

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ELETRICIDADE

IASMIM ANDRADE ALMEIDA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA DISCIPLINA INSTRUMENTAÇÃO
ELETRÔNICA NO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

São Luís
2017

IASMIM ANDRADE ALMEIDA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA DISCIPLINA INSTRUMENTAÇÃO
ELETRÔNICA NO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Leonel da Costa Neto

São Luís
2017

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Almeida, Iasmim Andrade.

Uma proposta para o ensino da disciplina Instrumentação Eletrônica no Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão / Iasmim Andrade Almeida.
- 2017.

109 f.

Orientador(a): Manuel Leonel da Costa Neto.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

1. Educação em Engenharia. 2. Instrumentação Eletrônica. 3. Instrumentação Virtual. 4. Metodologias Ativas. 5. Projeto pedagógico. I. Costa Neto, Manuel Leonel da. II. Título.

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DA DISCIPLINA INSTRUMENTAÇÃO
ELETRÔNICA NO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Leonel da Costa Neto

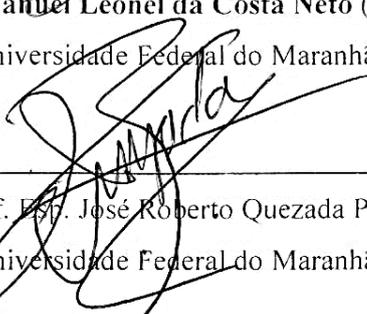
Aprovada em 26/05/2017

BANCA EXAMINADORA



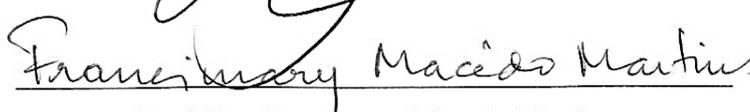
Prof. Dr. Manuel Leonel da Costa Neto (Orientador)

Universidade Federal do Maranhão



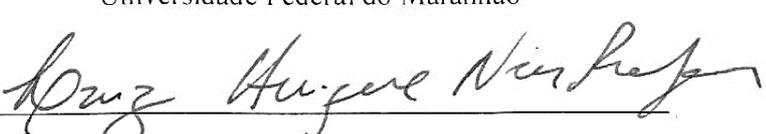
Prof. Esp. José Roberto Quezada Penã

Universidade Federal do Maranhão



Prof. Dra. Francimary Macedo Martins

Universidade Federal do Maranhão



Prof. Msc. Luiz Henrique Neves Rodrigues

Universidade Federal do Maranhão

A todos os visionários que acreditam na educação como instrumento de transformação social; em especial a meus pais, Professor Carlos Almeida e Professora Maria de Jesus, meus primeiros e mais sábios mestres.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor Jesus Cristo e à minha Santíssima Mãe, Maria de Nazaré, pela infinita misericórdia e proteção manifestadas em toda minha vida, as quais sei que não sou merecedora.

Aos meus pais Maria de Jesus e Carlos Almeida por toda a dedicação, confiança e amor sempre doados a mim incondicionalmente. Jamais poderei retribuir à altura seus esforços e renúncia pessoal em prol de permitir a realização de meus sonhos.

À minha irmã, Laysa Almeida, por seu amor e companheirismo. Nestes anos de universidade vividos longe de nossos pais, seu incentivo e preocupação de irmã, se assemelharam aos oferecidos por uma mãe a uma filha.

Ao professor Manuel Leonel da Costa Neto pela valiosa dedicação, confiança e paciência disponibilizada à orientação deste trabalho.

Ao professor José Roberto Quezada e à Professora Francimary Martins, por dispensarem parte de seu precioso tempo auxiliando o desenvolvimento deste projeto.

Aos amigos Andressa Silva, Joyce Araújo, Leandro Neves, Karliane Silva e Tarsila Moreira, que tornaram bem menos difícil minha jornada como universitária.

Aos professores, alunos, egressos e colaboradores em geral do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão, pelo esforço em mantê-lo como uma referência na formação de Engenheiros Eletricistas.

Aos demais amigos, familiares e conterrâneos da minha amada Tuntum que torceram, oraram e alegraram-se por minhas vitórias. Em especial, agradeço à família Mota Seguins, à minha madrinha Maria José Carvalho e à minha querida Maria das Graças, pela atenção e afeto entregues gratuitamente a mim e à minha família desde sempre.

“A principal meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas; não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram. Homens que sejam criadores, inventores, descobridores.”

Jean Piaget

RESUMO

O ensino de Instrumentação Eletrônica, nos últimos dez anos, tem sido reformulado constantemente em Instituições de Ensino Superior (IES), considerando as novas tecnologias e a interdisciplinaridade desta com outras disciplinas do Curso de Engenharia Elétrica. O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de atualização da ementa da disciplina Instrumentação Eletrônica pertencente ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), e principalmente, ferramentas metodológicas para apoio a seu ensino, de forma que se promova verdadeira inovação na Educação em Engenharia. Esta proposta é baseada em um estudo sobre os conteúdos ministrados em cursos de graduação em Engenharia Elétrica de IES do Brasil, Metodologias Ativas de Aprendizagem, Instrumentação Virtual e Tecnologias da Informação e da Comunicação. Os procedimentos metodológicos utilizados para elaboração desta proposta consistiram respectivamente em: filtragem quantitativa das ementas propostas para disciplinas pertencentes à área de Instrumentação Eletrônica por outros cursos de graduação em Engenharia Elétrica, com base em seu conceito CPC; estudo das propostas selecionadas; pesquisa bibliográfica sobre os temas presentes nestas; produção de uma ementa atualizada; pesquisa bibliográfica sobre métodos e materiais passíveis de serem adotados para apoio ao ensino da ementa proposta; proposição de materiais e métodos para este ensino. O resultado deste trabalho pode ser utilizado como referência para o ensino teórico e prático da disciplina Instrumentação Eletrônica.

Palavras-chave: Projeto pedagógico. Educação em Engenharia. Instrumentação Eletrônica. Instrumentação Virtual. Metodologias Ativas.

ABSTRACT

The teaching of Electronic Instrumentation, in recent years, has been reformulated, considering the new technologies and the interdisciplinary of this with other disciplines of the Electrical Engineering Course. The objective of this work is present a proposal to update the menu of Electronic Instrumentation belonging to the Undergraduate Course in Electrical Engineering of the Federal University of Maranhão (UFMA) and, mainly, methodological tools to support its teaching, so as to promote true Innovation in Engineering Education. This proposal is based on a study on the content taught in undergraduate courses in Electrical Engineering in Brazil, Active Learning Methodologies, Virtual Instrumentation and Information and Communication Technologies. The methodological procedures used to elaborate this proposal consisted respectively in: quantitative filtering of the proposed proposals for disciplines belonging to the Electronic Instrumentation area by other undergraduate courses in Electrical Engineering, based on its CPC concept; study of selected proposals; bibliographic research on the themes present in these; production of an updated menu; bibliographic research on methods and materials that can be adopted to support the teaching of the proposed menu; proposition of materials and methods for this teaching. The result of this work can be used for the theoretical-practical teaching of the Electronic Instrumentation discipline.

Keywords: Pedagogical project. Engineering Education. Electronic Instrumentation. Virtual Instrumentation. Active Methodologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de organização deste trabalho	20
Figura 2 – Etapas de aprendizagem no modelo de sala de aula tradicional e invertido	47
Figura 3 – Exemplos de habilidades desenvolvidas no método ABProj	49
Figura 4 – Exemplo de simulação computacional	51
Figura 5 – Equipamentos que constituem o Laboratório de Instrumentação Virtual	58
Figura 6 – NI ELVIS II <i>workstation</i> com <i>prototyping board</i> acoplada.....	60
Figura 7 – Exemplos de <i>add-ons</i> acoplados à NI ELVIS II <i>workstation</i>	60
Figura 8 – NI ELVISmx <i>Instruments Launcher</i>	61
Figura 9 – LabVIEW <i>Front Panel</i>	65
Figura 10 – LabVIEW <i>controls palette</i>	65
Figura 11 – LabVIEW <i>Block Diagram</i>	66
Figura 12 – LabVIEW <i>functions palette</i>	66
Figura 13 – LabVIEW <i>Front Panel</i>	89
Figura 14 – LabVIEW <i>Block Diagram</i>	89
Figura 15 – Hardware NI ELVIS.....	91
Figura 16 – NI ELVISmx <i>Instruments Launcher</i>	91
Figura 17 – Circuito básico para medição de temperatura com um sensor LM35	92
Figura 18 – Passo 8.1.2 do Apêndice C	94
Figura 19 – Passo 8.1.3 do Apêndice C	96
Figura 20 – Passo 8.1.4 do Apêndice C	96
Figura 21 – Passo 8.1.5 do Apêndice C	97
Figura 22 – Passo 8.1.6 parte 1, do Apêndice C.....	98
Figura 23 – Passo 8.1.6 parte 2, do Apêndice C.....	98
Figura 24 – Passo 8.1.8 do Apêndice C	99
Figura 25 – Passo 8.1.9 parte 1 do Apêndice C.....	100
Figura 26 – Passo 8.1.9 parte 2 do Apêndice C.....	101
Figura 27 – Passo 8.1.9 parte 3 do Apêndice C.....	101
Figura 28 – Passo 8.1.10 parte 1, do Apêndice C.....	102
Figura 29 – Passo 8.1.10 parte 2, do Apêndice C.....	102
Figura 30 – Passo 8.2.1 parte 1, do Apêndice C.....	104
Figura 31 – Passo 8.2.1 parte 2, do Apêndice C.....	105
Figura 32 – Passo 8.2.3 do Apêndice C	106

Figura 33 – Passo 8.2.4 parte 1, do Apêndice C.....	107
Figura 34 – Passo 8.2.4 parte 2, do Apêndice C.....	108
Figura 35 – Passo 8.2.4 parte 2, do Apêndice C.....	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Programa atual da disciplina de Instrumentação Eletrônica	21
Quadro 2 – Ementa proposta para disciplina Instrumentação Eletrônica	28
Quadro 3 – Áreas avaliadas pelo CPC do ano de 2014, com seus respectivos códigos	78
Quadro 4 – Programa atual da disciplina Eletrônica II.....	80
Quadro 5 – Programa atual da disciplina Laboratório de Eletrônica II	81
Quadro 6 – IES cujas matrizes curriculares de seus cursos de Engenharia Elétrica foram utilizados como base para elaboração da ementa proposta para a IE (Grupo 3)...	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição da nota contínua do CPC	24
Tabela 2 – Faixas de conversão do NCPC ao CPC	25
Tabela 3 – Grupos de UOs formados nas etapas de levantamento de dados	26
Tabela 4 – Quantidade de UOs em cada faixa do CPC no ano de 2014 (área 5806)	27
Tabela 5 – Presença dos temas propostos nas ementas dos cursos da IES consultadas	29

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABNT	–	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	–	<i>Alternating Current</i>
ABProj	–	Aprendizagem Baseada em Projetos
BNC	–	<i>Bayonet Neill Concelman</i>
CAD	–	Conversão Analógico Digital
CAPES	–	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CDA	–	Conversão Digital Analógica
CONAES	–	Comissão Nacional de Avaliação da Educação Superior
CONMETRO	–	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
CPC	–	Conceito Preliminar de Curso
DC	–	<i>Direct Current</i>
ELVIS	–	<i>Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite</i>
Enade	–	Exame Nacional de Desempenho de Estudantes
IE	–	Disciplina Instrumentação Eletrônica do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão
IES	–	Instituições de Ensino Superior
INEP	–	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
INMETRO	–	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	–	<i>International Organization for Standardization</i>
LabVIEW	–	<i>Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench</i>
LED	–	<i>Light Emitting Diode</i>
MEC	–	Ministério da Educação
NCPC	–	Nota contínua do Conceito Preliminar de Curso
NI	–	National Instruments
OIML	–	<i>Organisation Internationale de Métrologie Légale</i>
RMS	–	<i>Root Mean Square</i>
SAD	–	Sistema de Aquisição de Dados
TICs	–	Tecnologias da Informação e Comunicação
UO	–	Unidade de Observação
UFMA	–	Universidade Federal do Maranhão
VI	–	<i>Virtual Instrument</i>
VIM	–	Vocabulário Internacional de Metrologia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivos	18
1.1.1	Geral.....	18
1.1.2	Específicos.....	18
1.3	Organização do Trabalho	18
2	O ENSINO DA INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA NAS IES DO BRASIL	21
2.1	O atual programa de ensino da disciplina Instrumentação Eletrônica no Curso de Engenharia Elétrica da UFMA.....	21
2.2	Metodologia de levantamento de dados sobre o ensino de Instrumentação Eletrônica	22
2.2.1	O Conceito Preliminar de Curso (CPC)	22
2.2.1.1	Aspectos Gerais	22
2.2.1.2	Cálculo do Conceito Preliminar de Curso	23
2.3	Levantamento de Dados.....	25
2.3.1	Etapa 1: Seleção dos currículos a serem avaliados	26
2.3.2	Etapa 2: Levantamento das características de ensino das UOs	27
2.4	A ementa proposta	28
3	DESCRIÇÃO DA EMENTA PROPOSTA	31
3.1	Princípios de metrologia	31
3.1.1	Objetivo	31
3.1.2	Apresentação do tema	32
3.2	Instrumentos e medições de grandezas elétricas	33
3.2.1	Objetivo	34
3.2.2	Apresentação do tema	34
3.3	Condicionamento de sinais analógicos	36
3.3.1	Objetivo	36
3.3.2	Apresentação do tema	37
3.4	Aquisição de sinais	38
3.4.1	Objetivo	39
3.4.2	Apresentação do tema	39

3.5	Medição de grandezas não elétricas	41
3.5.1	Objetivo	41
3.5.2	Apresentação do tema	41
4	MATERIAIS E MÉTODOS PROPOSTOS PARA O ENSINO DA IE.....	44
4.1	Apresentação das modelos ativos propostos	46
4.1.1	<i>Flipped Classroom</i> (Sala de aula Invertida)	46
4.1.2	Aprendizagem baseada em projetos.....	48
4.1.3	Simulações computacionais.....	50
4.2	Metodologia de ensino proposta.....	53
4.3	Materiais de apoio ao ensino da IE – TICs	55
4.4	Materiais de apoio ao ensino da IE: A Plataforma de Instrumentação Virtual	56
4.4.1	Requisitos de uma plataforma de instrumentação virtual para o ensino da ementa proposta	56
4.4.2	A Plataforma de Instrumentação Virtual proposta	57
4.4.2.1	NI ELVIS II	58
4.4.2.2	LabVIEW	63
4.5	Exemplo de aplicação da metodologia e materiais de ensino propostos	67
4.6	Resultados esperados na implementação da metodologia de ensino proposta	69
5	CONCLUSÕES.....	71
5.1	Trabalhos futuros.....	72
	REFERÊNCIAS	73
	ANEXOS.....	77
	ANEXO A – Áreas avaliadas pelo CPC do ano de 2014	78
	ANEXO B – Informações sobre a disciplina Eletrônica II do Curso de Engenharia Elétrica da UFMA	80
	ANEXO C – Informações sobre a disciplina Laboratório de Eletrônica II do Curso de Engenharia Elétrica da UFMA.....	81
	APÊNDICES	82
	APÊNDICE A – Referências utilizadas para pesquisa da ementa proposta.....	83
	APÊNDICE B – IES correspondentes às UOs pertencentes ao Grupo 3	86

APÊNDICE C – Exemplo de um roteiro de experimento para estudo da parte prática da
IE. 87

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de efetuar medições acompanha o ser humano há milhares de anos, de modo que muitas técnicas de medição vêm evoluindo e surgindo ao longo desta trajetória.

Basicamente, medição é o processo de quantificar algo; seja para monitoração, controle ou mesmo regulação de processos e fenômenos físicos; assim, o ato de medir pode então, ser definido como um procedimento experimental através do qual o valor momentâneo de uma determinada grandeza física é quantificado como um múltiplo e/ou uma fração de uma unidade, a qual é estabelecida por um padrão e reconhecida internacionalmente (ALBERTAZZI G. Jr.; SOUZA, 2008).

A Metrologia é a ciência da medição (BALBINOTI; BRUSAMARELLO, 2011) e, conforme o Vocabulário Internacional de Metrologia (INMETRO, 2012), um instrumento de medição consiste em um dispositivo utilizado para realizar medições, quer seja individualmente, ou associado a um ou mais dispositivos complementares. Acrescenta-se que um sistema de medição é um conjunto de dispositivos (sensores, circuitos, cabos, visores, equações, programas de computador etc.) cujo objetivo é fornecer informação sobre o valor da grandeza física que se deseja medir, ou seja, sobre o mensurando (AGUIRRE, 2013).

Segundo Balbinot e Brusamarello (2010) as técnicas experimentais têm mudado profundamente nos últimos anos devido ao desenvolvimento de instrumentos eletrônicos e controles inteligentes de processo. Essa tendência deve se manter e para atender à demanda o usuário deve estar familiarizado com os princípios básicos destes instrumentos e as ideias que governam o seu desenvolvimento e utilização.

A instrumentação eletrônica compreende o projeto, construção, teste e especificação das técnicas e instrumentos utilizados para medições de grandezas elétricas; de modo que estes não afetem ou, em último caso, causem um impacto mínimo à dinâmica original dos circuitos sobre o qual se deseja efetuar estas medições (BIAGIONI, 2014; VASCONCELOS *et al*, 2010). Assim, percebe-se que a instrumentação eletrônica está presente em várias áreas do conhecimento e tem, na Engenharia Elétrica, função de destaque considerando não somente a aquisição, o condicionamento e a medição de grandezas elétricas e físicas em geral; mas também a sua interação com controle e automação e com a instrumentação biomédica, mecânica, química e industrial, por exemplo.

Com relação à disciplina Instrumentação Eletrônica (IE) proposta pelo Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão, esta trata dos fundamentos de instrumentos e procedimentos envolvidos nos processos de medição de

grandezas elétricas. O atual programa da IE apresenta uma parte da carga horária destinada à teoria e outra à prática, esta última reservada à realização de experimentos correlacionados ao conteúdo programático.

Entretanto, observa-se que o programa atual, constante no projeto pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UFMA, de junho de 2006, carece de uma certa atualização, considerando-se que várias tecnologias foram desenvolvidas ao longo da última década e portanto, merecem ser abordadas na atualidade. Acrescenta-se ainda, que ultimamente várias Instituições de Ensino Superior estão recorrendo à utilização de métodos de ensino não tradicionais, com foco em oferecer uma formação que permita ao aluno um aprendizado multidisciplinar, que se reflita na otimização de seu aprendizado e no desenvolvimento de suas potencialidades (ROCHA; LEMOS, 2014). Uma proposta de como isto pode ser feito é através do uso de Metodologias Ativas de aprendizagem, que são essencialmente métodos de ensino em que é possibilitado ao aluno participar ativamente, contribuir e ter mais autonomia sobre seu processo de aprendizagem (SANTOS; PASSOS, 2016).

Assim, pretende-se neste trabalho apresentar uma proposta de mudança da ementa da disciplina Instrumentação Eletrônica do Curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão e de ferramentas metodológicas de apoio a seu ensino; a qual contemple um plano de ensino teórico-prático, atualizado, afinado com as atuais demandas de profissionalização dos Engenheiros Eletricistas e fundamentado em Metodologias Ativas de aprendizagem, e no uso de Instrumentação Virtual e em Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs).

A base para a proposição desta ementa e, conseqüentemente, da proposta deste trabalho, consistiu em um estudo sobre o ensino de instrumentação eletrônica em cursos de graduação em Engenharia Elétrica de outras Instituições de Ensino Superior do Brasil; os quais foram selecionados com base em seu “Conceito Preliminar de Curso (CPC)”, um indicador de qualidade de cursos de graduação do Brasil, que é inclusive utilizado pelo Ministério da Educação (INEP, 2015a).

O estudo obtido ao final deste trabalho pode tornar-se mais uma opção metodológica para melhorar o aprendizado dos alunos, haja vista a possibilidade da aplicação dos conhecimentos abordados pela proposta aqui apresentada em diversas situações na área de atuação profissional.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Apresentar uma ementa atualizada para a disciplina Instrumentação Eletrônica do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão e propostas metodológicas de apoio a seu ensino.

1.1.2 Específicos

- Apresentar um estudo sobre os perfis de ensino atuais de Instrumentação Eletrônica (IE) dentro de cursos de graduação em Engenharia Elétrica de IES brasileiras;
- Produzir uma ementa atualizada para a disciplina Instrumentação Eletrônica, com base nas ementas adotadas pelas IES analisadas;
- Apresentar estratégias metodológicas de ensino-aprendizagem para IE que contemplem o uso de Metodologias Ativas de aprendizagem, Instrumentação Virtual e Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs);
- Aprofundar o estudo de recursos disponíveis nas ferramentas LabVIEW e NI ELVIS II para a IE.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho apresenta a seguinte estrutura:

No Capítulo 1 é feita uma apresentação do problema de revisão da ementa da IE, bem como, de suas metodologias de ensino; justificando assim o projeto desenvolvido neste trabalho e onde são expostos suas motivações e objetivos.

No Capítulo 2 é feito um estudo sobre o ensino de instrumentação eletrônica em cursos de Engenharia Elétrica de outras Instituições de Ensino Superior do Brasil e apresentada a metodologia de pesquisa utilizada para fundamentar a ementa proposta por este trabalho.

