Gestora de Administrativo-Financeiro - Civil Jr UFOP - 2018. Diretora de Administrativo-Financeiro - Civil Jr UFOP - 2019. Tesoureira - CAEC UFOP | 2018/2019. Graduanda em Engenharia Civil - UFOP

**LÁZARA SILVEIRA CASTRILLO**

Possui graduação em Engenharia Energética Nuclear pelo Instituto Superior En Ciencias Energéticas y Nucleares(1993), mestrado em Tecnologias Energéticas Nucleares pela Universidade Federal de Pernambuco(1998) e doutorado em Tecnologias Energéticas Nucleares pela Universidade Federal de Pernambuco(2003). Atualmente é ADJUNTO da Universidade Estadual do Ceará e Revisor de periódico da Revista Virtual de Química. Tem experiência na área de Engenharia Nuclear, com ênfase em Tecnologia dos Reatores. Atuando principalmente nos seguintes temas:Análise de sensibilidade, Modelagem computacional, Métodos Perturbativos, fluxo bifásico.

**LEILA FIGUEIREDO DE MIRANDA**

Graduação em Engenharia Química pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1976), Bacharelado e Licenciatura em Química pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1984), mestrado em Engenharia Química pela Escola Politécnica da USP (1994) e doutorado em Tecnologia Nuclear pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-IPEN/Universidade de São Paulo-USP (1999). Desde 1985 é professora da Universidade Presbiteriana Mackenzie, tendo coordenado o Curso de Engenharia de Materiais da mesma Universidade de 1992 a 2011. Coordenou o Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Materiais da UPM de 2006 a 2007, tendo participado como coordenadora do processo de Reconhecimento/Recomendação do Programa pela CAPES. Foi Diretora da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie de 2011 a 2017. Atualmente é Coordenadora de Avaliação Acadêmica Institucional ?CAAI e Coordenadora da Comissão Própria de Avaliação ?CPA da Universidade Presbiteriana Mackenzie, docente do Curso de Engenharia de Materiais e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia da UPM. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Polímeros, atuando principalmente nos seguintes temas: síntese e desenvolvimento de polímeros via radiação ionizante (obtenção de hidrogéis), obtenção de compósitos poliméricos, caracterização de materiais poliméricos e reciclagem de materiais

**LEONARDO HENRIQUE DE OLIVEIRA**

Bacharelado em Engenharia Elétrica com habilitação em Sistemas Eletrônicos pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), campus sede em Juiz de Fora/MG.

**LETÍCIA SOARES SANTOS**

Técnico em Eletroeletrônica, pelo Senai Divinópolis - Completo 2014. Aprendizagem Industrial em Usinagem Mecânica, pelo Senai Divinópolis - Completo 2015. Técnico em Administração, pelo Senai Divinópolis - Completo 2016. Superior Incompleto - Engenharia Elétrica, pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais de Nepomuceno - cursando - 6º Período

**LUCA DE ALMEIDA BRITO**

Graduando em Engenharia Elétrica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia campus Vitória da Conquista (2016- Atual)

### **LUCAS VINICIOS OLIVEIRA FILGUEIRAS**

Possui graduação em Engenharia Elétrica, com aprofundamento de estudos em eletrotécnica, pela Universidade Federal de Campina Grande (2018). Concluiu projeto de Iniciação Científica no Laboratório de Eletrônica Industrial e Acionamento de Máquinas (LEIAM) com enfoque em Energia Solar Fotovoltaica. Concluiu também projeto de Iniciação Tecnológica e Industrial envolvendo Redes Elétricas Inteligentes. Participou do programa de intercâmbio BRAFITEC - Capes em Grenoble, França, onde estudou na École Nationale Supérieure de Physique, Électronique et Matériaux - PHELMA. Além disso, foi estagiário no departamento de operação da empresa Energisa Paraíba. Atualmente, é mestrando no Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará (UFC), na área de Inteligência Computacional Aplicada. Sua área de interesse envolve estudos nas áreas de Sistemas de Geração Distribuída, Fontes Renováveis de Energia Elétrica e Redes Elétricas Inteligentes.