No Capítulo 3, são apresentados os temas pertencentes a ementa proposta; através de uma descrição resumida dos mesmos, da exposição de seus objetivos de ensino e das habilidades as quais espera-se que sejam adquiridas pelo aluno ao final da abordagem de cada um destes temas.

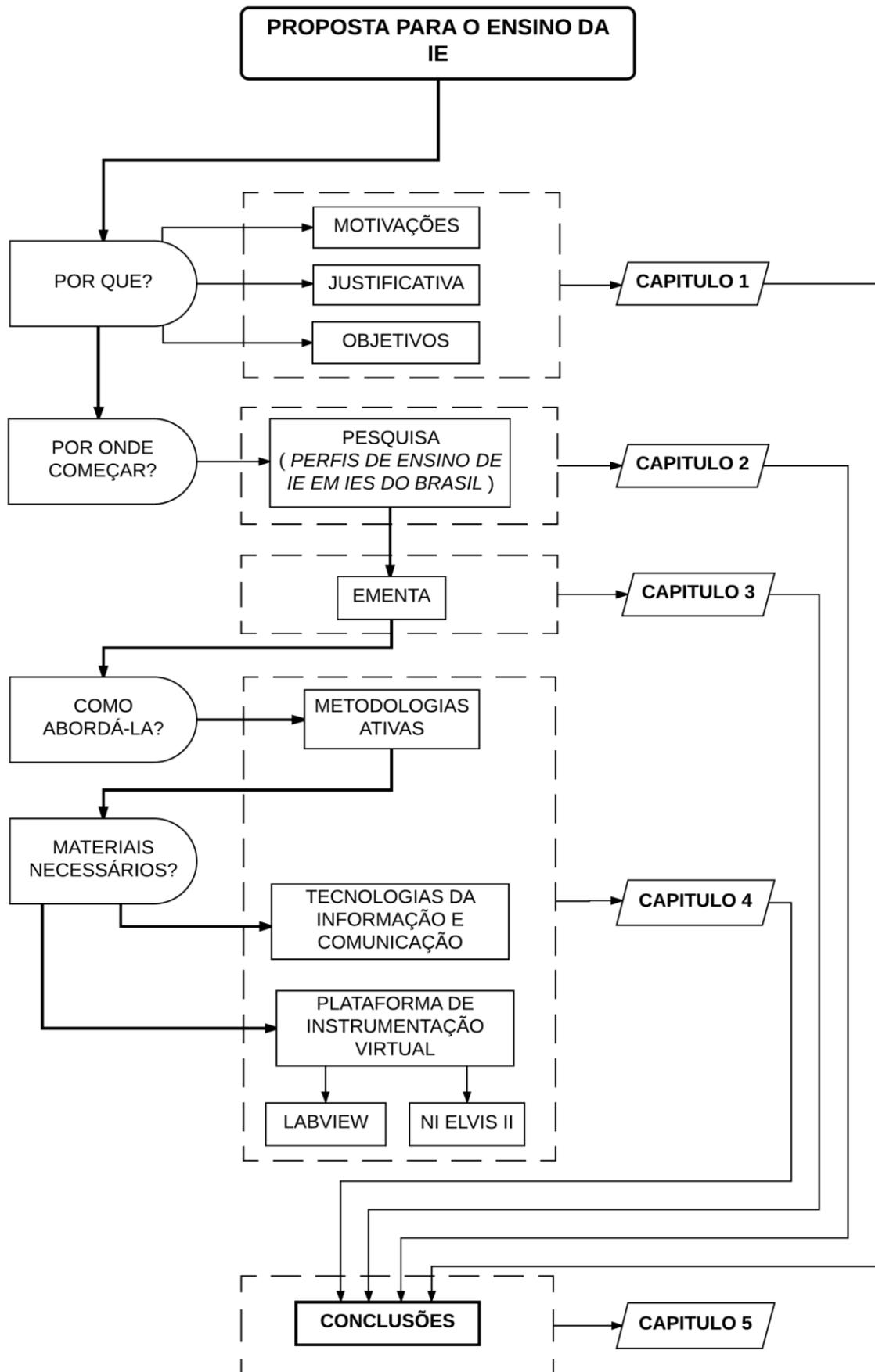
No Capítulo 4 é realizada uma reflexão sobre a aplicabilidade de Metodologias Ativas

de Aprendizagem, Instrumentação Virtual e TICs como ferramentas de apoio ao ensino da IE.

No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões oriundas deste trabalho.

A Figura 1 apresenta um fluxograma que demonstra como este trabalho se organiza, expondo cada um dos principais temas que são trabalhados ao longo dos capítulos e como estes se interrelacionam.

Figura 1 – Fluxograma de organização deste trabalho



Fonte: Elaborado pela autora.

2 O ENSINO DA INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA NAS IES DO BRASIL

Como já observado, um dos objetivos primários deste trabalho é o de produzir uma ementa atualizada para a IE que contemple conteúdos teóricos e práticos, observando inicialmente as tendências de ensino de instrumentação eletrônica propostas e praticadas pelas melhores Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras em seus cursos de graduação em Engenharia Elétrica, não se abstendo de ter também como meta a aplicabilidade prática desta sobre o que é exigido de conhecimento aos profissionais de Engenharia Elétrica no mercado de trabalho.

Soma-se a estas propostas também, incorporar a este ensino o uso de Instrumentação Virtual, de modo a seguir as tendências impostas pela evolução tecnológica experimentada ao longo da última década.

2.1 O atual programa de ensino da disciplina Instrumentação Eletrônica no Curso de Engenharia Elétrica da UFMA

A disciplina Instrumentação Eletrônica atualmente faz parte do quadro de disciplinas optativas pertencente à ênfase de Automação e Controle do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão e tem como pré-requisito de acesso, a conclusão da disciplina Eletrônica II (UFMA, 2006). O Quadro 1 apresenta um resumo do programa proposto para disciplina de Instrumentação Eletrônica pelo projeto pedagógico atual.

Quadro 1 - Programa atual da disciplina de Instrumentação Eletrônica

Disciplina: Instrumentação Eletrônica		
Carga horária	Tipo	Pré-requisito
90 h/a, as quais 60 h/a são teóricas e 30 h/a práticas.	Optativa, pertencente ao 9º semestre e à ênfase Automação e Controle.	Disciplina Eletrônica II
Ementa		
<ol style="list-style-type: none"> 1 Descrição funcional e características gerais de instrumentos; 2 Transdutores de medição; 3 Amplificadores para instrumentação; 4 Técnicas analógicas e digitais em instrumentação de medidas de tempo e frequência; tensão e corrente; admitância, impedância e parâmetros elétricos em geral; 5 Práticas e Simulações. 		

Fonte: Adaptado de UFMA, 2006.

2.2 Metodologia de levantamento de dados sobre o ensino de Instrumentação Eletrônica

Para realizar o levantamento de dados sobre o ensino de instrumentação eletrônica oferecido pelas IES brasileiras, foi utilizado um índice conhecido como “Conceito Preliminar de Curso” (CPC), um indicador de qualidade de cursos de graduação utilizado pelo MEC (INEP, 2015a). O uso deste indicador se justifica pela necessidade de filtrar quantitativamente as propostas de ensino das IES, considerando que no ano de 2014, de acordo com o INEP (s.d.), um montante de 281 cursos pertencentes à área de enquadramento “Engenharia Elétrica” foram avaliados por este conceito, o que tornaria inviável um estudo detalhado do currículo de todos estes.

Sendo assim, considerando o conceito CPC, foram estudados os programas de cursos de graduação em Engenharia Elétrica que apresentaram conceito CPC 4 e 5, os quais assim como os de conceito 3, são considerados cursos com desempenhos satisfatórios, segundo o Ministério da Educação (BRASIL, 2008): atualmente a Universidade Federal do Maranhão apresenta conceito 3 (INEP, s.d.).

2.2.1 O Conceito Preliminar de Curso (CPC)

2.2.1.1 Aspectos Gerais

Conforme já citado, O CPC é um indicador utilizado para estimar a qualidade de cursos de graduação no qual são avaliados diferentes características sobre a formação oferecida por estes cursos, e que são agrupadas em três dimensões principais: desempenho dos estudantes, características do corpo docente, e condições oferecidas para o desenvolvimento do processo formativo, as quais serão melhor detalhadas no item “2.2.1.2” (INEP, 2015a).

A faixa de valores do CPC varia em uma escala discreta de 1 (um) a 5 (cinco), na qual: Cursos com conceitos 1 (um) e 2 (dois) são considerados de desempenho insatisfatório, cursos com conceito 3 (três) e 4 (quatro) são considerados com desempenho satisfatório; cursos com conceito 5 (cinco) são considerados cursos de excelência, servindo de referência para os demais cursos (MEC, s.d.; BRASIL, 2008).

Em relação a seu cálculo, este é realizado conforme orientações técnicas aprovadas pela Comissão Nacional de Avaliação da Educação Superior – CONAES (INEP, 2015b).

Aqui convém destacar que os resultados do CPC, que estão sendo considerados neste trabalho, foram colhidos no ano de 2014 e regidos pela “Nota Técnica DAES/INEP nº 58/2015”, portanto atualmente são os mais recentes para cursos de Engenharia Elétrica.

O CPC do ano de 2014 foi calculado por “Unidade de Observação” – UO, como é chamada pelo INEP um conjunto de cursos que compõe uma área de avaliação específica (as avaliadas no ano de 2014 estão no Anexo A) do Enade, de uma mesma Instituição de Educação Superior (IES) em um determinado município (INEP, 2015a).

2.2.1.2 Cálculo do Conceito Preliminar de Curso

Neste item (2.2.1.2) serão apresentadas algumas considerações sobre os aspectos avaliados por este indicador, bem como, sobre seu cálculo; conforme a Nota Técnica DAES/INEP nº 58/2015 (INEP, 2015a).

A nota relativa à dimensão “desempenho dos estudantes” leva em consideração:

- A “Nota dos concluintes no Enade”: Que se refere à nota do desempenho dos estudantes no exame Enade (de 2014), pertencentes à unidade de observação avaliada;
- A “Nota do indicador da diferença entre os desempenhos observado e esperado”: Que basicamente busca aferir o valor efetivamente agregado pelo curso ao desenvolvimento dos estudantes; assim, seu cálculo considera tanto o desempenho dos estudantes no Enade, como as características de desenvolvimento destes ao ingressar no curso de graduação avaliado.

A nota relativa à dimensão “corpo docente” leva em consideração:

- A “Nota de proporção de mestres”: Que observa a proporção de docentes com título igual ou superior a Mestre (em relação ao número total de docentes vinculados à Unidade de Observação) obtido ou validado por programa de pós-graduação *stricto sensu* reconhecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);
- A “Nota de proporção de doutores”: Que observa a proporção de docentes com o título de Doutor, obtido ou validado por programa de pós-graduação *stricto sensu* reconhecido pela CAPES;
- A “Nota de regime de trabalho”: Que observa a proporção de professores com regime de trabalho parcial ou integral da UO, em relação ao número total de docentes vinculados à UO.

Por fim, a nota relativa à dimensão “percepção discente sobre as condições do processo formativo” é obtida através das respostas presentes em um questionário socioeconômico respondido pelos concluintes quando da realização do Enade. Os itens presentes neste questionário são julgados em escala *Likert* e abordam as seguintes questões:

- Organização didático pedagógica do curso;
- Infraestrutura e instalações físicas do curso;
- Oportunidades de ampliação da formação acadêmica e profissional.

Na Tabela 1 podem ser consultados os pesos de cada uma das notas das dimensões apresentadas sobre a nota contínua do CPC (chamado de NCPC). O NCPC é uma nota primária dada em escala contínua, que serve como base para o cálculo do conceito CPC efetivo, dado em escala discreta.

Tabela 1 - Composição da nota contínua do CPC

Dimensão	Componentes	Pesos	
		P1 ¹	P2 ²
Desempenho dos estudantes	Nota dos concluintes no Enade.	20,0 %	55,0%
	Nota do indicador da diferença entre os desempenhos observado e esperado.	35,0 %	
Corpo docente	Nota de proporção de Mestres.	7,5%	30,0%
	Nota de proporção de Doutores.	15,0%	
	Nota de Regime de Trabalho.	7,5%	
Percepção discente sobre as condições do processo formativo	Nota referente à organização didático pedagógica do curso.	7,5%	15,0%
	Nota referente à infraestrutura e instalações físicas do curso.	5,0%	
	Nota referente às oportunidades de ampliação da formação acadêmica e profissional.	2,5%	

Fonte: INEP, 2015a, p. 22.

Notas. 1: Peso da componente sobre a nota NCPC;

2: Peso da dimensão sobre a nota NCPC.

A Tabela 2 apresenta as faixas de conversão do NCPC que são equivalentes a cada conceito CPC.

Ainda sobre o cálculo destes indicadores, é pertinente apresentar duas observações.

- Segundo o INEP (2015a, p.22) “As unidades de observação com NCPC maior ou igual a “3,945” obterão o valor máximo do CPC (faixa igual a 5) somente se tiverem nota maior que “0,945” em todos os componentes. Caso contrário, mesmo obtendo NCPC maior ou igual a “3,945”, a unidade de observação terá CPC igual a 4 (quatro).”
- O CPC “[...] é calculado para as unidades de observação que possuam no mínimo 2 (dois) estudantes concluintes participantes no ENADE. Com isso, as unidades de observação que não atendam a este critério ficam na condição de “Sem Conceito - SC” (INEP, 2015a, p.22).

Tabela 2 - Faixas de conversão do NCPC ao CPC

CPC	NCPC
1	$0 \leq \text{NCPC} < 0,945$
2	$0,945 \leq \text{NCPC} < 1,945$
3	$1,945 \leq \text{NCPC} < 2,945$
4	$2,945 \leq \text{NCPC} < 3,945$
5	$3,945 \leq \text{NCPC} \leq 5$

Fonte: INEP, 2015a, p. 23.

2.3 Levantamento de Dados

Para facilitar o entendimento do levantamento de dados a respeito do ensino de instrumentação eletrônica em outras IES do Brasil, este será apresentado em forma de etapas, cujos grupos formados ao longo de cada uma estão especificados na Tabela 3.

Antes de prosseguir com a descrição destas etapas, é importante apresentar algumas observações:

- A classificação das UOs pertencentes ao grupo 1, baseou-se no documento CPC 2014, publicado pelo INEP, cujo endereço de acesso pode ser consultado nas referências.
- A classificação das UOs pertencentes ao grupo 2, baseou-se em consulta realizada na plataforma *e-MEC*, cujo endereço de acesso pode ser consultado nas referências. Como parâmetros de busca utilizou-se o seguinte caminho de acesso: Escolheu-se a opção “Consulta Textual”, em seguida a opção “Nome do Curso”, por fim foi digitado “Engenharia Elétrica”.

- A classificação das UOs pertencentes aos grupos 3 e 4, baseou-se nas informações encontradas sobre as UOs do grupo 2, através de consulta online realizada nos sites oficiais das IES correspondentes.
- Os documentos relativos às UOs do grupo 3, utilizados como base para elaboração da ementa proposta neste trabalho, estão listados no Apêndice A. A relação das IES correspondentes às UOs do grupo 3 pode ser consultada no Apêndice B.

Tabela 3 - Grupos de UOs formados nas etapas de levantamento de dados

Grupo ¹	NUOs ²	Descrição
1	50	UOs pertencentes à grande área de Engenharia Elétrica, que apresentaram nota CPC 4 ou 5 no ano de 2014.
2	45	UOs do grupo 1 com ao menos um curso denominado “Engenharia Elétrica” avaliado.
3	16	UOs do grupo 2 cujos planos de ensino de disciplinas (consideradas compatíveis com a temática de Instrumentação Eletrônica) pertencentes a seus cursos de Engenharia Elétrica, foram utilizados como base para elaboração da ementa proposta por este trabalho.
4	15	UOs do grupo 3, as quais ao menos uma destas referidas disciplinas, fazia parte da carga horária obrigatória do currículo do curso.

Fonte: Elaborado pela autora.

Notas. 1: Grupo de UOs formados ao longo das etapas de levantamento de dados;

2: Quantidade de Unidades de Observação em cada grupo.

2.3.1 Etapa 1: Seleção dos currículos a serem avaliados

Como citado no item 2.2.1, o CPC avalia os cursos de graduação por área de avaliação específica do Enade, sendo assim, são considerados cursos pertencentes a área de avaliação “Engenharia Elétrica” (área 5806), tanto cursos denominados como Engenharia Elétrica quanto outros cursos de Engenharia (como por exemplo, os denominados como Engenharia Eletrônica) que apresentam enquadramento nesta área no Sistema Enade. A Tabela 4 apresenta um demonstrativo a respeito da avaliação das UOs, no ano de 2014, em relação a área de avaliação “Engenharia Elétrica”.

Em relação ao montante total de 218 (duzentos e dezoito) UOs avaliadas pelo CPC para a grande área de Engenharia Elétrica no ano de 2014; 22,94% destas (que equivalem ao grupo

1) apresentaram conceitos 4 (quatro) ou 5 (cinco).

Considerando o objetivo primário deste trabalho, na pesquisa realizada (para a proposição de nova ementa para a IE) escolheu-se considerar apenas os programas (das disciplinas) dos cursos denominados como Engenharia Elétrica. Sendo assim, em números: Um total de 90% das UOs pertencentes ao grupo 1 apresentavam cursos denominados, efetivamente, como “Engenharia Elétrica”; são estas as UOs que formam o grupo 2.

Tabela 4 - Quantidade de UOs avaliadas em cada faixa do CPC no ano de 2014 (área 5806)

CPC	N ¹	N% ²
5	3	1,38
4	47	21,56
3	123	56,42
2	31	14,22
SC ³	14	6,42
Total de UOs avaliadas:		218

Fonte: Adaptado de INEP (s.d.).

Notas: 1: Quantidade de Unidades de Observação em cada faixa de CPC;

2: Porcentagem de Unidades de Observação em cada faixa de CPC em relação ao total de UOs avaliadas;

3: UOs Sem Conceito ou que não tiveram seu CPC divulgado.

2.3.2 Etapa 2: Levantamento das características de ensino das UOs

A partir de então foi realizada uma pesquisa sobre a matriz curricular aplicada nos cursos das UOs pertencentes ao grupo 2, com o objetivo de encontrar informações sobre o plano de ensino de disciplinas ligadas à temática de Instrumentação Eletrônica.

Com base nas informações encontradas, foram selecionadas as UOs que tiveram seus planos de ensino utilizados como base para elaboração da ementa proposta neste trabalho. São estas as UOs que formam o grupo 3 (aproximadamente 35,56% das UOs do grupo 2).

Nas outras 64,44% UOs do grupo 2, os dados sobre sua matriz curricular e planos de ensino não foram encontradas (parcialmente ou totalmente), ou mesmo não foi possível localizar todas as informações necessárias para os estudos realizados neste trabalho; o que as impossibilitou de serem considerados nesta proposta de programa para a IE.

Em 93,75% das UOs do grupo 3, ao menos uma das disciplinas, consideradas por este trabalho compatíveis com a temática de Instrumentação Eletrônica, era pertencente à carga horária obrigatória do curso; são estas as UOs que formam o grupo 4.

2.4 A ementa proposta

A ementa para a disciplina de Instrumentação Eletrônica proposta neste trabalho, levou em consideração o levantamento realizado sobre os documentos relativos às disciplinas ligadas à temática de Instrumentação Eletrônica, nas UOs pertencentes ao grupo 3 (descrito no item 2.3.2). Esta ementa está apresentada no Quadro 2 e será melhor detalhada no Capítulo 3 deste trabalho.

Em relação à escolha dos seis temas presentes na ementa, esta se deu observando dois critérios:

- Contemplar os temas mais recorrentes nos cursos que tiveram seus programas estudados;
- Contemplar tendências tecnológicas no campo de Instrumentação Eletrônica.

Quadro 2 - Ementa proposta para disciplina Instrumentação Eletrônica

Disciplina: Instrumentação Eletrônica		
Carga horária	Tipo	Pré-requisito
90 h/a, as quais 60 h/a são teóricas e 30 h/a Práticas	Obrigatória, pertencente ao 8º semestre	Disciplina Laboratório de Eletrônica II
Ementa		
1 Princípios de metrologia; 2 Instrumentos e medições de grandezas elétricas; 3 Condicionamento de sinais analógicos; 4 Aquisição de sinais; 5 Medições de grandezas não elétricas; 6 Realização de experimentos em plataforma de instrumentação virtual.		

Fonte: Elaborado pela autora.

A Tabela 5 apresenta uma estimativa percentual a respeito da presença da ementa proposta no total de programas pesquisados (pertencentes às UOs do grupo 3), com base em análise realizada pela autora sobre os documentos publicados pelas IES correspondentes.

No Capítulo 3, cada um destes cinco tópicos é apresentado separadamente, visando refletir sua aplicabilidade no cotidiano do profissional de Engenharia Elétrica e complementando as ideias expostas no Capítulo 1.

É importante destacar que as propostas presentes nos Capítulos 2 e 3 se tratam de sugestões para a IE e que foram elaboradas com base nos estudos realizados nas disciplinas dos

currículos de cursos de Engenharia Elétrica em outras IES do Brasil, ficando a critério dos professores e/ou da UFMA segui-las ou acrescentar outras sugestões as quais jugue pertinentes no conteúdo programático da IE.