### **LUDMILA APARECIDA DE OLIVEIRA**

Possui Curso Técnico em Eletrotécnica (2015) pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, é Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica no CEFET-MG Campus Nepomuceno, foi monitora da disciplina de Geometria Analítica e Álgebra Vetorial (2016 - 2017), atualmente participa do Programa de Educação Tutorial (PETEE CEFET Nepomuceno), no qual é bolsista, é ainda voluntária no projeto de iniciação científica "DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICOS - ESTUDO DIRECIONADO AO MUNICÍPIO DE NEPOMUCENO".

### **LUIZ ANTONIO MAGALHAES PONTES**

Graduado em Engenharia Química pela UFRJ, mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela UFRJ e doutorado em Engenharia Química pela UNICAMP. Atualmente é professor adjunto da UFBA, dedicação exclusiva, presidente do Instituto Brasileiro de Tecnologia e Regulação - IBTR, consultor ad hoc de agências de fomento e revisor de revistas nacionais e internacionais. Orienta e leciona no Programa de Pós-graduação em Engenharia Química - PPEQ - UFBA e no curso de graduação Engenharia Química da UFBA. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em petróleo e petroquímica, transformação de biomassa e meio ambiente, atuando principalmente nos seguintes temas: reações, catalisadores, combustíveis, biocombustíveis, energia e ambiente.

### **LUIZ ANTONIO PIMENTEL CAVALCANTI**

Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (2013), Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (2008) e Graduado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (2004). Atualmente Professor EBTT do Curso de Biocombustíveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) e Coordenador Institucional de Iniciação Científica e Tecnológica do IFBA, atuou como coordenador do curso de Biocombustíveis do IFBA de 2015 a 2018, no campus Paulo Afonso.

### **MARLENE JESUS SOARES BEZERRA**

Eng. elétrica-eletrônica com Pós-Doutorado em Sistemas de Gestão pelo LATEC/ Univ. Federal Fluminense - Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios & Meio Ambiente pela UFF; Doutora em Sistemas de Gestão Produção, Qualidade e Desenvolvimento Sustentável em Eng. Civil pela UFF; Mestre em Sistemas de Gestão pela UFF; Especialista em Gestão Estratégica da Qualidade em Educação; Especialista em Psicodrama Pedagógico e Organizacional; Especialista em Qualidade Total; Especialista em Docência do Ensino Médio; Especialista em Docência Superior. Trabalhou na Standard Electric S.A, IMBEL, CEFET/RJ, FAETEC/RJ, SEE/RJ, SEE/PE, FG/PE e ITEP/PE. Com experiência nas áreas de engenharia, gestão e educação, atualmente é professora adjunta, tendo atuado como vice-diretora da Unidade Univ. de Engenharia de Produção e Conselheira Universitária (CONSU) no período (2015/2017) do Centro Univ. Estadual da Zona Oeste do RJ - UEZO.

**MATHEUS CALIXTO SARAIVA**

Estudante de Graduação de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Ceará (UFC), membro do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Laticínios (NEPEL). Possui conhecimentos em BPF, APPCC, Marketing de Alimentos e Desenvolvimento de novos produtos para a indústria de alimentos. Apresentando experiência na área da docência adquirido em monitoria. Atualmente bolsista PIBIT do Laboratório de Laticínios do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFC.

**MAYARA CORDEIRO FRANÇA**

Possui graduação em Engenharia Elétrica pelo Instituto Federal da Bahia (2018). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Geração de Energia Elétrica Descentralizada. Atualmente é professora do Centro Territorial De Educação Profissional De Itaparica (CETEPI) ministrando as disciplinas de Redes de Distribuição e Máquinas Elétricas para o curso Técnico em Eletrotécnica e a disciplina Eletrohidráulica para o curso Técnico em Mecatrônica e está cursando a Especialização em Práticas Assertivas da Educação Profissional Integrada a EJA pela UFRN.