Tabela 5– Presença dos temas propostos nas ementas dos curso da IES consultadas

Conteúdo:	NUOs¹	NUOs %²
Princípios de metrologia	12	75,00
Instrumentos e medições de grandezas elétricas	10	62,50
Condicionamento de sinais analógicos	14	87,50
Aquisição de sinais	9	56,25
Medições de grandezas não elétricas	15	93,75
Total de UOs pertencentes ao grupo 3		16

Fonte: Elaborado pela autora.

Notas. 1: Número de UOs que abordam o conteúdo;

2: Porcentagem de IES que abordam o conteúdo entre o total do Grupo 3.

Em relação às outras propostas presentes no Quadro 2, algumas explicações são necessárias:

- Optou-se por sugerir uma manutenção da carga horária atual da disciplina (90 horas-aula), considerando a necessidade de manutenção de um programa teórico e prático;
- A ementa atual da IE está presente na ementa proposta, no entanto esta é um pouco mais abrangente que aquela, englobando temáticas, sobretudo em relação a metrologia e grandezas não elétricas, que não estão previstas serem exploradas atualmente no programa da IE;
- Sugere-se que a disciplina passe a fazer parte do elenco de disciplinas obrigatórias do curso, considerando a relevância dos temas abordados por esta e a tendência observada nas IES analisadas, as quais como já citado, em sua maioria, os tratam em disciplinas obrigatórias;
- Devido à complexidade dos temas abordados e sua característica prática e experimental, sugere-se a mudança do pré-requisito da disciplina, antes sendo a disciplina Eletrônica II (disciplina com carga horária apenas teórica), para a disciplina Laboratório de Eletrônica II (que prevê realização de projetos, simulações

e práticas no âmbito da temática abordada em Eletrônica II), enquadrando-a assim como pertencente ao oitavo semestre do curso. A ementa das disciplinas Eletrônica II e Laboratório de Eletrônica II pode ser consultada nos Anexos B e C, respectivamente.

Por fim, salienta-se que todas as informações presentes neste tópico a respeito dos programas de ensino da UFMA e de outras IES do grupo 3, bem como as sugestões apresentadas pela autora; se baseiam nos estudos feitos em cima documentos listados no Apêndice A, os quais foram divulgados pelas IES correspondentes.

3 DESCRIÇÃO DA EMENTA PROPOSTA

A ementa proposta consta dos seguintes conteúdos: Princípios de metrologia, Instrumentos e medições de grandezas elétricas, Condicionamento de sinais analógicos, Aquisição de sinais, Medições de grandezas não elétricas, Realização de experimentos em plataforma de instrumentação virtual.

Em seguida, vamos dar destaque para cada um deles.

3.1 Princípios de metrologia

Neste item da ementa, sugere-se a discussão dos seguintes temas:

- Vocabulário básico de metrologia: Conceituação de termos mais recorrentes no estudo de metrologia, tais como: grandezas, unidades de medida, mensurando, instrumentos de medição, sensores e transdutores, processo de medição etc.
- Erros de medição: Classificações utilizadas para descrevê-los (sistemático, aleatório, observacionais, ambientais, instrumentais etc.), apresentação de suas principais fontes, estimativa.
- Incerteza de medição: Apresentação de suas fontes e métodos de estimativa.
- Conceituação e aplicações de características estáticas e dinâmicas dos instrumentos, tais como: faixa de medição, resolução, sensibilidade, histerese, precisão, exatidão, resposta em frequência, tempo de resposta, erro dinâmico etc.
- Introdução a Metrologia Legal: Apresentação dos principais órgãos e normas de controle e regulamentação técnica metrológica, tais como: OIML, CONMETRO, INMETRO, ABNT, ISO etc.

3.1.1 Objetivo

O objetivo primário desta seção é introduzir conceitos fundamentais em metrologia, que servirão de embasamento para o correto entendimento das técnicas, processos e experimentos desenvolvidos no âmbito do restante da ementa da disciplina de Instrumentação Eletrônica, bem como na execução de outros procedimentos de medição.

Ao final do tópico “Princípios de metrologia” espera-se que o aluno:

- Esteja apto a ler, escrever e analisar documentações técnicas (artigos sobre temas relacionados a medições, manuais de instrumentos, relatórios de experimentos entre outros) de forma correta e eficaz;
- Adquirir embasamento para evitar, atenuar e estimar erros e incertezas dentro de um processo de medição;
- Seja capaz de escolher e projetar instrumentos/sistemas de medição com base em suas características estáticas e dinâmicas;
- Seja capaz de efetuar medições conforme a orientação dos principais órgãos/normas de controle e regulamentação técnica metrológica.

3.1.2 Apresentação do tema

Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), Metrologia é definida como “a ciência da medição, englobando todos os aspectos teóricos e práticos relacionados a esta” (INMETRO, 2012, p. 16). Sua abrangência é portanto imensa, considerando que medições estão presentes, direta ou indiretamente, em praticamente todos os processos de tomada de decisão envolvendo indústria, comércio, saúde, segurança, defesa, meio ambiente, entre outros setores (SILVA NETO, 2012).

Lira ainda acrescenta que “é uma linguagem falada, escrita e entendida por todo o mundo e que utiliza padrões, normas, instrumentos e métodos reconhecidos e adotados mundialmente” (2014, p.16), o que torna extremamente pertinente em cursos de metrologia o estudo de seu vocabulário e do papel de órgãos e normas de regulamentação pertencentes a esta área. Ademais, o conhecimento e utilização dos princípios que regem os objetos de estudo citados são responsáveis por trazer mais transparência, credibilidade, harmonia e segurança aos processos/variáveis que envolvem de alguma maneira a presença de medições.

Igualmente, para efetuar medições com confiabilidade e qualidade, deve-se conhecer as limitações envolvidas dentro do processo de medição, bem como sua expressão, assim sugere-se também a abordagem no curso de metrologia, da teoria de erros e incertezas de medição e das características estáticas e dinâmicas dos instrumentos.

Conceitualmente, erro de medição é definido pelo VIM como a “diferença entre o valor medido de uma grandeza e seu valor de referência, ou o valor tido como real para esta” (INMETRO, 2012, p.21). A teoria de erros em medições é talvez um dos assuntos mais abordados, ou mesmo indispensáveis, em cursos e bibliografias sobre metrologia; isto porque erros estão presentes inerentemente em quaisquer medições.

Sabe-se que os procedimentos de medição são efetuados em ambientes reais, ou seja, ambientes sujeitos a alterações de variáveis não controladas, tais como: umidade, temperatura, influência de campo magnético, entre outros fenômenos. Também são utilizados instrumentos construídos com componentes reais e que portanto possuem suas limitações. Logo, por mais bem feita e cuidadosa que seja uma medição, é de se esperar que apresente imperfeições, as quais dão origem a erros e conseqüentemente à tomada de decisões erradas e desastrosas (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2010).

Outra temática bastante abordada, é a incerteza de medição, definida por Albertazzi e Sousa (2008, p.12) como “a parcela de dúvidas associada à uma medição” ou mais matematicamente conceituada pelo VIM, como “um parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando” (INMETRO, 2012, p.24). Na verdade, como o próprio nome sugere, a incerteza expressa a dúvida referente ao resultado de uma medição. Silva Neto (2012) explica que é proveniente do conhecimento inadequado dos efeitos das condições ambientais no processo de medida ou medições imperfeitas das condições ambientais, da realização imperfeita do procedimento de ensaios, de aproximações e suposições incorporadas aos métodos e procedimentos de medida, entre outras fontes.

Em relação às características metrológicas dos instrumentos de medição, estas seriam espécies de atributos que expressam qualitativa e quantitativamente o desempenho estático e dinâmico daqueles. O conhecimento de conceitos tais como: resolução, sensibilidade, precisão, exatidão, tempo de reposta; bem como de sua estimação, é de tal importância que é capaz de servir como embasamento para todo o projeto de um sistema de medição, influenciando desde a escolha do próprio instrumento até o método de medição a ser utilizado.

Portanto, a abordagem de todas estas temáticas presentes em metrologia, mesmo que de forma sucinta, além de interdisciplinar, acresce uma formação teórica extremamente relevante e válida para estudantes, sobretudo se abordadas dentro do programa de disciplinas, como por exemplo, Instrumentação Eletrônica, cujos conteúdos tratados são conexos.

3.2 Instrumentos e medições de grandezas elétricas

Neste item da ementa, sugere-se a discussão dos seguintes temas:

- Circuitos internos e princípio de funcionamento de medidores AC e DC, tais como: Medidores de tensão, corrente, energia elétrica, potência elétrica, isolamento, impedância, fase, frequência etc, incluindo medições de valores instantâneos, médio, de pico e RMS.

- Comparação entre os tipos de medidores (AC e DC) mais utilizados no meio científico, industrial e profissional em geral, bem como, de suas características de performance (características metrológicas) e de uso.
- Circuitos eletrônicos utilizados para medições tais como circuitos amplificadores, em ponte, transformadores etc.

3.2.1 Objetivo

O objetivo fundamental desta seção é apresentar ao aluno os principais instrumentos, circuitos e técnicas utilizadas na medição de grandezas elétricas, bem como informações sobre o correto uso e manuseio de equipamentos elétricos em medições, visando à segurança e qualidade de seu processo de tomada.

Ao final do tópico “Instrumentos e medição de grandezas elétricas” espera-se que o aluno:

- Adquirir embasamento teórico para projetar e especificar sistemas de medição de grandezas elétricas;
- Entenda e estime a influência dos circuitos internos dos equipamentos, nos resultados das medições efetuadas;
- Esteja apto a escolher e manusear corretamente instrumentos de medição de grandezas elétricas;
- Esteja familiarizado com técnicas de operação segura de sistemas de medição destas grandezas.

3.2.2 Apresentação do tema

O conhecimento aprofundado de técnicas utilizadas para medição de grandezas tais como corrente, tensão, capacitância, impedância, potência elétrica etc. É interessante não apenas para o projeto, manutenção e segurança de circuitos elétricos em geral; mas também para medições que envolvem grandezas não elétricas. Isto porque muitas técnicas utilizadas na medição de temperatura, pressão, posição, entre outras grandezas; se baseiam na relação coexistente entre estas e fenômenos elétricos e magnéticos, como por exemplo: o surgimento de tensões elétricas ou mudanças na resistência de materiais devido a estresses mecânicos e temperatura ou a detecção de proximidade através de variações na indutância e capacitância de circuitos internos de equipamentos.

Quanto às ferramentas utilizadas para medidas elétricas, é importante destacar que sua presença aqui, na IE, vai além de um estudo sobre seus princípios de funcionamento ou manipulação; o objetivo é se concentrar prioritariamente no projeto, especificação e influência sobre os circuitos os quais estão conectados. Sendo assim, é conveniente que se aborde inicialmente como são concebidos os circuitos internos dos instrumentos elétricos de medição mais comuns, seja estes analógicos ou digitais.

Em relação aos instrumentos de medições analógicos, os mais básicos são aqueles destinados a quantificação de tensão, corrente e resistência. Em sua maior parte, são construídos a partir de galvanômetros de bobina móvel e ferro móvel, os quais tem sua indicação baseada, grosso modo, na intensidade da corrente elétrica que flui em seu circuito interno (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2010). A estes instrumentos básicos são acoplados circuitos eletrônicos de condicionamento (formados por chaves, resistores, diodos, amplificadores), de modo a possibilitar seu uso em variadas faixas de valores, redução de ruídos e medições de outras grandezas elétricas em modo DC e AC. Em relação aos circuitos para medição AC, destacam-se os retificadores de sinais AC para uso em medidores DC e os utilizados para medição de valores *true RMS* (*RMS* verdadeiro). No caso dos instrumentos digitais, estes são construídos a partir de conversores analógicos digitais, normalmente integradores do tipo dupla rampa, que transformam o sinal analógico de entrada em digital, para visualização em *display* ou processamento do restante do sistema de medição. A eles também são acoplados outros circuitos de condicionamento, tal como ocorre com medidores analógicos.

Dependendo da necessidade de resultados mais exatos, de se interferir o mínimo possível nos mensurados e do tipo de grandeza a ser medida, pode-se recorrer também à implementação de esquemas elétricos para realizar medições, como por exemplo, circuitos em ponte. As pontes também são muito utilizadas para condicionamento de sinais advindos de sensores passivos; seu princípio de medição se baseia no balanceamento de tensões para o cálculo de resistências, capacitâncias e indutâncias internas (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2010). Assim, também se deve considerar o estudo de circuitos tais como as pontes de Wheatstone, Kelvin, Wien e Hay, entre outras configurações de pontes.

Para medições de fase e frequência recomenda-se ao menos o estudo de circuitos de detecção de cruzamento por zero e *Phase Locked Loop* (PLL). Obviamente, o uso de osciloscópios também não deve passar despercebidos na IE; como se sabe, a partir de osciloscópios podem não apenas ser quantificados sinais elétricos, mas também visualizadas suas formas de onda. Logo, os osciloscópios são instrumentos básicos em qualquer laboratório

de eletrônica, pois permitem análises mais detalhadas sobre o mensurando, as quais não são possíveis nos instrumentos com indicação de valores exclusivamente numérica.

Outras questões que devem ser abordadas nesta etapa do curso seriam, análise de custo-benefício de medidores elétricos, com base em suas características de performance estáticas e dinâmicas. Por fim recomenda-se um estudo mais aprofundado sobre as principais fontes de erros e incertezas dentro dos processos de tomadas de medidas elétricas, bem como de sua quantificação; tais como os causados devido às limitações dos instrumentos, às perturbações dos circuitos, às características do ambiente e aos materiais utilizados nas medições. Exemplos de alguns destes erros e incertezas, são os oriundos da falta de calibração e circuitos internos dos instrumentos, acoplamento eletromagnético, aquecimento e desgaste natural de materiais envolvidos nas medições.

3.3 Condicionamento de sinais analógicos

Neste item da ementa, sugere-se a discussão dos seguintes temas:

- Estudo das principais técnicas de condicionamento de sinais analógicos, tais como: excitação, filtragem, amplificação e atenuação;
- Estudo de técnicas de blindagem eletromagnética, aterramento e isolamento elétrica de sistemas de medição;
- Estudo dos principais circuitos utilizados para condicionamento de sinais analógicos.

3.3.1 Objetivo

O objetivo primário desta seção é apresentar ao aluno as principais técnicas analógicas utilizadas para o condicionamento de sinais captados por sensores e instrumentos medidores, contextualizando-as com sua contribuição dentro do processo de medição.

Ao final do tópico “Condicionamento de sinais analógicos” espera-se que o aluno:

- Esteja apto a diagnosticar os tipos de técnicas condicionamento que devem ser empregadas a um sinal analógico, de acordo com as características iniciais deste;
- Esteja apto a escolher, especificar, projetar e montar estratégias, e mais especificamente, estimar contribuições de circuitos de condicionamento para o resultado final de uma medição.

3.3.2 Apresentação do tema

Segundo Cassiolato (2012, p. 22), “condicionar um sinal é convertê-lo de forma adequada para interfaceá-lo com outros elementos”. Em medições, a necessidade de uma etapa de condicionamento de sinais elétricos se explica pelo fato de que frequentemente os sinais gerados por sensores e transdutores não estão em condições de envio ao restante do sistema de medição, por apresentarem, por exemplo: forte presença de ruído, níveis de tensão e potência extremamente altos ou potencialmente perigosos, entre outras características indesejáveis.

Boa parte das técnicas de condicionamento de sinais elétricos estão interligadas entre si, ou seja, tem influência sobre o desempenho ou princípio de funcionamento de outras, podendo ser utilizadas em conjunto ou de maneira singular. Por exemplo, processos como de filtragem, amplificação e atenuação são intimamente ligados; da mesma forma que filtragem, blindagem e aterramento. A seguir serão apresentadas sucintamente os objetivos de algumas técnicas de condicionamento de sinais.

Em relação à filtragem, seu propósito fundamental é remover ou atenuar sinais indesejados, os chamados ruídos, dos sinais os quais se procura medir; isto pode ser feito através de filtros, circuitos que proveem que apenas as componentes de um sinal com frequências desejadas sejam transmitidas através destes. A filtragem proporciona uma maior qualidade tanto nos resultados de medições efetuadas, quanto ao funcionamento dos equipamentos em geral.

Como o próprio nome sugere, amplificar um sinal significa aumentá-lo. Tumanski (2006) explica que, idealmente, amplificar um sinal consiste em aumentar sua amplitude, preservando todos seus outros parâmetros, tais como forma onda, frequência, fase etc. Por outro lado, Ashlock e Warren (2015) explicam que apesar da amplificação ser normalmente aplicada com o objetivo de que sinais de baixa intensidade coletados se encaixem dentro da faixa de valores aceitas pelos sistemas de medição ou porque por algum motivo se deseja obter sinais de uma intensidade maior; pode também ser utilizada como um instrumento para melhorar a relação sinal-ruído, atuando como filtros. Ilustrando esta afirmação, em uma aplicação mais imediata em medições, ao se ter amplificadores próximos da fonte dos sinais gerados, estes sinais podem ser amplificados logo ao sair dos sensores primários e portanto, antes de serem afetados por ruídos ambientais.

Já a atenuação executa o processo oposto à amplificação, ou seja, visa fundamentalmente reduzir a amplitude um sinal (ASHLOCK; WARREN, 2015). A atenuação de sinais é um processo de fundamental importância para se garantir segurança nos procedimentos medições, considerando que sinais com amplitude além da faixa de valores

admitidos pelos sistemas de medição podem danificar os instrumentos, oferecer riscos aos operadores, ou ainda, expressar medidas com valores equivocados.

Blindagens eletromagnéticas são técnicas que consistem basicamente em se inserir uma partição metálica entre duas regiões no espaço, com o objetivo de controlar a propagação de campos elétricos e ou magnéticos entre estas; assim, as blindagens podem tanto proteger os equipamentos dos efeitos de campos eletromagnéticos do exterior, como proteger o meio ambiente dos efeitos de campos eletromagnéticos gerada por equipamentos (DYRJAWO, 2003; SALES *et al*, 2009).

Com relação os aterramentos elétricos, estes consistem em técnicas com o objetivo de fornecer um caminho alternativo seguro para que cargas elétricas retornem a terra. Visacro explica que “um aterramento elétrico consiste em uma ligação elétrica proposital de um sistema físico, seja elétrico, eletrônico ou corpos metálicos, ao solo” (2005, p.11) e que “existe uma ampla gama de funções que o aterramento pode desempenhar em um sistema, [...] entretanto, sua aplicação quase sempre está associada a otimização do desempenho do sistema ao qual o aterramento está conectado e à segurança e proteção de pessoas e equipamentos” (2005, p.16). Em relação a esta questão particular de desempenho de sistemas, segundo Balbinot e Brusamarello (2010), o aterramento é uma das técnicas básicas mais eficazes para minimizar ruídos indesejados e que pode solucionar um percentual considerável de problemas relacionados a estes.

Por fim, percebe-se que as técnicas de condicionamento de sinais analógicos proporcionam ao processo de medição mais segurança, qualidade e exatidão aos valores encontrados através deste.

3.4 Aquisição de sinais

Neste item da ementa, sugere-se a discussão dos seguintes temas:

- Conversores analógico/digitais e digitais/analógicos: apresentação de dispositivos e circuitos utilizados para conversão; suas características de desempenho (resolução, tempo de conversão, sensibilidade, erros etc);
- Condicionamento de sinais digitais: apresentação das principais técnicas utilizadas para tanto; englobando a sua inter-relação e influência sobre projetos de sistemas de medição;
- Sistemas de Aquisição de Dados: conceituação, componentes, exemplos de arquiteturas de dispositivos de aquisição de dados etc.

3.4.1 Objetivo

O objetivo primário desta seção é apresentar as etapas de aquisição de sinais captados por sensores e instrumentos medidores, avaliando suas contribuições dentro do processo de medição como um todo.

Ao final do tópico “Aquisição de sinais” espera-se que o aluno:

- Esteja apto a escolher, especificar e projetar sistemas de aquisição de dados de medições;
- Esteja apto a diagnosticar, especificar e projetar técnicas de condicionamento que devem ser empregadas a um sinal digital, de acordo com as características deste.

3.4.2 Apresentação do tema

A exemplo das temáticas de unidades anteriores (Instrumentos e medições de grandezas elétricas e Condicionamento de sinais analógicos) pretende-se nesta unidade da IE, se concentrar prioritariamente no projeto, implementação, análise e especificação das técnicas e processos envolvidos na aquisição de sinais. Sugere-se, por uma questão de continuidade de conteúdo, que esta unidade seja iniciada com um estudo sobre os sistemas de aquisição de dados, seguido de conversão analógico digital (CAD), conversão digital analógica (CDA) e por fim de outras técnicas de condicionamento de sinais digitais.

Como se sabe, a maioria dos sinais encontrados na natureza ou proveniente de sensores, se apresentam de forma analógica, ou seja na forma contínua no tempo. No entanto, para prover sua transmissão, tratamento, controle ou mesmo visualização através de sistemas digitais (computadores, displays digitais etc.) é necessário que estes sinais analógicos sejam digitalizados, ou seja, sejam representados em amostras de tempo discreto, em que cada amostra é uma palavra binária. Isto é feito através de um processo conhecido como conversão analógico digital. Alguns exemplos de técnicas/arquiteturas utilizadas para este fim são: aproximações sucessivas, codificação paralela (*flash*), integradores do tipo dupla rampa (*dual slope*), sigma-delta, entre outras.

Em relação aos sistemas de aquisição de dados, estes são qualquer arranjo que permitam que estes fenômenos observados no mundo real, sejam processados, analisados e armazenados por sistemas digitais (PARK; MACKAY, 2003). A aquisição de dados por vezes é confundida com o processo de conversão analógico digital, entretanto; a diferença fundamental entre ambas é que aquela não se resume a apenas uma mudança na forma de se representar um sinal, mas se

concentra em todo o processo envolvido desde a observação de um fenômeno físico até sua apresentação pelo sistema digital. Assim a aquisição engloba desde a captação de um sinal por um sensor, até seu condicionamento analógico (caso necessário), sua conversão analógico-digital, transmissão dos dados digitalizados aos sistemas digitais e a manipulação dos dados já digitalizados através destes sistemas digitais.

Uma vez em formato digital e realizado o tratamento ou análise adequada dos sinais adquiridos, é comum que a partir destes dados também sejam executadas ações de controle sobre os sistemas físicos reais (que trabalham com grandezas analógicas), como atuadores e válvulas. Assim, frequentemente os sistemas de aquisição de dados são desenhados também para prover essas ações de controle. Logo, um sistema de aquisição de dados pode incluir também uma etapa de conversão digital-analógica de sinais (PARK; MACKAY, 2003).

A CDA é o processo de construção ou reconstrução analógica (no caso de sinais originalmente analógicos que foram digitalizados) de um sinal digital para que este seja enviado ao mundo físico “real”. Para tanto, existem várias técnicas e arquiteturas que permitem efetuar este processo, por exemplo: redes R-2R, circuitos com correntes ponderadas, modulação por largura de pulso etc. A escolha do tipo de conversor a ser utilizado deve ser orientada por análises de custo-benefício em relação às suas características de performance, pois estas tem forte impacto sobre a qualidade do produto final, que pode ser tanto os próprio sinais analógicos gerados após a CDA, como outras variáveis dependentes deles. Assim, entre estas características de performance, destacam-se como fundamentais para nortear escolha ou projeto de um conversor DA: sua resolução, erro de fundo de escala, *offset*, estabilidade à temperatura, sensibilidade à alimentação e *glitch* (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2010).

No caso dos conversores AD, o mesmo princípio de avaliar as características de performance se aplica, destacando-se como básicos os seguintes parâmetros: resolução, tempo de conversão, taxa de conversão e estabilidade à temperatura (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2010).

Outros circuitos envolvidas neste processo durante o condicionamento dos sinais, e que convém serem estudadas, são os filtros *anti-aliasing* (responsáveis por atenuar as componentes de frequência desnecessárias antes da conversão analógico digital, diminuindo a largura de banda do circuito e assim evitando que o sinal seja distorcido na conversão AD), os circuitos *sample and hold* (responsáveis por amostrar o sinal analógico em intervalos iguais e reter o valor amostrado até que a próxima amostra seja retida), e os filtros de reconstrução (responsável por suavizar os níveis de amplitude do sinal de saída de um conversor DA).

3.5 Medição de grandezas não elétricas

Neste item da ementa, sugere-se a discussão dos seguintes temas:

- Principais sensores e instrumentos utilizados para medição de temperatura, pressão e nível: bases físicas de funcionamento, características estáticas e dinâmicas, projetos de sistemas de medição, influencia no processo de medição, comparações entre os tipos disponíveis no mercado etc.
- Considerando os objetivos de ensino dos professores e aprendizagem dos alunos, podem também ser abordados outros tipos de medidas, como por exemplo as relacionadas à acústica, óptica, biomédica, química, além de outras grandezas mecânicas.

3.5.1 Objetivo

O objetivo fundamental desta seção é apresentar ao aluno as principais técnicas utilizadas na medição de grandezas não-elétricas (sobretudo as ligadas a medição de temperatura, nível e pressão), bem como a importância de seu monitoramento e controle; dando enfoque especial à utilização de sensores e instrumentos de medição que se baseiam em princípios eletromagnéticos.

Ao final do tópico “Medição de grandezas não-elétricas” espera-se que o aluno:

- Entenda a importância e implicações do monitoramento e controle de grandezas tais como: temperatura, pressão, nível, entre outras;
- Esteja apto a escolher e manusear corretamente sensores e instrumentos de medição destas grandezas e adquira embasamento teórico para projetar, analisar e especificar seus sistemas de medição.

3.5.2 Apresentação do tema

Devido à interdisciplinaridade da temática Instrumentação Eletrônica, considera-se importante fornecer ao aluno um panorama sobre as principais técnicas de medição de grandezas não elétricas aplicadas no meio industrial e científico, sobretudo as que fazem uso de princípios eletromagnéticos. Sendo assim, considerando uma coesão e cronologia de conteúdo, sugere-se que esta temática faça parte do roteiro final da disciplina IE.

A seguir será feita uma sucinta explanação e justificativa da abordagem deste conteúdo.

A medição e o controle de temperatura, pressão e nível são atividades extremamente importantes no meio industrial, científico e no próprio cotidiano; seu monitoramento é intimamente ligado ao controle da qualidade de produtos finais, à garantia de segurança do ambiente onde são executadas estas medições, de segurança de pessoal, de integridade e vida útil de equipamentos.

Sensores de pressão, por exemplo, na área biomédica são utilizados em equipamentos para monitorar a pressão sanguínea, regular infusões intravenosas, detectar mudanças na pressão craniana, problemas de audição, ou mesmo, no diagnóstico de doenças, tal como ocorre em glaucomas (WILSON, 2005, p.411). Já na engenharia de potência, usinas hidrelétricas, térmicas, nucleares, eólicas e outras plantas gerando energia mecânica, térmica ou elétrica exigem monitoramento e controle constantes de pressões; sobrepressões aqui, podem acarretar na deterioração de compartimentos ou drenos e causar danos muito significativos. (MIGEON; LENEL, 2007, p.1). Entre os equipamentos utilizados para medição de pressão destacam-se os baseados em deformações mecânicas, como os Tubos de Bourdon; e os baseados em efeitos elétricos, como os sensores piezelétricos (construídos a partir de materiais capazes de gerar sinais elétricos de tensão, quando submetidos a pressão mecânica), piezoresistivos (construídos a partir de materiais que quando submetidos a pressão mecânica, sofrem variação de sua resistência elétrica) e capacitivos (baseados na variação de capacitância observada em capacitores, quando há alteração da distância entre suas placas, devido à aplicação de pressão mecânica).

Em relação à medição de nível, seja no cotidiano ou no meio industrial, segundo Balbinot e Brusamarello (2014, p.271) “sua aplicação é extremamente presente e necessária em muitos processos, podendo serem citadas as medições de grãos em silos, em reservatórios de combustíveis e de água, o nível de lagos, oceanos, entre tantos outros”. A variedade de métodos utilizados também é ampla, existindo desde aqueles mais simples, através de medição direta (como a visualização de altura de um líquido em uma escala graduada); até os que se baseiam em técnicas mais sofisticadas que se fundamentam em princípios de ultrassom, radar, condutividade elétrica, variação de capacitância, entre outras; escolhidas de acordo com as características do mensurando e do ambiente de medição.

Quanto à temperatura, destaca-se que esta tem influência importante na qualidade de medições efetuadas sobre outras grandezas físicas (comprimento, pressão, condutividade elétrica, entre outras), seja por modificá-las diretamente (por exemplo, a quantificação do comprimento de um material é modificada pela dilatação sofrida por este devido sua temperatura), ou indiretamente (por exemplo, quando influencia as condições de operação e

leitura de instrumentos medidores). A prova disto é que dados a respeito dos limites de operação e armazenamento, em relação à temperatura, são itens presentes na maioria dos manuais de operação de equipamentos ou folhas de especificação destes. Existe uma ampla gama de métodos de medição de temperatura, destacando-se os métodos mais básicos e antigos, baseados na dilatação térmica dos materiais; os transdutores elétricos, baseados na variação de resistência e tensão dos materiais causados por propriedades térmicas das substâncias; e métodos sem contato, como os pirômetros, que se baseiam nos efeitos da radiação térmica emitidas pelos corpos e permitem que medições sejam tomadas sem que haja contato físico com o mensurando.

4 MATERIAIS E MÉTODOS PROPOSTOS PARA O ENSINO DA IE

A motivação fundamental para a concepção deste trabalho é apresentar uma proposta com ideias que contribuam para otimização do aprendizado dos futuros alunos da IE. A expressão “otimizar o aprendizado” é utilizada aqui tanto no sentido de facilitar o processo de assimilação de conhecimentos, quanto no de prover a utilização prática dos conceitos aprendidos, fora da universidade.

Para que se alcance então este almejado aprendizado ótimo, não basta apenas atualizar o conteúdo programático de uma componente curricular unicamente por inovar o ensino da disciplina ou seguir tendências de vanguarda em docência; isto não garantiria resultados eficazes. É necessário também definir metodologias para apresentação deste conteúdo em sala de aula, metodologias estas que realmente favoreçam o aprendizado efetivo do discente. Da mesma forma, é importante que as atividades teóricas e práticas sejam interdependentes: as atividades práticas devem complementar as aulas teóricas, as aulas teóricas devem visar a aplicação prática dos conceitos aprendidos.

Outras motivações secundárias para sugestão dos materiais e métodos apresentados neste capítulo surgiram durante os estudos para proposição da nova ementa para a IE. Durante a pesquisa realizada para a proposição das ideias presentes no Capítulo 3, percebeu-se que:

- Há uma carência de recursos bibliográficos voltados para ensino ao nível de graduação que aborde por completo os conteúdos (de forma teórica e prática) que tradicionalmente são trabalhados em Instrumentação Eletrônica. Em relação à bibliografia, para a parte experimental da disciplina, foi observado também que em poucas obras há uma conexão entre os conteúdos teóricos abordados em seu texto e o ensino experimental (atividades em laboratório), sendo um tanto complexo encontrar autores que forneçam sugestões de atividades experimentais (mesmo que utilizando instrumentação estritamente tradicional) a serem realizadas para aprofundamento do conteúdo teórico apresentado em suas obras.
- Existe uma preocupação recorrente em relação à carga horária da disciplina, que não pôde ser desconsiderada neste trabalho: Utilizando apenas metodologias tradicionais, muitos temas sugeridos para ementa apresentada no Capítulo 3 teriam sua abordagem realizada apenas na forma de Introduções ou Apresentações (ao menos em sala de aula), devido à indisponibilidade de tempo (carga horária em sala de aula) para uma abordagem mais aprofundada destes. Acrescenta-se que para um ensino efetivo das atividades experimentais (que incluem no mínimo em sua execução as etapas de

estudo prévio das propostas de atividades, implementação prática do experimento e análise de resultados obtidos) é necessário um tempo para amadurecimento de conceitos e informações, o qual acredita-se (neste trabalho) ser superior às 30 horas-aula, que são reservadas à carga horária prática em sala de aula, da IE.

Sendo assim, sugere-se que a disciplina seja abordada seguindo algumas metodologias ativas de aprendizagem, que se refletiriam em uma atenuação desta problemática apresentada.

As Metodologias Ativas de aprendizagem são essencialmente métodos de ensino em que é possibilitado ao aluno participar ativamente, contribuir e ter mais autonomia sobre seu processo de aprendizagem (SANTOS; PASSOS, 2016). Barbosa e Moura (2013, p.55) explicam que “[...] a aprendizagem ativa ocorre quando o aluno interage com o assunto em estudo ouvindo, falando, perguntando, discutindo, fazendo e ensinando; sendo estimulado a construir o conhecimento ao invés de recebê-lo de forma passiva do professor”. A utilização destas metodologias tem particular importância na manutenção do dinamismo do processo de aprendizagem, uma vez que agora, o fluxo de conteúdo não depende apenas de um roteiro previamente elaborado pelo professor, mas também, da atividade do aluno. Neste caso, o professor continua orientando o processo de aprendizagem, mas o fluxo de conhecimento depende da resposta do aluno a esta orientação.

A IE, por ter uma característica teórica e prática, permite a incorporação de uma ampla gama de modelos ativos, entretanto, neste trabalho, é sugerido a aplicação de preceitos pertencentes à Aprendizagem Baseada em Simulações Computacionais, Aprendizagem Baseada em Projetos e Sala de Aula Invertida. Essas ações convergem entre si e no método de abordagem proposto por este trabalho, serão abordadas de maneira interdependente.

Sugere-se também que aplicação deste método esteja associado e dependente da utilização das seguintes estratégias:

- Adoção de uma plataforma de instrumentação virtual (*Hardware e Software*) para resolução de experimentos, no âmbito da IE.
- Disponibilização de recursos didáticos de apoio, tais como: tutoriais, *e-books*, videoaulas, entre outras ferramentas de ensino baseadas em Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), elaboradas com o objetivo de guiar o aluno no estudo dos conteúdos teóricos e práticos da IE;
- Criação de um banco de dados *online*, acessível a alunos, professores e ex-alunos da disciplina. Nele, seriam depositados, pelos professores, todo o material bibliográfico necessário para o aprendizado dos alunos, bem como, outros documentos considerados relevantes para o curso de Instrumentação Eletrônica. Os alunos

também podem contribuir, acrescentando materiais de elaboração própria ou de terceiros neste banco.

Aqui é conveniente destacar que o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), no processo de ensino aprendizagem, é uma tendência crescente nas últimas décadas. Segundo Ferreira Filho (2005) sua incorporação na docência de engenharia, como também de outras áreas, é objeto de estudo de inúmeros trabalhos publicados e há muitos relatos/dados de experiências reais em que este uso teve eficiência comprovada, além de seu impacto na formação do perfil de engenheiros. O mesmo autor ainda cita em sua obra “Contribuições ao Uso de Novas Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Engenharia” exemplos destes trabalhos e experiências bem sucedidas realizadas tanto em IES brasileiras, como do exterior.

4.1 Apresentação das modelos ativos propostos

4.1.1 *Flipped Classroom* (Sala de aula Invertida)

O *Flipped Classroom* propõe basicamente uma inversão da logística de atividades realizadas dentro e fora da sala de aula, durante o processo de aprendizagem. Este método consiste em introduzir os conteúdos a serem abordados em sala de aula através de atividades pré-classe (sobretudo, expositivas) e trabalhar em sala de aula as tarefas que tradicionalmente seriam realizadas como lições de casa (EDUCAUSE, 2012).

Ilustrando, sua aplicação aconteceria da seguinte forma:

Antes da aula, deve ser disponibilizado aos alunos, por meio de alguma plataforma *online* ou física, o material (vídeos, áudios, games, *e-books*, tutoriais, textos impressos) referente à temática da aula; o aluno deve então estudar este material, de forma a preparar-se para as atividades a serem executadas em sala de aula sobre o conteúdo (FGV *et al.* 2015). Durante a aula, são promovidos debates, estudos de caso, discussões, resolução de dúvidas e problemas, entre outras atividades práticas sob orientação do professor; com o objetivo de fixar os conteúdos estudados e estimular a participação ativa do aluno em seu aprendizado (EDUCAUSE, 2012).

Assim, tal como pode ser visualizado através da Figura 2, inverte-se o modelo convencional de uma sala de aula, uma vez que a transmissão de conhecimento, a qual tradicionalmente era feita na sala de aula (sobretudo através de aulas expositivas) passa a acontecer fora desta; assim como os processos de fixação e aplicação de conteúdo, que em sua

maior parte aconteciam fora da sala de aula (através de lições de casa), passam a ser realizados dentro desta (FGV *et al*, 2015).

Figura 2 – Etapas de aprendizagem no modelo de sala de aula tradicional e invertido



Fonte: Adaptado de NETOP, s.d.

Valente (2014, p.90-91) destaca que os aspectos fundamentais da implantação da sala de aula invertida são: “a produção de material para o aluno trabalhar *online* e o planejamento das atividades a serem realizadas na sala de aula presencial”. Acrescentando que é fundamental que o aluno receba *feedback* sobre os resultados das ações que realizam, para assim corrigir concepções equivocadas ou ainda mal elaboradas sobre os temas estudados.

Existe também a possibilidade incorporação de outras ferramentas neste método, para otimizar o aprendizado dos alunos. Pode-se por exemplo, na primeira etapa, elaborar questionários ou atividades pré-aula para avaliar o nível de conhecimento dos alunos sobre o conteúdo abordado, até mesmo para o professor ter condições de planejar melhor as atividades a serem executadas em sala de aula e também incentivar os alunos a pesquisa e estudo do conteúdo (VALENTE, 2014).

Assim, depois das aulas podem ser propostos projetos bem estruturados (individuais e em equipe) para estimular a criatividade dos alunos.

Dentre os principais benefícios observados na literatura, que o método da sala de aula invertida pode proporcionar estão:

- Maior autonomia do aluno quanto a seu aprendizado à medida que este adquire mais responsabilidade sobre este (EDUCAUSE, 2012). O aprendizado do aluno é dependente e diretamente proporcional a seu engajamento nas atividades dentro e fora da sala de aula.

- Otimização do uso da carga horária da disciplina e da assimilação do conteúdo de vários conteúdos: Segundo Valente (2014), se o aluno se preparou antes do encontro presencial, o tempo da aula pode ser dedicado ao aprofundamento da sua compreensão sobre o conhecimento adquirido, tendo a chance de recuperá-lo, aplicá-lo e com isso, construir novos conhecimentos.

Em relação a IE, a sala de aula invertida pode ser utilizada tanto durante a carga horária teórica, quanto prática. No caso da teórica, o método funcionaria exatamente conforme a metodologia já citada: estudo do conteúdo teórico pré-aula e atividades ativas em sala de aula. Em relação às aulas práticas, os alunos teriam acesso a todo o material dos experimentos (tutorial, *datasheets*, equipamentos), podendo inclusive iniciá-los (desde que o professor autorize) antes dos encontros presenciais. Assim, em sala de aula haveria resolução de dúvidas quanto ao funcionamento dos equipamentos, discussões sobre o experimento, além de sua própria implementação.

4.1.2 Aprendizagem baseada em projetos

Esta metodologia consiste basicamente em promover a aprendizagem através da construção de projetos (THOMAS, 2000). Na definição de Jones *et al* (1997) e Thomas *et al* (1999), conforme citado por Thomas (2000, p.1):

Os projetos seriam tarefas complexas baseadas em questões ou problemas desafiadores, que envolvem os estudantes no *design*, resolução de problemas, tomada de decisões ou atividades de investigação; dando-lhes a oportunidade de trabalhar de forma relativamente autônoma durante algum período de tempo e culminam em produtos realistas ou mesmo apresentações.

A Figura 3 apresenta uma ilustração do conceito da Aprendizagem baseada em projetos, destacando exemplos de habilidades cujo desenvolvimento e amadurecimento é proporcionado pela implementação do método ABProj.

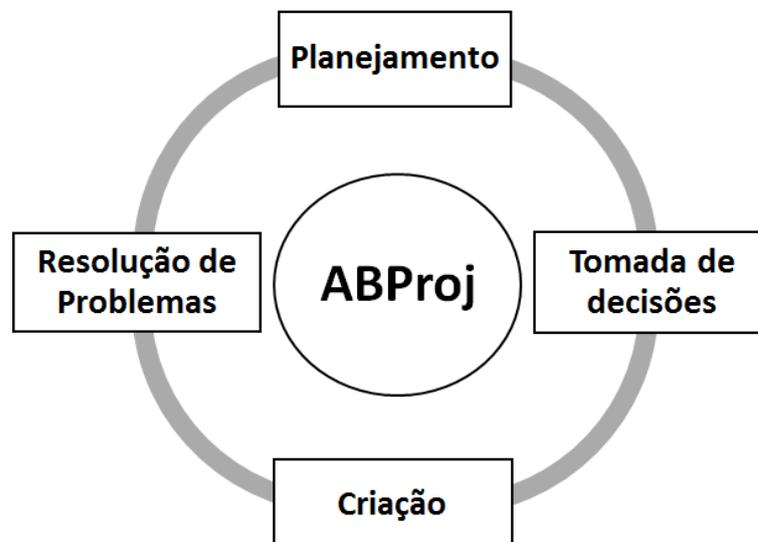
Krajcik e Blumenfeld defendem (2006, p.318) que uma sala de aula baseada em projetos “permite aos alunos investigar, questionar, propor hipóteses e explicações, discutir suas ideias, desafiar a de outros e experimentar novas”. Garcia e Tôrres (2007) explicam que a utilização de projetos desafiadores como estratégia de ensino, no âmbito de Engenharia, apresenta boa proximidade com o próprio *modus operandis* encontrado em diversas indústrias no desenvolvimento de novos produtos tecnológicos, no qual a partir de um problema real, da descrição do todo, da identificação dos requisitos mínimos determinados pelo cliente final,

inicia-se o desdobramento de um projeto que necessita, naturalmente, de profundo entendimento de conceitos e técnicas para a sua concepção.

Mills e Treagust (2003) citam alguns exemplos de estudos demonstrando que nos últimos anos, o perfil esperado de graduados em Engenharia é o de que apresentem entre outras características técnicas e pessoais, boas habilidades de comunicação e trabalho em equipe e uma perspectiva mais ampla sobre problemas que dizem respeito a situações de sua profissão, tais como questões sociais, ambientais e econômicas; em contrapartida, o que se tem observado é que estes profissionais não apresentam estas características ou eles não as têm desenvolvidas satisfatoriamente. Os mesmos autores ainda constataram que de fato os egressos estão se formando com bons conhecimentos científicos em fundamentos de engenharia e de computação, porém não sabem como aplicá-los na prática; o que é preocupante.

Por outro lado, considerando o pressuposto básico da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj) que é o de “aprender fazendo e/ ou aprender construindo”, permite-se inferir que o ABProj pode contribuir de um modo geral, para atenuar a problemática apresentada sobre as deficiências dos egressos no que diz respeito às suas habilidades profissionais e ao distanciamento entre o aprendizado teórico e prático (MASSOM *et al*, 2012).