**MONIQUE SUELLEN DE LIMA E SILVA TOMAZ**

Mestranda do Mestrado Profissional em Tecnologia da Energia da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI / UPE). Graduação em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Boa Viagem (2013). Temática no ensino acadêmico por meio de aulas na área de exatas, ética, logística, processos monitoria, bem como cursos ministrados. Bolsas interesse nas áreas acadêmicas, de planejamento elétrico, Teoria dos jogos, Energia, e Planejamento Estratégico.

**NELSON ROBERTO DE ALBUQUERQUE BEZERRA**

M.Sc. em Sistemas de Gestão pela Universidade Federal Fluminense, Engenheiro Mecânico pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro "Celso Suckow da Fonseca" e com Especialização em Engenharia de Produção COPPE/ Universidade Federal do Rio de Janeiro. Mais de 37 anos de experiência em Offshore, Plantas Industriais e Construção Naval relativa a projetos nas áreas de Produção, Planejamento, Gerenciamento e Controle de Projetos. Professor na Escola Técnica Ferreira Viana, onde ministra aulas de Planejamento e Controle da Produção (PCP) e Organização e Normas (O.N). Trabalhou em empresas como Ishibras, Halliburton, G.E Energy Oil & Gás e SEA Brasil, Estaleiro Atlântico Sul e Enseada Indústria Naval. Trabalhou em projetos fora do Brasil no Japão (IHI e Kawasaki), China, Espanha e Romênia.

**NHAIARA MONTEIRO DE FARIAS LIMA**

Estudante de Graduação de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal do Ceará (UFC). Apresentando conhecimento boas práticas de fabricação, elaboração de manual, rotulagem, além de ter experiência no controle de qualidade de indústria, empresa júnior ConalimentosJr., bolsista PIBIC e PIBIT do laboratório de laticínios da UFC.

**PATRÍCIA NARJARA DE ALMEIDA JUSTINO**

Técnica em Química, graduanda em Engenharia de Materiais, com intensa vivência em uma equipe de veículo off-road (Baja). Desenvolveu pesquisas científicas na área de cerâmicas e é cofundadora da empresa júnior de engenharia de materiais TETRA Jr., da Universidade Federal de Itajubá. Atualmente é estagiária da empresa CBA Alumínio no setor de engenharia e obras.

**PAULA ANDREA GRAWIESKI CIVIERO**

Doutora em Educação Científica e Tecnológica - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Ensino de Matemática - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Especialista em Metodologia do Ensino de Matemática - Universidade do Alto Vale do Itajaí (UNIDAVI). Graduada em Ciências, habilitação plena em Matemática pela Faculdade Estadual de

Filosofia Ciências e Letras ( FAFI). Professora da Educação Básica, Técnica e Tecnológica no Instituto Federal Catarinense (IFC) - Campus Rio do Sul. Atua nas disciplinas de matemática do Ensino Médio e no Curso de Licenciatura em Matemática e cursos de Formação Continuada de Professores. Tem experiência docente na área de Matemática e Iniciação Científica. Membro da Comissão Permanente das Feiras de Matemática. Membro do Núcleo de Pesquisa em Educação Tecnológica (NEPET/UFSC) e do Grupo de Pesquisa em Educação Matemática do IFC. Linhas de pesquisa: Formação de Professores; Educação Matemática Crítica e Educação Científica e Tecnológica.

#### **PAULO AFONSO FRANZON MANOEL**

Atua como Designer Instrucional no grupo de Inteligência Artificial da Conexia e integra a equipe pedagógica da Cross Reality Sistemas. Experiência nos Ensinos Técnico e Superior, no qual foi docente (Física, Sinais e Sistemas, entre outras disciplinas), membro do Núcleo de Assessoria e Inovação Pedagógica - NAIP, do Comitê de Ética em Pesquisa - CEP, assistente e também coordenador do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário UNIFAFIBE. Mestrado em Engenharia Mecânica, pela UNESP Ilha Solteira, área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação. Graduação em Engenharia Elétrica pela UNESP Ilha Solteira. Participou da capacitação em metodologias ativas de ensino do Consórcio STHM. Interesses: avaliação em metodologias ativas e uso de tecnologia na educação.