Figura 3 – Exemplos de habilidades desenvolvidas no método ABProj



Fonte: Elaborado pela autora

Quanto à metodologia de aplicação do ABProj, Barbosa e Moura (2013) propõem algumas diretrizes/sugestões fundamentais bastante coerentes para orientar o desenvolvimento dos projetos de aprendizagem:

- Realização de projetos em equipes, formadas por um número de participantes condizente com o tipo de experiência a ser realizada. Aqui acrescenta-se que dependendo das finalidades e da complexidade definidas pelo orientador também possível, que o projeto envolva toda a classe.
- Deve ser definido um período de tempo para a realização do projeto. A definição de tempo é um fator importante, porque além de ajudar a planejar as etapas de construção do projeto, estimularia seu desenvolvimento e concretização.
- A escolha do tema deve ser feita mediante negociação entre alunos e professores, considerando múltiplos interesses e objetivos didático-pedagógicos. É importante que ambos se sintam à vontade e estimulados com o desenvolvimento do projeto.
- Os projetos devem contemplar uma finalidade útil de modo que os alunos tenham uma percepção de um sentido real dos projetos propostos.
- É importante fazer uso de múltiplos recursos no desenvolvimento dos projetos incluindo aqueles que os próprios alunos podem providenciar junto a fontes diversas, dentro ou fora do ambiente escolar.
- Por fim, é importante que haja socialização dos resultados dos projetos em diversos níveis de comunicação, como a própria sala de aula, a escola e a comunidade.

Analisando as ideias apresentadas sobre a metodologia ABProj, percebe-se que esta vai muito além de um método para otimizar a aquisição de conhecimento ou inovar no processo de aprendizagem, o que já é por si só, vantajoso. Pode-se inferir que as atitudes ativas de aprendizado proporcionadas por este método e que são reforçadas inclusive pela abordagem de Barbosa e Moura, contribuem para a formação de profissionais criativos, comprometidos, engajados, autônomos e principalmente com pensamento crítico e aptos ao trabalho colaborativo. Além disso, o ABProj apresenta a característica de simular ainda em sala de aula a rotina encontrada por profissionais de engenharia em seu ambiente de trabalho.

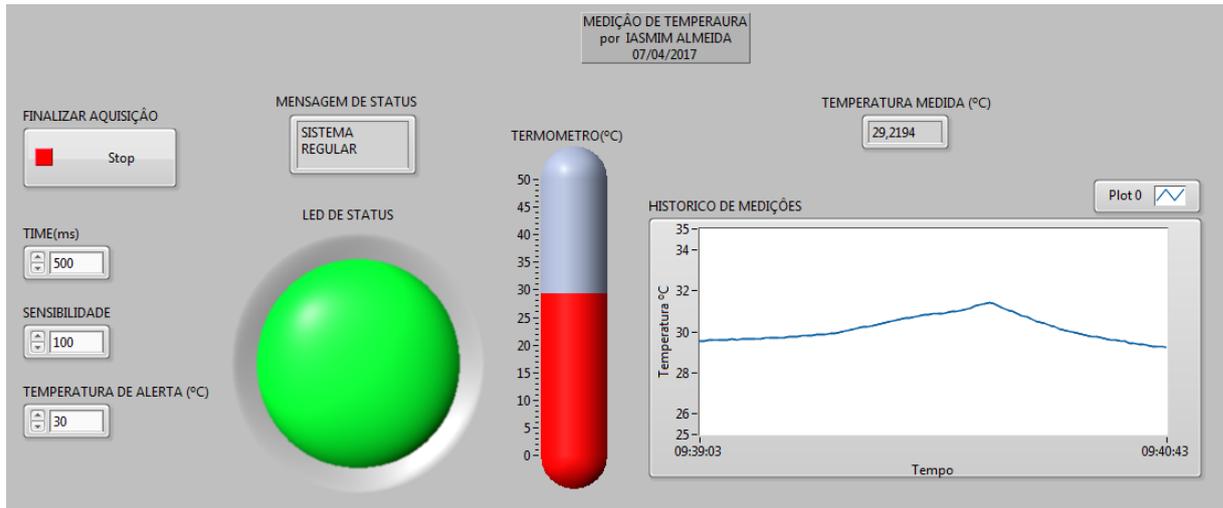
4.1.3 Simulações computacionais

Segundo Guillermo (2005, p.10), “simulações são recursos de aprendizagem que permitem ao estudante observar o comportamento de um determinado sistema através de um modelo do mesmo, ou seja, de uma representação matemática, gráfica ou simbólica de um fenômeno”.

Para melhor visualização deste conceito, na Figura 4 é apresentado um exemplo de uma simulação computacional real, que pôde ser utilizada em um experimento para monitoramento

da temperatura medida por um sensor LM35 (o experimento em questão está detalhado no Apêndice C).

Figura 4 – Exemplo de simulação computacional



Fonte: Elaborado pela autora

Para Rocha e Lemos (2014), uma boa simulação incentiva e orienta o processo de descoberta do aluno, proporcionando-lhe um ambiente divertido e atraente de aprendizagem, além da possibilidade de levar a uma aprendizagem relativamente rápida e muito eficaz de assuntos difíceis.

De acordo com Khalil (2012, p.7):

O uso da simulação como ferramenta pedagógica no contexto atual é bastante positiva, proporcionando ao professor e ao aluno uma visão mais real e mais rápida da realidade. A informática é a realidade de hoje e todos já estão utilizando. A academia não pode ficar atrás da tecnologia e sim ser um expoente na aplicação na prática docente.

Além de recurso de aprendizagem, as simulações contribuem para uma formação compatível com a realidade presente em um mercado afinado com inovações tecnológicas, que cada vez mais utiliza as potencialidades proporcionadas por computadores. Esclarecendo: simulações computacionais são hoje ferramentas de trabalho presentes no próprio ambiente de trabalho de muitos engenheiros, exatamente por permitir testar eventos sem que estes de fato aconteçam no mundo real e assim estimar danos ou contribuições que podem se passar em decorrência destes. No caso de danos, por exemplo, pode-se elaborar planos de contenção destes, ações de controle ou mesmo melhorias nos modelos iniciais para que estes danos não se produzam. Em relação a contribuições, é possível da mesma forma estudar maneiras de

potenciá-las ou aproveitá-las; em ambos os casos (danos ou contribuições) a principal vantagem (em detrimento à experimentação real) é que isto pode ser feito com planejamento e com conhecimento prévio de suas implicações.

Igualmente, na IE, além da ampla variedade de experimentos que podem ser testados virtualmente para verificação de preceitos teóricos estudados no conteúdo de sua ementa; assim como no ABProj, é possível também simular sistemas e situações práticas encontradas por profissionais, o que contribui para uma aproximação prévia dos alunos com sua futura rotina profissional.

A utilização de experimentação como ferramenta de apoio ao ensino profissional de engenharia certamente não é uma novidade, sobretudo no caso da experimentação tradicional; realizações de ensaios em equipamentos e instrumentos, reprodução de fenômenos e testes de projetos elaborados é item presente no programa das mais variadas disciplinas em escolas de engenharia e em Engenharia Elétrica não seria diferente. A principal vantagem de sua utilização é evidente: fixação do conhecimento. Aqui vale o célebre provérbio de Confúcio: “Eu ouço e eu esqueço. Eu vejo e eu lembro. Eu faço e eu entendo.” Quando há prática do que se estuda (seja por meio tradicional ou simulação), o aprendizado é muito mais efetivo e duradouro em relação à assimilação apenas passiva de conteúdo.

Porém, além disso, a aprendizagem baseada em simulações guarda outras vantagens em relação à aprendizagem através de experimentos estritamente tradicionais, como por exemplo:

- Segurança de pessoal e equipamento: Por ser possível simular situações reais sem que estas de fato se produzam, diminui-se consideravelmente a periculosidade presente em laboratórios e danos causados por eventos físicos reais.
- Acessibilidade: Uma boa plataforma é capaz de simular os mais sofisticados, delicados ou mesmo críticos ambientes, equipamentos e eventos; os quais seriam inacessíveis ou muito dispendioso através de experimentos reais. Abrem também a possibilidade de se testar eventos que não se produziriam naturalmente nas condições dispostas durante as experiências.
- Velocidade: Enquanto por realização de experimentos comuns é normalmente necessário dispor de tempo para checagem de equipamentos ou espera pelo momento ótimo para execução de testes, uma simulação precisaria apenas da abertura do simulador definição do evento para ser iniciada.
- Economia operacional: Uma ampla gama de equipamentos podem ser substituídos por um computador equipamento com software específico, o que gera economia de

espaço no ambiente de trabalho, de manutenção, de pessoal treinado para supervisão de equipamentos etc.

Em contrapartida, segundo Guillermo (2005) perde-se todo o conhecimento específico que decorre da inerente aleatoriedade associada aos fenômenos físicos, bem como, os relacionados a procedimentos considerados “dispensáveis” (montagem de equipamentos, por exemplo), como o conhecimento sobre a montagem dos equipamentos e os cuidados de operação. Assim, o autor defende a importância de atentar para o uso racional de simuladores.

Neste trabalho é proposto um modelo misto que envolve experimentação real e por simulação. Será sugerido um modelo de plataforma de instrumentação que faz uso de dados colhidos no mundo real (*hardware*) que podem ser controlados, analisados e testados virtualmente por meio de *software*.

4.2 Metodologia de ensino proposta

Neste item, serão sugeridas algumas premissas/etapas para implantação dos modelos ativos propostos (Sala de aula invertida, Aprendizagem baseada em projetos e Simulações computacionais) dentro do ensino da IE, observando o que já foi exposto nos itens 4.1.1; 4.1.2 e 4.1.3.

Assim, logo na primeira aula, sugere-se que o professor apresente a disciplina aos alunos, bem como os materiais e os métodos de ensino a serem adotados. Nesta aula é importante que haja um diálogo entre alunos e professores a fim de que fique claro as aspirações da turma: o que esperam aprender, conhecimentos prévios sobre os assuntos e informações acerca do projeto a ser desenvolvido.

Considerando a aplicação do modelo ABProj, no projeto a ser executado sugere-se que:

- A temática escolhida esteja em comum acordo com os alunos, englobe conceitos presentes em todas as cinco unidades sugeridas no item 2.4 e tenha finalidades práticas, ou seja, não devem ser instrumentos apenas de visualização de conceitos teóricos; deve haver a produção de um produto final relevante. Pode-se considerar também a possibilidade de envolverem temas multidisciplinares (por exemplo, questões econômicas, ambientais, sociais etc.) em sua motivação, análise de viabilidade ou na própria construção.
- As etapas de construção do projeto sejam desenvolvidas procurando respeitar, sempre que possível, a abordagem cronológica de cada unidade sugerida no item 2.4. Por exemplo, no caso de um projeto de “um sistema para medição de temperatura”,

as etapas de desenvolvimento poderiam ser (genericamente): Escolha do sensor a ser utilizado conforme suas características de performance (Unidade 1), escolha dos instrumentos e circuitos de medição a serem utilizados (Unidade 2), condicionamento dos sinais analógico advindos dos sensores (Unidade 3), tomada das medidas (Unidade 2), tratamento digital do sinal em *software* (Unidade 4), implementação de uma ação de controle, por exemplo, acionamento de um atuador (Unidades 4 e 5).

- Sejam desenvolvidos em equipe. A escolha da quantidade de integrantes de cada uma, bem como do prazo para execução do projeto será definida pelo professor e dependente da complexidade da temática escolhida. Recomenda-se que este prazo seja de ao menos 12 semanas, pois cada etapa do projeto deve prioritariamente ser desenvolvida conforme os alunos vão adquirindo conhecimentos sobre cada módulo da disciplina.
- Utilizem a plataforma de Instrumentação Virtual apresentada no item 4.4.2. Pode-se também incorporar outros recursos em sua construção, como outros *softwares*, aplicativos em *smartphones* etc.
- Durante sua execução, seja elaborado um relatório descrevendo todas as etapas de execução do projeto, materiais utilizados, apresentação e análise dos resultados alcançados, dificuldades encontradas e embasamento teórico. Ao final de seu desenvolvimento, estas informações podem ser socializadas em sala de aula ou para a comunidade acadêmica; sugere-se também que este relatório fique no banco de dados *online* da disciplina para acesso de futuros alunos.
- O professor acompanhe de forma presencial e/ou *online* de perto todas as etapas de desenvolvimento do projeto, orientando ou sugerindo soluções, porém dando oportunidade para o aluno desenvolver sua criatividade e responsabilidade sobre o que é produzido.

Considerando a utilização dos modelos “sala de aula invertida” e “aprendizagem por simulações computacionais” sugere-se nas aulas pertencentes à carga horária teórica que:

- Antes de cada aula, o professor indique a temática a ser abordada e disponibilize os materiais para estudo prévio desta (videoaulas, *e-books*, apostilas etc). Também deve ser disponibilizado online algum formulário, questionário, ou desafio a ser solucionado pelo aluno (com prazo definido pelo professor) sobre a temática da aula seguinte; assim o professor poderá ter um *feedback* sobre aprendizado dos alunos e planejar melhor as atividades a serem realizadas em sala de aula.

- Durante as aulas, executar atividades práticas que estimulem a participação de todos os alunos, tais como: estudos de casos, resolução de situações-problema, discussões e resolução de dúvidas e exercícios sobre o assunto, experimentos, aulas de campo e etc.
- Após as aulas, disponibilizar outros questionários ou formulários online para avaliar o que o aluno efetivamente aprendeu sobre o que foi estudado; isto também dará um *feedback* para que o professor planeje as próximas aulas. Pode-se também sugerir algum outro exercício, experimento, ou outra atividade para que o aluno pratique o que aprendeu em casa ou na próxima aula prática (em laboratório).

Em relação à metodologia ser utilizada para aulas de laboratório, sugere-se:

- Antes das aulas, que seja disponibilizado ao aluno todos os materiais bibliográficos necessários para execução dos experimentos (videoaulas, tutoriais, *datasheets*, tarefas propostas etc.). Caso o professor autorize, visando otimizar o tempo em sala de aula, também é possível que os experimentos sejam previamente executados antes das aulas.
- Durante os laboratórios, sejam executados os experimentos (caso ainda não o tenham feito), discussões e retirada de dúvidas sobre o funcionamento destes.
- Após as aulas, que sejam propostas outras atividades para complementar os experimentos realizados, tais como elaboração de tutoriais, videoaulas ou mesmo outros experimentos desafiadores. O material (videoaulas, arquivos do experimento, tutoriais, relatórios) produzido pelo aluno pode ser disponibilizado no banco de dados da disciplina quando e conforme o professor julgue pertinente.
- Por fim, que se procure utilizar nos experimentos apenas a plataforma de instrumentação virtual indicada no item 4.4.2 (software e/ou hardware) e outros dispositivos de uso necessário como sensores, circuitos integrados etc.

4.3 Materiais de apoio ao ensino da IE - TICs

Para apoiar a metodologia de ensino proposta no item 4.2 sugere-se a utilização das seguintes ferramentas, que devem estar acessíveis em modo *online*.

- Textos diversos: Elaborados pelo próprio professor, alunos ou por terceiros; contendo uma revisão bibliográfica sobre a temática da disciplina, tutoriais sobre o uso da plataforma de instrumentação virtual e sobre os experimentos propostos, além

de demais informações relevantes. Podem ser *e-books*, apresentações de *slides*, planilhas eletrônicas, arquivos de texto diversos etc.

- Vídeos: Elaborados pelo próprio professor, alunos ou por terceiros; podendo ser uma aula sobre a temática estudada, a resolução de um exercício, a filmagem de um evento real ou de uma simulação. Também pode-se elaborar tutoriais, utilizando softwares que contam com o recurso de captura/filmagem da tela de computadores. Estes últimos se tornam extremamente interessante quando produzidos pelos alunos, não só por apoiarem seu aprendizado, mas por gerar material bibliográfico que ficará à disposição de outros alunos da disciplina, contribuindo assim, para propagação de conhecimento científico.
- Formulários *online*: Podem ser exercícios a serem solucionados com o objetivo de avaliar o conhecimento do aluno sobre as temáticas estudadas, pesquisas para colher a opinião dos alunos em relação a atividades da disciplina etc. Recomenda-se que sejam respondidos de maneira a preservar a privacidade dos alunos, de modo que apenas o professor conheça os autores das respostas presentes nos formulários.
- Fóruns virtuais: Seriam grupos de discussão *online* sobre assuntos relativos a disciplina, comunicação de avisos, resolução de dúvidas, acompanhamento de atividades ou mesmo para a própria integração dos alunos; acessível por professores, alunos e ex-alunos da disciplina. A supervisão do conteúdo discutido e o controle de acesso também seria feita pelo professor.
- Banco de dados da disciplina: Seria uma plataforma de armazenamento em nuvem, contendo todos os documentos produzidos para e durante a IE (planos de aulas, arquivos de experimentos, vídeos, *e-books*, formulários etc.); acessível e construída por professores, alunos e ex-alunos da disciplina. A supervisão do conteúdo adicionado e o controle de acesso seria realizado pelo professor.

4.4 Materiais de apoio ao ensino da IE: A Plataforma de Instrumentação Virtual

4.4.1 Requisitos de uma plataforma de instrumentação virtual para o ensino da ementa proposta

Neste tópico serão apresentadas as características que uma plataforma de instrumentação virtual deve possuir, para o ensino da ementa proposta. Assim, são listados a

seguir os equipamentos, ferramentas e demais funcionalidades que devem ser providas pela plataforma.

- Ferramentas de análise matemática (gráficas, estáticas e dinâmicas) para visualização de resultados; bem como para o controle, análise e modelagem dos experimentos: Esclarecendo, a plataforma deve prover funções para elaboração de gráficos, cálculo aritméticos (constantes matemáticas diversas, operações matemáticas, polinômios), análise estatística (média, desvio padrão, variância etc.), além de contar com ferramentas para controle e modelagem de sistemas de medição.
- Ferramentas de entrada e saída de dados analógicas e digitais.
- Ferramentas para tomada de medições elétricas: Deve contar com instrumentos para medições e análises DC, AC e de frequência, tais como placa de prototipagem (*Protoboard*), Osciloscópio, Multímetro, Fontes de Alimentação fixas e variáveis, Geradores de Formas de Onda, Medidores de Impedância e de Potência.
- Ferramentas para processamentos de sinais no domínio do tempo e da frequência: Como Analisador de Bode, suporte ao projeto/implementação de Filtros Analógicos e Filtros Digitais, Amplificadores Analógicos e Digitais;
- Suporte para testes e medições com sensores de temperatura, nível e pressão: Tanto no que diz respeito à conexão em hardware, quanto para visualização e controle por software.
- Suporte para programação: Deve permitir que o usuário crie rotinas através de linguagens de programação, quando for de sua necessidade.
- Segurança de usuários e de equipamentos: A plataforma deve oferecer proteção contra choques elétricos e para prevenção de avarias dos equipamentos. Assim, deve prover aterramento e isolamento elétrica de circuitos, bem como, proteção contra picos perigosos de tensão e corrente em seu circuito interno e nos dos experimentos.

4.4.2 A Plataforma de Instrumentação Virtual proposta

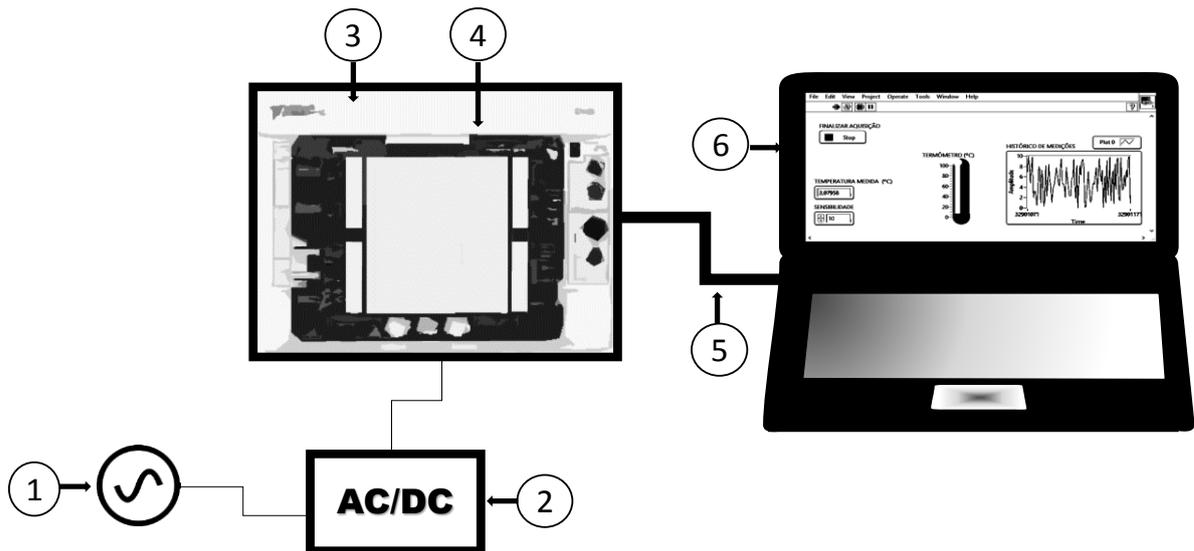
A Figura 5 apresenta um esboço de como se conceberia o laboratório para ensino de Instrumentação Eletrônica baseado na plataforma NI ELVIS II e LabVIEW.

A proposta é que nos experimentos realizados, dados colhidos no mundo real, através da NI ELVIS II *workstation*, possam ser controlados, analisados e testados virtualmente por meio de *software*, no caso o LabVIEW.

A indicação do LabVIEW e da NI ELVIS II como Plataforma de Instrumentação Virtual a ser utilizada, se deve às suas potencialidades e popularidades. Ambas são ferramentas extremamente difundidas e respeitadas no meio acadêmico, industrial e profissional em geral; e permitem a elaboração de sistemas de instrumentação extremamente complexos; considerando não somente a medição e aquisição de grandezas elétricas, mas também a possibilidade de realização de experimentos que integram o tratamento de sinais, controle e automação de processos. Levando assim, a execução de experimentos bem mais complexos e funcionais do que os que seriam conseguidos através apenas de Instrumentação Tradicional.

Ambas as ferramentas serão melhor detalhadas nos tópicos 4.4.2.1 (NI ELVIS II) e 4.4.2.2 (LabVIEW).

Figura 5 – Equipamentos que constituem o Laboratório de Instrumentação Virtual



Fonte: Adaptado de NATIONAL INSTRUMENTS, 2011c, p. 2-1.

Notas: 1: Alimentação vinda da rede elétrica. 2: Fonte AC/DC. 3: Estação de trabalho NI ELVIS II. 4: Placa *Protoboard* NI ELVIS Series ou outra placa *add-on*. 5: Conexão via USB. 6: Computador: *Software* NI ELVISmx *Instrument Launcher/LabVIEW*.

4.4.2.1 NI ELVIS II

4.4.2.1.1 Características gerais

A NI ELVIS II (*Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite*) é uma plataforma (*hardware* e *software*) baseada em instrumentação virtual para laboratórios de

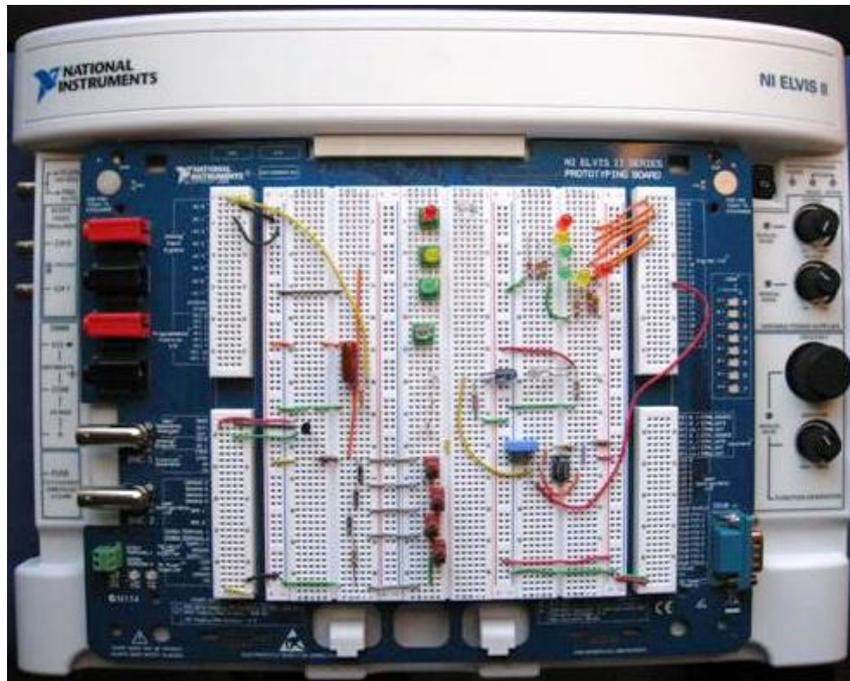
engenharia, desenvolvida especialmente para o meio acadêmico pela *National Instruments*. Basicamente, ela reúne de forma compactada alguns dos instrumentos mais utilizados em laboratórios de instrumentação eletrônica: Osciloscópio, Multímetro digital, Gerador de funções, Fontes de alimentação variáveis, Gerador de forma de onda arbitrária, Analisador de sinais dinâmicos, Analisador de impedância, Analisador de curvas de Bode, Analisador de corrente e voltagem a dois fios, Analisador de corrente e voltagem a três fios, Leitor de dados digitais, Escritor de dados digitais. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2011a)

Em relação a seu hardware, em sua forma básica trata-se de uma estação de trabalho (NI ELVIS *workstation*), com uma placa de prototipagem acoplada (NI ELVIS *Prototyping Board*), onde é feita a montagem dos circuitos a serem testados e onde se encontram o hardware dos instrumentos (pontos de conexão, conectores, botões, LEDs etc.). Uma característica vantajosa desta plataforma é que a *workstation* aceita a incorporação de diversas placas *add-ons*, as quais permitem que suas aplicações se estendam além da área de eletrônica, para os campos de controle e mecatrônica, circuitos digitais, telecomunicações, energias renováveis, circuitos elétricos de potência, entre outros. A Figura 6 apresenta uma fotografia da estação de trabalho em sua apresentação básica (com a *Prototyping Board*) e a Figura 7 apresenta a estação de trabalho com outros modelos *add-ons*.

Quanto a seu software, constitui-se em sua versão fundamental de um painel frontal, chamado de NI ELVISmx *Instrument Launcher* (Figura 8), onde podem ser acessados virtualmente os instrumentos citados para visualização, análise e armazenamento dos dados colhidos pela *workstation*; assim como um instrumento real comum os faria. Entretanto, também é possível a integração direta desta com outros softwares, como por exemplo o LabVIEW; o que potencializa as possibilidades de utilização do conjunto, permitindo o desenvolvimento de inúmeras ferramentas para análises e tratamento destes dados, além de outras aplicações inteligentes.

Outra vantagem da NI ELVIS é a disponibilidade de conteúdo sobre mesma. A empresa fabricante disponibiliza em seu site vasta documentação técnica que inclui recursos como manuais de operação, livros, tutoriais e propostas de experimentos; além de manter fóruns virtuais para usuários de seus produtos trocarem informações/experiências sobre os mesmos. Ademais, devido à sua notoriedade no meio acadêmico, existe vasta bibliografia disponível, sobretudo na Internet, sobre este equipamento.

Figura 6 – NI ELVIS II workstation com *prototyping board* acoplada



Fonte: NATIONAL INSTRUMENTS, 2012.

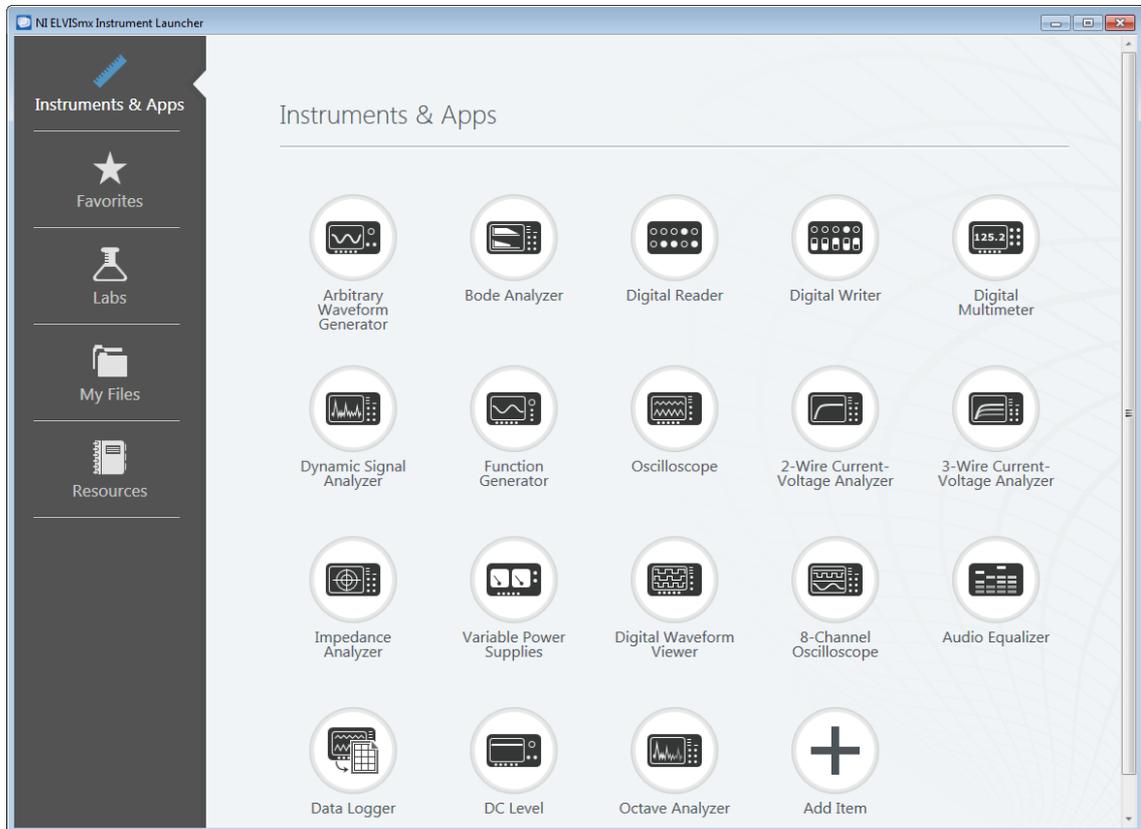
Figura 7 – Exemplos de *add-ons* acoplados à NI ELVIS II workstation



Fonte: NATIONAL INSTRUMENTS, 2011b, s.d.

Notas: À esquerda, placa *Quanser QNET Myoelectric*, utilizada para ensino de instrumentação biomédica. À direita, placa *Quanser Mechatronics Sensors*, para ensino de sensores.

Figura 8 – NI ELVISmx Instruments Launcher



Fonte: NATIONAL INSTRUMENTS. 2014.

4.4.2.1.2 Características técnicas

Como já citado, à NI ELVIS II estão incorporados alguns dos principais instrumentos utilizados em laboratórios na área de instrumentação eletrônica. Nesta seção, sucintamente serão apresentadas algumas características técnicas destes instrumentos presentes na plataforma da própria, conforme descrito por NATIONAL INSTRUMENTS (2015; 2011c):

- Osciloscópio: Conta com dois canais físicos para entrada de sinais (CH0 e CH1) através de conectores BNC, além de poder analisar sinais provenientes de oito entradas analógicas presentes na placa de prototipagem. A plataforma também apresenta as funcionalidades de um osciloscópio padrão utilizado em Laboratório à disposição do usuário, tais como ajuste da quantidade de volts por divisão, segundos por divisão, cursores, *trigger* analógico e digital.
- Multímetro Digital: É capaz de realizar medidas de Voltagem (DC, RMS em AC), Corrente (DC, RMS em AC), Resistência, Capacitância e Indutância, teste de diodos e continuidade (se dois nós tem o mesmo potencial). Em relação ao procedimento de

utilização, apresenta três terminais para conexão de circuitos (um para medições de tensão AC e DC, resistência e teste de continuidade; outro para corrente AC e DC e o terminal de entrada comum para todas as medidas). As medições de capacitância e indutância utilizam os dois terminais do analisador de impedância na placa de prototipagem.

- Analisador de impedância: É capaz de realizar medidas de impedância, expressando sua magnitude, fase, bem como sua resistência (parte real da impedância) e reatância (parte imaginária). A medida de fase é dada em graus ($^{\circ}$), enquanto todas as outras são dadas em Ohms (Ω).
- Gerador de funções: Gera formas de onda periódicas com opção do tipo de forma de onda de saída (senoidal, quadrática ou triangular) com seleção de amplitude e frequência, taxa de ciclo em ondas quadradas e ajuste de valor offset; modulação em amplitude e frequência; entre outros controles. O controle de amplitude e frequência das ondas geradas pode ser feita virtualmente através do NI ELVISmx *Instrument Launcher* ou de botões físicos giratórios localizados na *workstation*. A saída do sinal pode ser dada através dos pinos na placa de prototipagem ou de um conector BNC na lateral da *workstation*.
- Gerador de formas de onda arbitrárias: Gera forma de onda especificadas pelo usuário que podem ser enviadas a duas saídas analógicas na placa de prototipagem. Para isto o usuário deve acessar o software *NI Waveform Editor* que está incluído ao NI ELVISmx para criar formas de onda a partir de desenhos a mão livre, importação de dados de arquivos existentes no computador ou mesmo carregando os sinais pré-definidos pelo programa.
- Fonte de alimentação variável: Gera saídas de tensão DC entre 0 V e 12 V em seu terminal positivo e entre 0 V e -12 V em seu terminal negativo (presentes na placa de prototipagem), referenciadas ao pino terra. Este controle pode ser feito virtualmente através do painel frontal, ou através de botões giratórios na *workstation*. Além disso fornece tensão DC (não variável) de 15 V, -15V e +5V através de pinos também na placa de prototipagem.
- Analisador de Sinais Dinâmicos: Permite trabalhar no domínio da frequência com sinais que estão no domínio do tempo oriundos das entradas analógicas da *Prototyping Board* ou dos dois canais do osciloscópio. Entre as ações que podem ser realizadas com este analisador estão a exibição da representação do sinal no domínio

da frequência, exibição do sinal no domínio do tempo, detecção da frequência fundamental do sinal, medição da Coeficiente de Distorção Harmônica.

- Analisador de Bode: Permite gerar diagramas de Bode para análise de sinais provenientes das entradas analógicas da *Prototyping Board* ou dos dois canais do osciloscópio. Exibe os gráficos de “ganho x frequência” e “fase x frequência” através de escala linear ou logarítmica, além da possibilidade e utilização de outros controles e cursores para análise de resultados.
- Analisador de corrente e tensão a dois ou três fios: Utilizado sobretudo para teste de diodos e transistores, já que exibe curvas de corrente x tensão de dispositivos que apresentam dois ou três terminais, em escala logarítmica ou linear.
- Leitura de entrada digital: É possível ler dados de vinte e quatro linhas de entrada/saída digital, sendo possível a leitura de oito linhas consecutivas por vez que pode ser feita continuamente ou de uma única vez, a exibição dos resultados pode ser de forma digital (pinos *on* e *off*) ou numérica.
- Escritor de saída digital: É possível escrever dados em vinte e quatro linhas de entrada/saída digital da *Prototyping Board*, sendo possível a escrita de oito linhas consecutivas por vez que pode ser feita continuamente ou de uma única vez.

4.4.2.2 LabVIEW

O *software* LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) é um ambiente de programação baseado em linguagem “G” (gráfica) que permite o desenho, simulação e análise de sistemas de instrumentação de modo intuitivo e prático. Nele, os programas (VIs) são criados pelo usuário programador (UP), através do desenho/montagem de diagramas de blocos e posteriormente são compilados em linguagem de máquina; o que torna o processo de programação mais fluido e dinâmico do que se comparado à programação baseada em texto (JEROME, 2010).

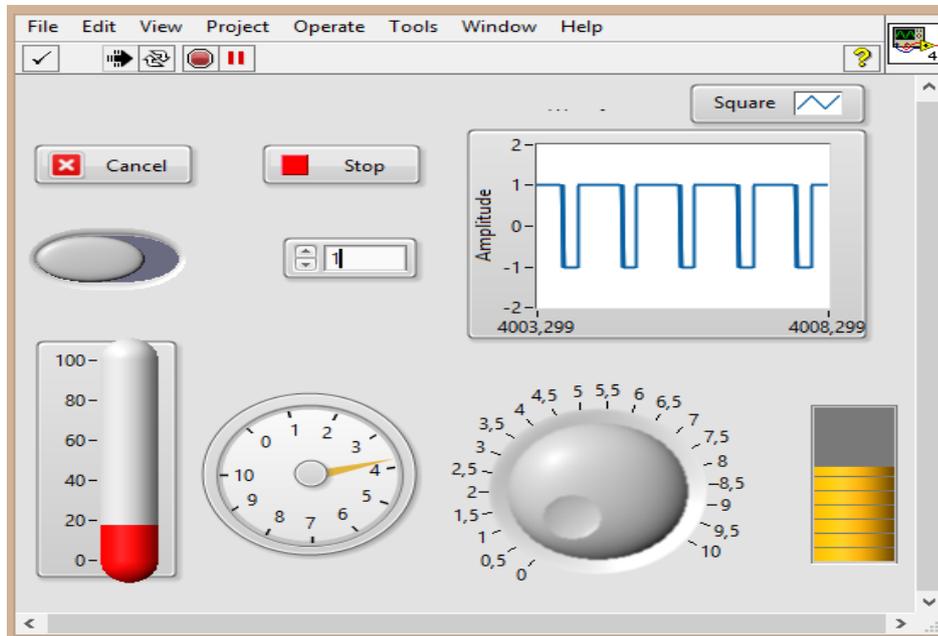
Os programas em LabVIEW são chamados de *Virtuals Instruments* (VIs) e são construídos com base no conceito de programação por fluxo de dados. Ilustrando: Os blocos ou comandos são executados quando os dados necessários para isto são disponibilizados em suas entradas; por sua vez, os dados de saída destes blocos/comandos são então enviados como dados de entrada para outros blocos subsequentes. Isto permite que múltiplas operações possam ser executadas em paralelo dentro de um mesmo programa, pois as atividades são executadas conforme os dados vão fluindo pelos blocos (KEHTARNAVAZ; KIM, 2005).

Seu ambiente de trabalho é formado por duas janelas (*panels*):

- Painel frontal (*front panel*): É onde se encontra toda a interface gráfica dos instrumentos virtuais com o usuário final (UF). Nele se encontra uma paleta de funções, chamada “*controls palette*”, a qual permite que sejam adicionados a critério do UP, controles e mostradores que imitam o design e simulam o funcionamento de equipamentos reais, como por exemplo botões, *displays* em formato analógico e digital, LEDs, gráficos, planilhas, entre outros objetos os quais o usuário pode interagir durante as simulações dos programas. A área de trabalho do painel frontal e a *controls palette* estão apresentada nas Figuras 9 e 10, respectivamente.
- Diagrama de blocos (*block diagram*): Como o nome indica, é onde o UP implementa os programas na forma de diagramas de blocos, ou seja, onde fica o código fonte dos programas. Nesta área de trabalho se encontra a paleta de funções (*functions palette*), onde estão todas as funções que serão utilizadas para elaboração dos programas (com exceção daqueles que já estão na paleta de controles). Essas funções são representadas graficamente por meio de pequenos blocos que contam com terminais de entrada e saída. A programação realizada pelo UP é feita através da conexão dos terminais destes blocos aos terminais de outros blocos de funções, e pela configuração interna de cada bloco através de janelas específicas de configuração. Entre as funções presentes na paleta de controles destacam-se as para geração de sinais arbitrários (que apresentam forma de onda totalmente configurável pelo UP), ferramentas matemáticas diversas (multiplicação, potenciação, cálculo integral e diferencial, cálculo estatístico, álgebra linear, etc.), processamento digital de sinais, laços sequenciais (*for*, *while*, *case*, etc.), controle de tempo (*delay*), entrada e saída de dados (para importação ou exportação de dados em arquivos) e blocos para cossimulação com dispositivos de aquisição de dado e outros *softwares*. A área de trabalho da janela diagrama de blocos e a *functions palette* estão apresentada nas Figuras 11 e 12, respectivamente.

Outra característica importante é a possibilidade de criação de sub-rotinas ou programas dentro de programas: O UP pode criar um programa (um VI), e adicioná-lo em um outro programa na forma de bloco de maneira a reaproveitar seu código. Assim, a partir de programas mais simples é possível a criação de projetos mais complexos, o que poupa tempo do UP (que não precisará construí-los do zero) e torna a programação mais enxuta (pois os blocos de funções estão divididos em vários projetos separados).

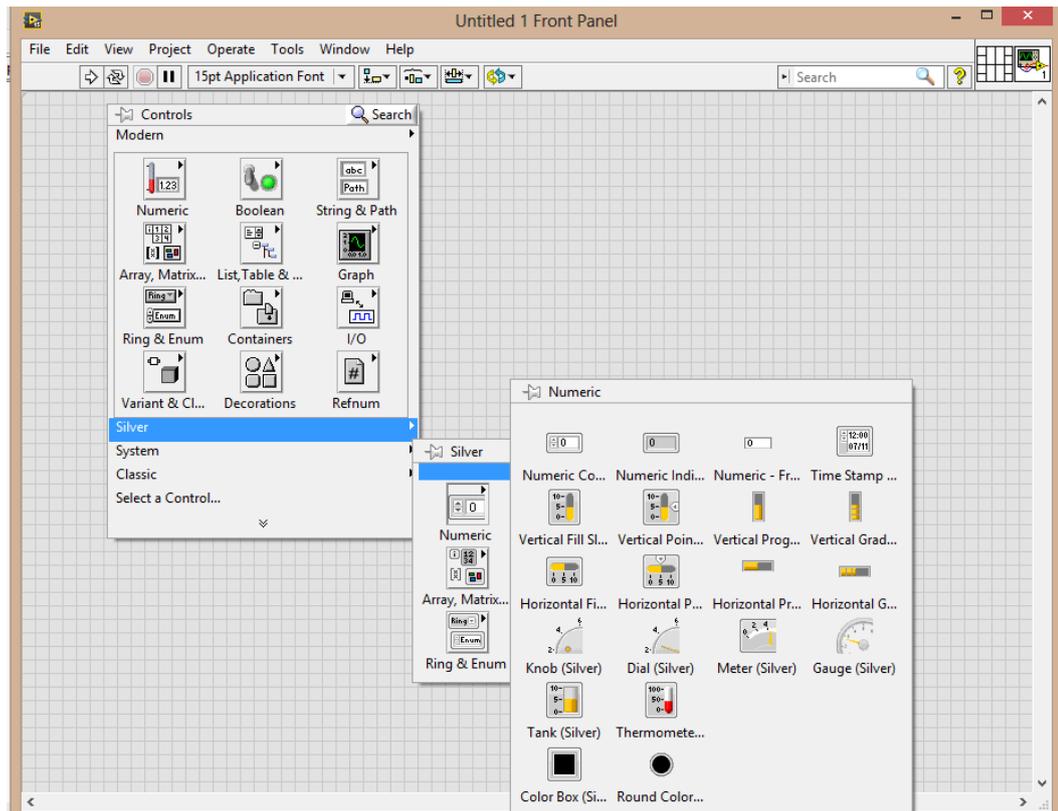
Figura 9: LabVIEW Front Panel



Fonte: Elaborado pela autora.