#### **PRISCILA BRENTAN PRAXEDES PEREIRA**

Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Paraná (2013) com projeto de Reutilização de Tintas Automotivas em Cerâmicas Refratárias e graduada em Engenharia Química (UFPR) com projeto final na área de produção de etileno a partir da desidratação catalítica do etanol (Plástico Verde). Atuou como Professor Assistente da Pontifícia Universidade Católica do Paraná responsável pelas matérias de Ciência dos Materiais, Operações Unitárias IV, Instrumentação e Controle e Química Geral. Tenho experiência em treinamento técnicos, desenvolvimento de produtos, aplicações de aromas nos mais diversos alimentos, tratamento de efluentes, análises físico químicas em alimentos e bebidas em geral, manipulação de equipamentos de laboratório e registros de amostras.

#### **RAFAEL ARAÚJO DA SILVA PEREIRA**

Graduando em Engenharia Civil pelo Instituto Federal Da Bahia - Vitória Da Conquista.

#### **RODRIGO DE SOUSA E SILVA**

Possui graduação em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Federal de São João Del-Rei (2006) e mestrado em Engenharia Elétrica (Ufsj / Cefet-Mg) pela Universidade Federal de São João Del-Rei . Atualmente é professor efetivo e coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais Campus Nepomuceno. Atua nas áreas de identificação de sistemas, máquinas elétricas e eletromagnetismo.

#### **ROGÉRIO MÁXIMO RAPANELLO**

O Engenheiro Eletricista Rogério Máximo Rapanello, atualmente é Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Coordenador da Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, e Coordenador do NITE - Núcleo de Inovação Tecnológica e de Empreendedorismo do Centro Universitário UNIFAFIBE, com regime de contratação integral (40h). Mestrado em Engenharia Elétrica, pela UNESP Ilha Solteira, Área de Concentração Automação e Controle (2008). Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade de Engenharia de Barretos (2013). MBA em Gestão de Projetos em TI baseado em Metodologia ITIL e Cobit, pela Universidade de Araraquara UNIARA (2011). Graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia de Barretos (2004).

### **RONALDO COSTA SANTOS**

Químico Bacharel, Mestre em Físico-Química e Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia. Atualmente é professor adjunto da Universidade Salvador (UNIFACS) lecionando disciplinas nas áreas de Química Geral, Inorgânica, Físico-Química e Analítica. Tem experiência na área de Educação, onde desenvolveu e coordenou cursos de Graduação e Pós-Graduação na modalidade de Ensino a Distância (EaD). Como pesquisador, vem desenvolvendo projetos na área de catálise heterogênea.

### **RONAN GONÇALVES GOMES**

Fui representante de Turma por 10 períodos. Fui membro da Comissão de Formatura. Fui membro do Conselho Acadêmico da Instituição (que deliberava sobre matrizes curriculares, abertura/encerramento de cursos). Fui membro do Colegiado do Curso de Engenharia de Produção (responsável pela revisão/avaliação de provas). Publiquei artigo científico em Congresso sobre Engenharia. Fui membro do Núcleo de Pesquisas e Iniciação Científica durante os dois últimos anos da graduação, tendo desenvolvido projetos que se mostraram relevantes ao Núcleo de Pesquisas da Instituição. Trajetória Acadêmica. Realizei meu estágio curricular na própria Instituição atuando no NUPIDE (Núcleo de Pesquisas, Inovação e Desenvolvimento das Engenharias), pelo período de 04 semestres. No NUPIDE, pude desenvolver e implantar um projeto que permitiu aperfeiçoar o processo de concepção, desenvolvimento, monitoramento, e avaliação de projetos para todas as modalidades de pesquisas existentes no núcleo, com base nas premissas e metodologias do PMBOK - Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos - do PMI - Project Management Institute -, 2014. Atuei na Empresa Junior tendo participado de reuniões, visitas técnicas às empresas, workshops sobre empreendedorismo, e elaboração de planos de negócios e de planos de marketing para empresas já em funcionamento e de startups.

### **SALMO PUSTILNICK**

Engenheiro Eletricista pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2001) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná (2004). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em projeto de instalações elétricas (Predial e Industrial) e Eficiência Energética, atuando principalmente nos seguintes temas: instalações elétricas, projeto elétrico, proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) e proteção contra surtos.

### **SAMUEL DE SOUZA FERREIRA TERRA**

Cursa Engenharia Elétrica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Bolsista no grupo PET- Programa de Educação Tutorial. Possuidor de 5 menções honrosas na OBMEP (Olimpiada de Matemática das Escolas Públicas).

### **SARA LUIZA DA SILVA**

Estudante de Engenharia Elétrica pela instituição CEFET-MG campus Nepomuceno. Atualmente é bolsista do grupo PET Engenharia Elétrica e atua como voluntária no projeto de iniciação científica denominado "Estudo comparativo entre os principais componentes de Sistemas Fotovoltaicos". Foi bolsista do projeto de extensão "Abordagem do eletromagnetismo, mediante experimentos didáticos de baixo custo". Técnica em eletrotécnica pela Escola Técnica Estadual de Furnas.

### **SOLANGE DIAS DE SANTANA ALVES**

Historiadora  
Doutoranda em História Social

**STEFANE LAYANA GAFFURI**

Doutoranda em Educação Científica e Tecnológica (UFSC, 2016). Possui Licenciatura em Matemática pela Universidade Paranaense e Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática (UNIFRA). Professora e pesquisadora da Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR). Atua nas disciplinas de Matemática dos cursos de Engenharia da instituição. Tem experiência Docente na Educação Básica e no Ensino Superior. Membro do grupo de pesquisa Observatório Paranaense de Tecnologias de Informação e Comunicação e Sociedade (OPTICS) e do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica (NEPET - [www.nepet.ufsc.br](http://www.nepet.ufsc.br)). Linha de pesquisa: Ensino de Matemática, Formação de Professores, Educação Matemática Crítica.

**TALVANES MENESES OLIVEIRA**

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1987), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1989), doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (2001) e Pós-doutorado em Engenharia Elétrica pela Université Henry Poincaré - Nancy 1. Atualmente é professor associado e coordenador de controle acadêmico da Universidade Federal de Campina Grande. Prof. Talvanes é Senior Member IEEE, membro Avaliador de Cursos de Graduação e membro Acreditador de Cursos de Graduação no âmbito do Mercosul e Estados Associados do sistema e-MEC. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Eletrônica Industrial, atuando principalmente nos seguintes temas: topologias de conversores estáticos monofásicos e trifásicos, controle de fator de potência e sistemas de acionamentos e de controle de máquinas.

**TEREZINHA JOCELEN MASSON**

Bacharelado e Licenciatura em Física pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1983) e em Matemática pela Fundação Educacional de Bauru - UNESP (1972). Mestrado em Engenharia de Materiais pela Universidade Presbiteriana Mackenzie-UPM (1995) e doutorado em Engenharia de Materiais pela Universidade Presbiteriana Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Polímeros, principalmente nos seguintes temas: obtenção de compósitos poliméricos, caracterização de materiais poliméricos e reciclagem de materiais, e em Ensino DE Engenharia (Avaliação, Ensino de Física, Ensino de Engenharias e Tecnologia, Novas Tecnologias Ensino). Livros didáticos editados: Física I - Análise Dimensional e Estática; Física Geral II, Física Experimental I, Física Experimental II, Física Experimental III. Foi Coordenadora do Curso de Física da Universidade Presbiteriana Mackenzie no período de 1990 a 2006 e Vice-Diretora da Faculdade de Ciências Biológicas, Exatas e Experimentais de 2002 a 2006. Foi Diretora do Centro de Ciências e Humanidades da Universidade Presbiteriana Mackenzie de 2006 a 2011. Professora titular de Física da Universidade Presbiteriana Mackenzie, nos cursos de Física e Engenharia. Representante dos Professores na Comissão Própria de Avaliação (CPA) da UPM. É especialista para fins de avaliação do Conselho Estadual de Educação de São Paulo. Avaliadora Institucional do MEC/INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira).