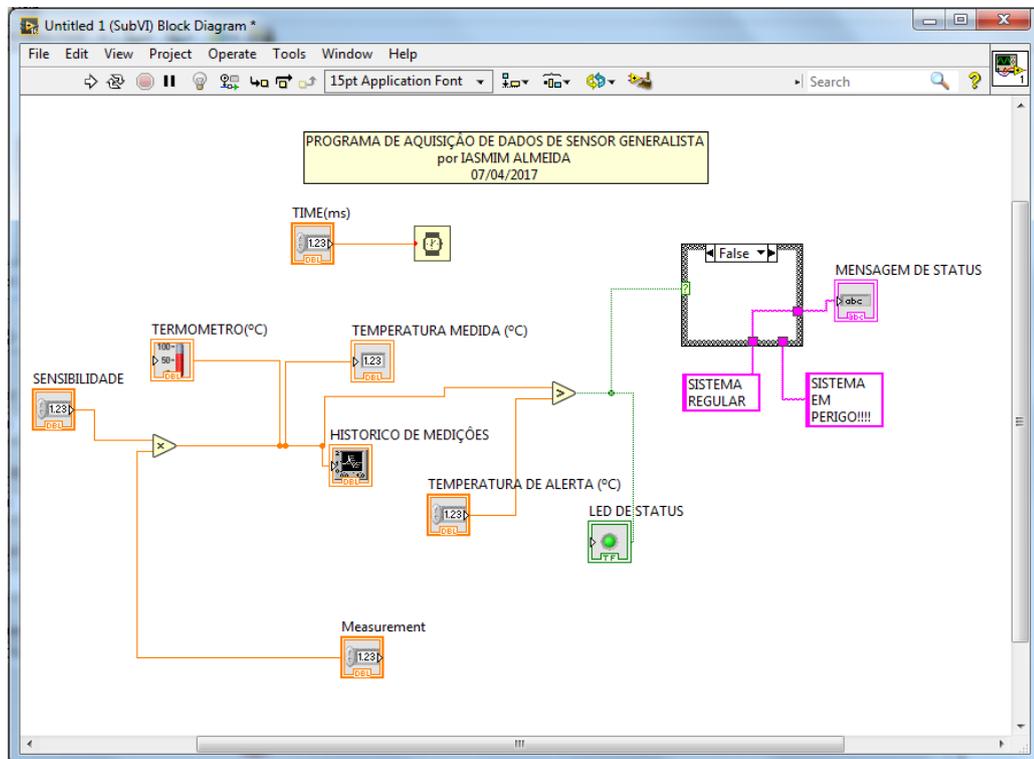
Nota: Exemplos de *layouts* de controles e indicadores disponíveis.

Figura 10: LabVIEW controls palette

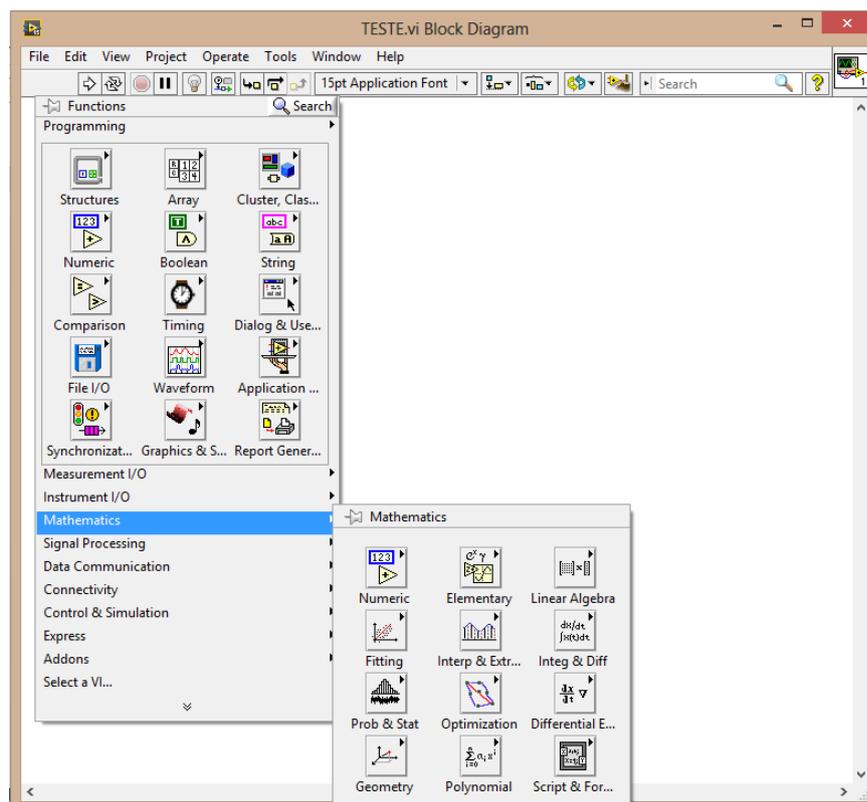


Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: Controls palette com o menu de controles numéricos estendido.

Figura 11: LabVIEW *Block Diagram*

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 12: LabVIEW *functions palette*

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: Functions palette com o menu de funções matemáticas estendido.

Assim como ocorre com a NI ELVIS, também é possível a incorporação de *add-ons* à versão básica dos programas, os *toolkits*, que são conjuntos de bibliotecas e VIs específicos de determinadas áreas que adicionam recursos ao *software* (SALDANHA, 2013).

A escolha por indicar o LabVIEW como ferramenta pertencente a plataforma de Instrumentação Virtual proposta por este trabalho se justifica por suas potencialidades (como por exemplo, implementação de módulos de tratamento de sinais e controle de processos) e pelo modelo de ensino proposto por este trabalho, que busca utilizar as qualidades/facilidades da Instrumentação Virtual (por exemplo: otimização de tempo em Laboratório, segurança dos equipamentos e alunos, possibilidade de implementação/simulação de instrumentos mais restritos que normalmente não são acessíveis aos alunos), sem deixar de lado seu aproveitamento em sistemas estritamente reais.

As funcionalidades passíveis de serem implementadas no “*Block Diagram*”, permitiriam elaboração de sistemas bem mais complexos e funcionais do que os que seriam conseguidos através apenas da Plataforma NI ELVIS II em Laboratório. Ao mesmo tempo, a presença de um painel frontal totalmente customizado, forneceria ao aluno autonomia para uma experiência mais real com os instrumentos.

Assim, o LabVIEW serviria não apenas para otimizar processos ligados aquisição, análise e manipulação de dados; mas também, para imprimir maior realidade, dinamismo e complexidade aos sistemas de instrumentação projetados pelos alunos.

4.5 Exemplo de aplicação da metodologia e materiais de ensino propostos

O Apêndice C, apresenta um modelo de “guia para aulas em laboratório” passível de ser utilizado, na parte experimental da IE, para orientar tanto o planejamento das aulas em laboratório, como também, a execução das atividades experimentais a serem realizadas pelos alunos. Neste guia, é proposto um experimento que consiste na “Implementação de um sistema de aquisição, tratamento e visualização de sinais advindos de um sensor LM35, através do *software* LabVIEW e da plataforma NI ELVIS”.

Este experimento pode ser utilizado para introduzir os ambientes de uso do LabVIEW e da NI ELVIS visto que tem um nível de dificuldade reduzido e um roteiro de execução de fácil acompanhamento pelo aluno, mesmo para aqueles que não tem intimidade prévia com estes ambientes de instrumentação.

Ademais, todas as propostas apresentadas no item 4.2, a respeito da metodologia a ser utilizada para aulas de laboratório, foram previstas no desenvolvimento deste guia. Como por exemplo:

- Disponibilização dos materiais bibliográficos necessários para a preparação do estudante à aula: no caso do experimento citado, seriam o *datasheet* dos sensores LM35 e o próprio texto presente neste guia.
- Possibilidade de execução prévia dos experimentos antes das aulas: No caso do experimento citado, sua execução é sugerida em duas etapas (itens “6” e “8” do Apêndice C), sendo uma realizada na pré-aula, e a outra durante a aula em laboratório. A primeira etapa consistiria em preparação de um programa em LabVIEW para tratamento e visualização de dados advindos de um sensor de temperatura fictício, na qual o aluno é apresentado ao ambiente do software LabVIEW. A segunda etapa consistiria na efetiva utilização da plataforma de instrumentação virtual, na qual implementa-se um sistema de medição de temperatura com funcionamento real, através de medições adquiridas por um sensor LM35 conectado a placa de aquisição NI ELVIS, e do programa preparado na etapa anterior; nesta etapa o aluno é apresentado ao conceito de aquisição de dados através do conjunto NI ELVIS e LabVIEW;
- Propostas de atividades pós aulas para complementar os experimentos realizados (item “7” do Apêndice C): É proposto a realização de um desafio que consiste em adicionar ao sistema de medição implementado anteriormente a função de controlar um dispositivo real, no caso, um *cooler* de 5V. Assim o aluno deve pesquisar como utilizar os dados das medições efetuadas para controle do um *cooler* e, utilizando os conhecimentos previamente aprendidos durante a execução do experimento anterior, solucionar o desafio proposto.
- Definição da lista de todos materiais necessários para o experimento a ser realizados, sejam eles bibliográficos (como livros ou vídeos), equipamentos (sensores, instrumentos diversos), softwares e etc. No caso do experimento proposto, estes materiais seriam a NI ELVIS (*hardware e software*), LabVIEW, um sensor LM35, Fios *jumpers*; o *datasheet* dos sensores da família LM35, entre outros documentos que tratam de aspectos introdutórios à NI ELVIS, LabVIEW e medição com o LM35;
- Sessões para retirada de dúvidas e discussões sobre os experimentos: No decorrer do guia de aula são previstos momentos para discussão das atividades realizadas, como por exemplo: na “conclusão” (item “9” do Apêndice C), a qual propõe a partilha dos

resultados obtidos através do experimento em si e do desafio; e durante a implementação do próprio experimento, como no “tutorial da etapa 2” (item 8.2) que reserva espaço para sessão de retirada de dúvidas antes da realização desta etapa.

Acrescenta-se ainda, que o tutorial do experimento (item “8”) foi desenvolvido na forma de texto devido a necessidade de apresentação neste trabalho, mas o ideal seria que fosse apresentado na forma de vídeo com áudio, gravado utilizando *softwares* de captura de tela do computador.

A presença do tutorial é importante devido ao objetivo deste primeiro experimento, que consiste em apresentar a plataforma. Nos outros experimentos, considerando seus objetivos e o grau de dificuldade pode-se escolher, não apresenta-lo no guia para que assim os alunos desenvolvam sua capacidade de solucionar o problema, ou mesmo sugerir que os próprios o elaborem, incentivando-os assim, a partilhar conhecimentos com os outros alunos da disciplina e produzir material que ficará à disposição desta.

Outra observação pertinente é que a exemplo também do que foi feito no guia apresentado, além do tutorial descrever o passo-a-passo do experimento; é importante que cada um destes passos seja explicado sucintamente, de maneira a demonstrar o porquê de estarem presentes no experimento, bem como, o princípio de funcionamento das funções e equipamento utilizados durante sua implementação.

4.6 Resultados esperados na implementação da metodologia de ensino proposta

A respeito da utilização de simulações computacionais, como estratégia de aprendizagem para a IE; acredita-se que a mesma imprimirá maior velocidade à evolução das atividades realizadas em sala de aula. Isto porque, em uma abordagem tradicional de ensino experimental (utilizando equipamentos de bancada reais, sem auxílio de computadores ou dispositivos de aquisição de dados) além do tempo necessário para realização dos experimentos em si; há a demanda de tempo extra para checagem de funcionamento dos materiais utilizados nestes (fontes, instrumentos de medição, circuitos eletrônicos etc.), conexão dos circuitos de força dos equipamentos, aferição de resultados, calibração de medidores, entre outros procedimentos, que devem ser realizados em sala de aula durante a implementação dos experimentos e que não fazem parte da proposta destes, o que acaba reduzindo a carga horária prática efetiva da disciplina. Por outro lado, conforme apresentado no Item 4.4.2, a Plataforma de Instrumentação Virtual proposta apresenta um funcionamento simplificado, não necessitando de boa parte destes ajustes.

Além disso, a utilização de uma estratégia de ensino baseada em sala de aula invertida, na qual o professor atua como um orientador das atividades, otimizaria ainda mais a carga horária da disciplina; pois no caso das aulas práticas, ao aluno seria permitido trabalhar sobre os experimentos fora da sala de aula, reservando a esta apenas a supervisão das atividades realizadas por parte do professor, e/ou resolução de dúvidas. O mesmo aconteceria nas aulas teóricas, visto que os alunos teriam conhecimento prévio dos assuntos a serem tratados nestas, o que permite que as tarefas realizadas sala de aula possam fluir mais rápido.

Como explanado anteriormente, também há uma carência de material bibliográfico que aborde por completo os conteúdos tradicionalmente previstos para o programa da IE. Em adição, muitas obras não apresentam uma abordagem direcionada à aplicabilidade prática que é procurada por alunos e professores.

A utilização de recursos bibliográficos de apoio baseados em TICs (tutoriais, *e-books*, videoaulas), pode vir a atenuar essas duas questões. Isto porque, em um primeiro momento, seria disponibilizado um leque de opções bibliográficas mais dinâmicas para estudo e fixação dos conteúdos: o aluno por exemplo, poderia ser apresentado aos conteúdos através de *e-books*, tirar dúvidas e revisar os conteúdos através de videoaulas, ser orientado na resolução de problemas e experimentos através de tutoriais.

Além disso, em um segundo momento, os próprios alunos poderiam produzir material para a IE, disseminando assim, o conhecimento técnico-científico adquirido.

Uma proposta de como isto pode ser feito está exemplificada a seguir, através de experimentos realizados em laboratório: Logo que os alunos desenvolvessem afinidade com a plataforma de Instrumentação Virtual, seria proposto a implementação de um experimento escolhido a critério do aluno ou do próprio professor. Ao finalizá-lo, ao invés da elaboração de um relatório científico tradicional sobre as atividades executadas, pode-se sugerir a elaboração de um tutorial em forma de *e-book*, ou mesmo, de uma videoaula descrevendo os procedimentos realizados para resolução dos experimentos e sua análise de resultados, que ficaria à disposição para os próximos alunos da disciplina.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou uma proposta para o ensino da disciplina Instrumentação Eletrônica no Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão, a qual contemplou uma ementa atualizada com temas a serem abordados no decorrer da disciplina, bem como, estratégias metodológicas para apoiar o processo de ensino aprendizagem destes temas.

O primeiro estágio em seu desenvolvimento consistiu em um estudo sobre os programas de ensino de disciplinas que abordam conteúdos ligados à temática de Instrumentação Eletrônica, dentro de cursos de graduação em Engenharia Elétrica de outras IES brasileiras de referência. Este estudo demonstrou que a atual ementa da IE se encontra, de fato, parcialmente afinada com os principais temas abordados em outras IES, entretanto, ainda assim, foi observada uma necessidade de incrementos nos conteúdos cobertos pelo programa desta. Portanto, com base nestes dados, foi apresentada uma nova e mais abrangente ementa, exposta no Capítulo 3, que atenua esta problemática, passível de ser utilizada para o ensino da disciplina.

Os estudos realizados sobre o uso de TICs e das Metodologias Ativas de Aprendizagem *Flipped Classroom*, Aprendizagem Baseada em Projetos e Simulações Computacionais; demonstraram que a adoção destas estratégias no ensino profissional, quando bem planejadas e aplicadas; otimizam o desenvolvimento de habilidades cognitivas, profissionais e sociais importantes, tais como: capacidade de resolução de problemas, de planejamento, de comunicação, criatividade, iniciativa, assertividade etc.

Em relação ao caso específico da Plataforma de Instrumentação Virtual proposta, formada pelo *software* LabVIEW e pela plataforma NI ELVIS II, foi demonstrado que a mesma cumpre plenamente os requisitos para ensino da disciplina, pois suporta não somente a realização de experimentos que envolvem conceitos de medição, condicionamento e aquisição de grandezas elétricas e não elétricas; como também, que envolvem tratamento de sinais, controle e automação de processos.

Portanto, conclui-se que a implementação da metodologia de ensino-aprendizagem proposta, aliada à nova ementa produzida; se refletirá em uma otimização do processo de aprendizado dos alunos, resultando em um maior engajamento destes durante o desenvolvimento das atividades da disciplina, em um melhor aproveitamento da carga horária teórica e prática dispensada à sala de aula e, em egressos com bases teóricas sólidas e conhecimento prático sobre a área de Instrumentação Eletrônica.

5.1 Trabalhos futuros

Considerando as discussões realizadas neste trabalho a respeito do uso de TICs como ferramentas de apoio ao processo de ensino-aprendizagem; uma das propostas para continuação deste trabalho seria a expansão do banco de dados online da IE, que aqui foi pensado inicialmente apenas como um espaço de armazenamento em nuvem, para um Ambiente Virtual de Aprendizagem; no qual cada uma das cinco unidades de ensino da ementa apresentada, estivesse organizada em módulos de ensino autoinstrucional contendo videoaulas, *e-books*, experimentos, fóruns de discussão, entre outras atividades; englobando assim o conceito de salas de aula virtuais como complemento ao ensino presencial.

Com o objetivo de mensurar as efetivas contribuições da implementação da metodologia de ensino-aprendizagem proposta por este trabalho, propõem-se a criação de duas turmas de Instrumentação Eletrônica no Curso de Engenharia Elétrica da UFMA; as quais se difeririam em relação à metodologia de ensino-aprendizagem adotada. Assim, a primeira turma adotaria a apresentada neste trabalho, que faz uso de Instrumentação Virtual, TICs, e dos Métodos *Flipped Classroom*, Aprendizagem Baseada em Projetos e Simulações Computacionais. Já a segunda turma, utilizaria a metodologia tradicionalmente trabalhada para a disciplina, ou seja, sem as modificações propostas por este trabalho. Ao término da disciplina, ambas seriam analisadas qualitativamente e quantitativamente, por meio de coleta de dados e de opiniões dos alunos e professores; de modo a verificar os avanços, fragilidades e resultados do método de ensino proposto em comparação ao adotado até então.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, L. A. Fundamentos de Instrumentação. 1ª ed. Pearson Education do Brasil. 2013.
- ALBERTAZZI G. Jr.; SOUZA, A. R. Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial. 1ª ed. Editora Manole. 2008.
- ASHLOCK, D.; WARREN, A. The Engineer's Guide to Signal Conditioning. National Instruments. 2015. Disponível em <<https://goo.gl/D5lnRn>> Acessado em 02 de maio de 2017.
- BALBINOTI, A.; BRUSAMARELLO. V. J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas. v. 1. 2ª ed. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. 2010.
- BALBINOTI, A.; BRUSAMARELLO. V. J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas. v. 2. 2ª ed. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. 2014.
- BARBOSA, E; MOURA, D. Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. Boletim Técnico do Senac. Rio de Janeiro. v. 39, n. 2. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/bWatCg>>. Acessado em 02 de maio de 2017.
- BIAGIONI, A. Desenvolvimento de sistema para aquisição e acesso remoto a medidas elétricas por meio de dispositivos móveis e internet. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2014.
- BRASIL. MEC. Portaria Normativa nº 4 de 5 de agosto de 2008. Regulamenta a aplicação do conceito preliminar de cursos superiores, para fins dos processos de renovação de reconhecimento respectivos, no âmbito do ciclo avaliativo do SINAES instaurado pela Portaria Normativa nº 1, de 2007. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 06 de agosto de 2008. Seção 1, p.19. Disponível em: <<https://goo.gl/9QSnZ9>>. Acessado em 08 de maio de 2017
- CASSIOLATO. C. Condicionamento de Sinais Analógicos e Sensores. Revista Saber Eletrônica. n.460. 2012.
- DYRJAWO, N. Desenvolvimento o de um amplificador isolador para análise de sinais dinâmicos. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2003.
- EDUCAUSE. Things you should know about flipped classrooms. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/ShIaS>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

- FGV et al. Sala de aula invertida. *Ei! Revista Ensino Inovativo*. v.1. n. 1. Especial (2015). 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/FvRNDh>>. Acessado em 02 de maio de 2017.
- FERREIRA FILHO, R. Contribuições ao Uso de Novas Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Engenharia. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.
- GARCIA, P.; TORRES, L. Ensino Orientado ao projeto desafio: uma experiência para o ensino de controle, instrumentação e eletrônica. In: XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. 2007.
- GUILLERMO, O. O poder das simulações no ensino de hidráulica para engenheiros. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Especialização em Informática Aplicada à Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.
- INEP. Nota Técnica DAES/INEP nº 58/2015: Cálculo do Conceito Preliminar de Curso 2014. Brasília. 2015a. Disponível em: <<https://goo.gl/3IQZzp>>. Acessado em 02 de maio de 2017.
- INEP. Conceito Preliminar de Curso. 2015b. Disponível em: <<https://goo.gl/XbDRWE>>. Acessado em 12 de maio de 2017.
- INEP. CPC 2014. s.d.. Disponível em: < <https://goo.gl/YEJxaK> >. Acessado em 02 de maio de 2017.
- INMETRO. Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM 2012). 2012.
- JEROME, J. Virtual Instrumentation using LabVIEW. 1ª Ed. New Delhi. PHI Learning Private Limited. 2010.
- KEHTARNAVAZ, N; KIM, N. Digital signal processing system-level design using LabVIEW. 1ª ed. Oxford. Elsevier. 2005
- KHALIL, R. O uso da tecnologia de simulação na prática docente do ensino superior. In: XVI Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino. Campinas. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/ReCzOK>>. Acessado em 02 de maio de 2017.
- KRAJCIK, J.; BLUMENFELD, P. Project-Based Learning. In: Sawyer, R. The Cambridge Handbook of the Learning Sciences. 1ª ed. New York: Cambridge University Press. 2006.
- LIRA, F. Metrologia: Conceitos e Práticas de Instrumentação. 1ª ed. São Paulo: Érica. 2014.
- MASSON, T. et al. Metodologia de ensino: aprendizagem baseada em projetos (pbl). In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Belém. 2012.