**THALES PRINI FRANCHI**

Graduado em Engenharia Elétrica pela Facens - Faculdade de Engenharia de Sorocaba, Sorocaba - SP, Brasil, em 2005. Mestre em Engenharia Elétrica na área de Sistema de Potência pela USP - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Atualmente sua área de pesquisa está relacionada a Sistema de Potência, Energias Renováveis e Automação Industrial.

**THALITA CAVALCANTE RODRIGUES**

Técnica em Agroindústria, graduanda em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará - UFC. Possui conhecimentos em Engenharia, Ciência e Tecnologia de alimentos, com experiência em Microbiologia de Alimentos, Laticínios e controle de Qualidade na indústria de Alimentos. Membro do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Laticínios (NEPEL) do Departamento de Engenharia de Alimentos - UFC.

**THIAGO PRINI FRANCHI**

Graduado em Engenharia Elétrica pela Facens – Faculdade de Engenharia de Sorocaba, Sorocaba – SP, Brasil, em 2007. Mestre em Engenharia Elétrica na área de Energia Elétrica pela UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil. Atualmente sua área de pesquisa está relacionada a Sistema de Potência e Energias Renováveis.

**VALMIR DE PAULO BERNARDES JUNIOR**

Técnico em Edificações - CEFET/MG Araxá - 2013. Diretor de Projetos - Civil Jr. UFOP – 2017. Diretor Presidente - Civil Jr. UFOP – 2018. Vice-Presidente - CAEC UFOP - 2018/2019. Graduando em Engenharia Civil - UFOP

**VANESSA TEREZINHA ALES**

Professora do Eixo da Matemática da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e professora assistente da Universidade Federal do Paraná. Possui graduação em Licenciatura e Bacharelado em Matemática pela Universidade Federal do Paraná e Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia pela mesma instituição.

**VÍTOR FREITAS MENDES**

Técnico em Edificações - IFMG/Congonhas - 2014. Atual membro do grupo PET Civil UFOP. Atual membro do grupo Civil Nota 5. Graduando em Engenharia Civil - UFOP

**WALMIR BELINATO**

Possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (2007), mestrado em Física pela Universidade Federal de Sergipe (2010) e doutorado em Física pela Universidade Federal de Sergipe (2016). Atualmente é professor nível básico, técnico e tecnológico do Instituto Federal da Bahia. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada, atuando principalmente nos seguintes temas: dosimetria, método de Monte Carlo-código MCNP, ensino de física, dosimetria e física médica.

**WALTER ANTONIO BAZZO**

Engenheiro mecânico e doutor em educação na área de ciências. Desenvolve seus estudos em Educação Tecnológica com ênfase no processo civilizatório contemporâneo e nas relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Professor Titular do Departamento de Engenharia Mecânica e do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da UFSC, atua como membro do Conselho Editorial de várias revistas sobre Educação no Brasil e exterior. Publicou 10 livros (com varias edições) e mais de duzentos artigos científicos, além de alguns capítulos em livros de/com outros autores. Participou de mais de trezentos eventos entre congressos, seminários, aulas magnas e similares em âmbito nacional e internacional como palestrante. Um dos fundadores do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica (NEPET - [www.nepet.ufsc.br](http://www.nepet.ufsc.br)) é o seu atual coordenador. Desde a década de 1990, vem participando como colaborador de eventos e na elaboração de materiais didáticos na Organização dos Países Ibero-americanos (OEI).

**ZILMAR ALCÂNTARA JÚNIOR**

Possui mestrado em Engenharia Metalúrgica e graduação em Engenharia de Produção, ambos pela Universidade Federal Fluminense. Atuou entre 2010 e 2013 como engenheiro em empresas multinacionais. Desde 2013 é professor do curso de Engenharia de Produção no Centro Universitário de Barra Mansa, onde atualmente desempenha também a função de Coordenador do Núcleo de Pesquisa, Inovação e Difusão das Engenharias-NUPIDE.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7042-081-7



9 788570 420817