MEC. MEC anuncia medidas para garantir qualidade de cursos e instituições. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/JdzWGF>>. Acessado em 02 de maio de 2012.

MEC. O que é Conceito Preliminar de Curso. s.d. Disponível em: <<https://goo.gl/eOb8rR>>. Acessado em 02 de maio de 2017.

MEC. Plataforma e-MEC. Disponível em: <<http://emec.mec.gov.br>>. Acessado em 02 de maio de 2017.

MIGEON, A.; LENEL, A. E. Pressure Sensors. In: RIPKA, P; TIPEK, A. Modern Sensors Handbook. 1ª ed. London. Iste Ltd. 2007.

MILLS, J ; TREAGUST, D. Engineering education – Is problem-based or project-based learning the answer. Australasian journal of engineering education, 2003. Disponível em: <<https://goo.gl/AUoGE0>>. Acessado em: 02 de maio de 2017

NATIONAL INSTRUMENTS. O que é o NI ELVIS?. 2011a. Disponível em: <<https://goo.gl/9gZNYh>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

NATIONAL INSTRUMENTS. Myoelectric Trainer for NI ELVIS. 2011b. Disponível em: <<https://goo.gl/cxxgwN>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

NATIONAL INSTRUMENTS. NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVISTM II Series) User Manual. 2011c. Disponível em: <<https://goo.gl/LJ8J86>>. Acessado em 02 de maio de 2017.

NATIONAL INSTRUMENTS. NI ELVISmx Help. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/LuVw5k>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

NATIONAL INSTRUMENTS. Quanser QNET Mechatronics Sensors Add-On Board. s.d.. Disponível em: <<https://goo.gl/sjOUJN>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

NETOP. Flipped Classroom-Lösungen. s.d. Disponível em: <<https://goo.gl/GtQ4xb>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

PARK, J.; MACKAY, S. Practical data acquisition for instrumentation and control systems. 1ª ed. Oxford. Newnes. 2003.

ROCHA, H; LEMOS, W. Metodologias ativas: do que estamos falando? Base conceitual e relato de pesquisa em andamento. In: IX Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Comunicação. Resende. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/ReCzOK>>. Acessado em 02 de maio de 2017.

SALDANHA, C. Processamento digital de sinais com FPGA's utilizando a plataforma LabVIEW. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2013.

SALES, J. et al. Desenvolvimento de procedimentos de medição da eficiência de blindagem eletromagnética adaptados aos laboratórios de ensino de Eletromagnetismo. Revista Educação & Tecnologia, Belo horizonte, v. 14, n. 3. 2009.

SANTOS, J.; PASSOS, J. Análise dos benefícios da aprendizagem baseada em problemas (ABP) no desenvolvimento de projetos práticos no curso de engenharia da Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP). In: Problem Based Learning International Conference. São Paulo. 2016.

SILVA NETO. J.C. Metrologia e controle dimensional. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2012.

THOMAS, J. A review of research on project-based learning. 2000. Disponível em: <<https://goo.gl/Sq7j5A>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

TUMANSKI, S. Principles of Electrical Measurement. 1ª ed. Boca Raton. Crc Press. 2006.

UFMA. Projeto Pedagógico Curso de Engenharia Elétrica. UFMA. São Luís. 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/mITSjA>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

VALENTE, J. A. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. Educar em Revista. Curitiba. Edição Especial n.4/2014. 2014. Disponível em: <https://goo.gl/D3NE2s>>. Acessado em 02 de maio de 2017.

VASCONCELOS, F. et al. Instrumentação eletrônica com metrologia: bases para uma abordagem integrada. Revista Controle & Automação. Campinas. v. 21, n. 6. 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/LDGA29>>. Acessado em 02 de maio de 2017.

VISACRO FILHO, S. Aterramentos elétricos: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento. 1ª ed. São Paulo: Artliber, 2002.

ANEXOS

ANEXO A - Áreas avaliadas pelo CPC do ano de 2014

Quadro 3 - Áreas avaliadas pelo CPC do ano de 2014, com seus respectivos códigos

CÓDIGO	ÁREA DE AVALIAÇÃO
21	ARQUITETURA E URBANISMO
72	TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS
73	TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
76	TECNOLOGIA EM GESTÃO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL
79	TECNOLOGIA EM REDES DE COMPUTADORES
701	MATEMÁTICA (BACHARELADO)
702	MATEMÁTICA (LICENCIATURA)
903	LETRAS-PORTUGUÊS (BACHARELADO)
904	LETRAS-PORTUGUÊS (LICENCIATURA)
905	LETRAS-PORTUGUÊS E INGLÊS (LICENCIATURA)
906	LETRAS-PORTUGUÊS E ESPANHOL (LICENCIATURA)
1401	FÍSICA (BACHARELADO)
1402	FÍSICA (LICENCIATURA)
1501	QUÍMICA (BACHARELADO)
1502	QUÍMICA (LICENCIATURA)
1601	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BACHARELADO)
1602	CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (LICENCIATURA)
2001	PEDAGOGIA (LICENCIATURA)
2401	HISTÓRIA (BACHARELADO)
2402	HISTÓRIA (LICENCIATURA)
2501	ARTES VISUAIS (LICENCIATURA)
3001	GEOGRAFIA (BACHARELADO)
3002	GEOGRAFIA (LICENCIATURA)
3201	FILOSOFIA (BACHARELADO)
3202	FILOSOFIA (LICENCIATURA)
3502	EDUCAÇÃO FÍSICA (LICENCIATURA)

4004	CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO (BACHARELADO)
4005	CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO (LICENCIATURA)
4006	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
4301	MÚSICA (LICENCIATURA)
5401	CIÊNCIAS SOCIAIS (BACHARELADO)
5402	CIÊNCIAS SOCIAIS (LICENCIATURA)
5710	ENGENHARIA CIVIL
5806	ENGENHARIA ELÉTRICA
5809	ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
5814	ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO
5902	ENGENHARIA MECÂNICA
6008	ENGENHARIA QUÍMICA
6009	ENGENHARIA DE ALIMENTOS
6208	ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
6306	ENGENHARIA
6307	ENGENHARIA AMBIENTAL
6405	ENGENHARIA FLORESTAL

Fonte: INEP, 2015, p.24.

ANEXO B - Informações sobre a disciplina Eletrônica II do Curso de Engenharia Elétrica da UFMA

Quadro 4 - Programa atual da disciplina Eletrônica II

Disciplina: Eletrônica II		
Carga horária	Tipo	Pré-requisito
60 h/a (apenas teórica)	Obrigatória, pertencente ao 6º semestre	Disciplina Eletrônica I
Ementa		
1 Amplificador diferencial; 2 Amplificadores operacionais: características e circuitos básicos; 3 Aplicações não lineares; 4 Princípios de realimentação; 5 Amplificadores de potência; 6 Aplicações de amplificadores operacionais em circuitos digitais e em reguladores de tensão; 7 Temporizadores; 8 Projetos		

Fonte: Adaptado de UFMA, 2006, p.60.

ANEXO C - Informações sobre a disciplina Laboratório de Eletrônica II do Curso de Engenharia Elétrica da UFMA

Quadro 5 - Programa atual da disciplina Laboratório de Eletrônica II

Disciplina: Laboratório de Eletrônica II		
Carga horária	Tipo	Pré-requisito
30 h/a (apenas prática)	Obrigatória, pertencente ao 7º semestre	Disciplina Eletrônica II e Laboratório de Eletrônica I
Ementa		
<p>Projetos, simulações e práticas sobre:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Determinação de características de amplificadores operacionais; 2 Aplicações lineares e não lineares de amplificadores operacionais; 3 Temporizadores. 		

Fonte: Adaptado de UFMA, 2006, p.63.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Referências utilizadas para pesquisa da ementa proposta

IFES. Projeto do Curso De Engenharia Elétrica. Vitória. 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/yaDxwB>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

IFES. Ementário das disciplinas optativas do Curso Engenharia Elétrica. s.d.. Disponível em: <<https://goo.gl/O80efx>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

IFSul. RESOLUÇÃO Nº 036/2011. 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/BwGM18>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

IMT. Disciplinas do Curso de Engenharia Elétrica - Diurno. Disponível em: <<https://goo.gl/Stbqmu>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

IMT. Disciplinas do Curso de Engenharia Elétrica - Noturno. Disponível em: <<https://goo.gl/uWwyDU>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UDESC. Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Elétrica. s.d. Disponível em: <<https://goo.gl/mlLN1j>> Acessado em: 02 de maio de 2017.

UEL. RESOLUÇÃO CEPE nº 355/2005. 2005. Disponível em: <<https://goo.gl/EAP8z6>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UEL. Ementário das disciplinas do Curso de Engenharia de Elétrica. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/7GdNtt>> Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFC. Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Elétrica. 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/IHjSUH>> Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFJF. Projeto Político Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica - Sistemas Eletrônicos da UFJF. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/iqY6gD>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFJF. Projeto Político Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica – Energia da UFJF. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/s8ITiq>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFJF. Projeto Político Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica – Robótica e Automação Industrial da UFJF. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/tGdAiI>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFJF. Projeto Político Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica – Sistemas de Potência da UFJF. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/TvJ9QZ>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFJF. Plano de ensino da Disciplina Instrumentação Eletrônica. s.d.. Disponível em: <<https://goo.gl/bTg4E2>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFJF. Plano de ensino da Disciplina Medidas Elétricas. s.d. Disponível em: <<https://goo.gl/0glOMU>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFMG. Projeto Político Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica. 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/tRMeBn>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFMG. Ementário das disciplinas do Curso de Engenharia de Elétrica. s.d. Disponível em: <<https://goo.gl/m7Ll5Y>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFPB. Projeto Político Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica. 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/IiE7zQ>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFRJ. Projeto Político Pedagógico do Curso de Engenharia Elétrica da UFRJ. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/WmjR7U>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFSC. Currículo do Curso de Engenharia Elétrica. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/ZjverU>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFSCar. Projeto Pedagógico do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/kKb5CM>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFV. Programa Analítico de Disciplina Instrumentação Eletrônica. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/xMGM5n>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFV. Programa Analítico de Disciplina Medidas Elétricas e Magnéticas. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/GWX3oz>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFV. Programa Analítico de Disciplina Laboratório de Medidas Elétricas e Magnéticas. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/TKqWXX>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UFV. Programa Analítico de Disciplina Introdução à Engenharia Biomédica. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/mPrcuH>>. Acessado em: 18 de julho de 2017.

UTFPR. Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Elétrica. 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/bXQZ7R>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UNIPAMPA. Projeto Pedagógico de Curso Engenharia Elétrica. 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/WA8ZK9>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UNIFEI. Programa de Formação em Engenharia Elétrica: Projeto Pedagógico. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/sx8i6m>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UNIFEI. Programa da Disciplina Medidas Elétricas. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/8pe4rU>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UNIFEI. Programa da Disciplina Laboratório de Medidas Elétricas. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/8pe4rU>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

UNIFEI. Programa da Disciplina Instrumentação. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/8pe4rU>>. Acessado em: 02 de maio de 2017.

APÊNDICE B – IES correspondentes às UOs pertencentes ao Grupo 3

Quadro 6 – IES cujas matrizes curriculares de seus cursos de graduação em Engenharia Elétrica foram utilizados como base para elaboração da ementa proposta para a IE (Grupo 3).

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Fonte: Elaborado pela autora

APÊNDICE C – Exemplo de um roteiro de experimento para estudo da parte prática da IE.

1 – IDENTIFICAÇÃO DA ATIVIDADE:

1.1 – Título: Introdução à Plataforma de Instrumentação Virtual (Medição de Temperatura).

1.2 – Aula nº XX.

1.3 – Data: XX/XX/XX.

2 – EXPERIMENTO A SER REALIZADO:

Implementação de um sistema de aquisição, tratamento e visualização de sinais advindos de um sensor LM35, através do *software* LabVIEW e da plataforma NI ELVIS.

3 – OBJETIVOS:

- Introduzir o conceito de aquisição de grandezas elétricas e não elétricas, em especial, tensão e temperatura;
- Apresentar o ambiente de trabalho do software LabVIEW;
- Introduzir o uso de Instrumentos Virtuais no LabVIEW (subVIs);
- Apresentar a plataforma NI ELVIS (*Workstation e Software*).

4 – MATERIAIS:

- NI ELVIS *Workstation*;
- NI ELVISmx;
- LabVIEW;
- Um sensor LM35;
- Fios *jumpers*;
- *Datasheet* dos sensores da família LM35.

5 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 – LabVIEW

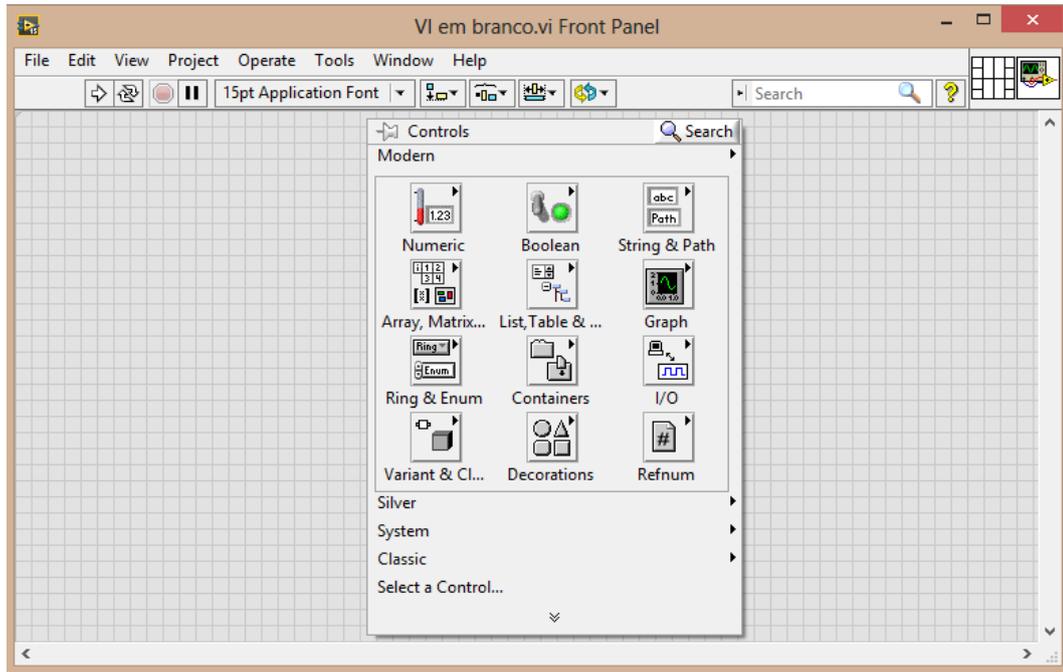
O *software* LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) é um ambiente de programação baseado em linguagem “G” (gráfica) que permite o desenho, simulação e análise de sistemas de instrumentação de modo intuitivo e prático. Nele, os programas são criados pelo usuário programador (UP), através do desenho/montagem de diagramas de blocos e posteriormente são compilados em linguagem de máquina. (JEROME, 2010).

Os programas em LabVIEW são chamados de *Virtuals Instruments* (VIs) e são construídos com base no conceito de programação por fluxo de dados. Seu ambiente de trabalho é formado por duas janelas (*panels*):

- Painel frontal ou *front panel* (Figura 13): É onde se encontra toda a interface gráfica dos instrumentos virtuais com o usuário final (UF). Nele se encontra uma paleta de funções, chamada “*controls palette*”, a qual permite que sejam adicionados a critério do UP, controles e mostradores que imitam o *design* e simulam o funcionamento de equipamentos reais, como por exemplo botões, *displays* em formato analógico e digital, LEDs, gráficos, planilhas, entre outros objetos os quais o usuário pode interagir durante as simulações dos programas.
- Diagrama de blocos ou *block diagram* (Figura 14): Como o nome indica, é onde o UP implementa os programas na forma de diagramas de bloco, ou seja, onde fica o código fonte dos programas. Nesta área de trabalho se encontra a paleta de funções (*functions palette*), onde estão todas as funções que serão utilizadas para elaboração dos programas. Essas funções são representadas graficamente por meio de pequenos blocos que contam com terminais de entrada e saída. A programação realizada pelo UP é feita através da conexão dos terminais destes blocos aos terminais de outros blocos de funções, e pela configuração interna de cada bloco através de janelas específicas de configuração. Entre as funções presentes na paleta de controles destacam-se as para geração de sinais arbitrários (que apresentam forma de onda totalmente configurável pelo UP), ferramentas matemáticas diversas (multiplicação, potenciação, cálculo integral e diferencial, cálculo estatístico, álgebra linear, etc.), processamento digital de sinais, laços de programação (*for*, *while*, *case*, etc.), controle de tempo (*delay*), entrada e saída de dados (para importação ou exportação

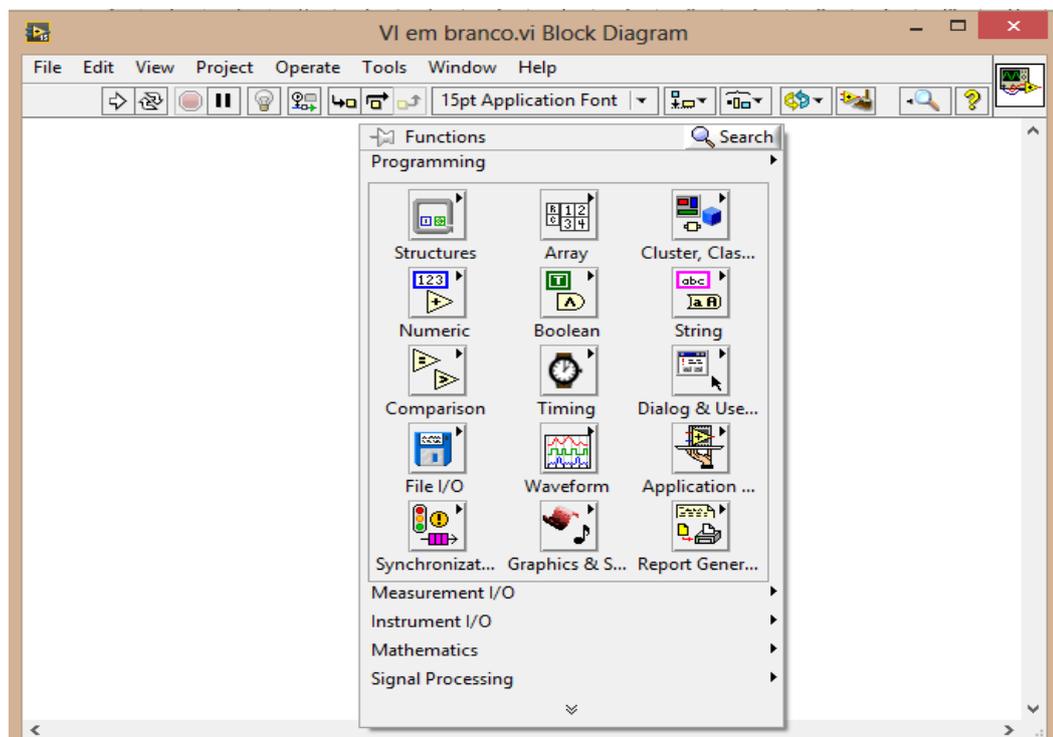
de dados em arquivos) e blocos para cossimulação com dispositivos de aquisição de dados e outros *softwares*.

Figura 13: LabVIEW *Front Panel*



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 14: LabVIEW *block diagram*



Fonte: Elaborado pela autora.

Uma outra característica importante do LabVIEW é a possibilidade de criação de sub-rotinas ou programas dentro de programas: O UP pode criar um programa (uma VI), e adicioná-lo em um outro programa na forma de bloco de maneira a reaproveitar seu código, como subVI. Assim, a partir de programas mais simples é possível a criação de projetos mais complexos, o que poupa tempo do UP (pois este não necessitará construí-los do zero) e torna a programação mais enxuta (já que os blocos de funções estão divididos em vários projetos separados).

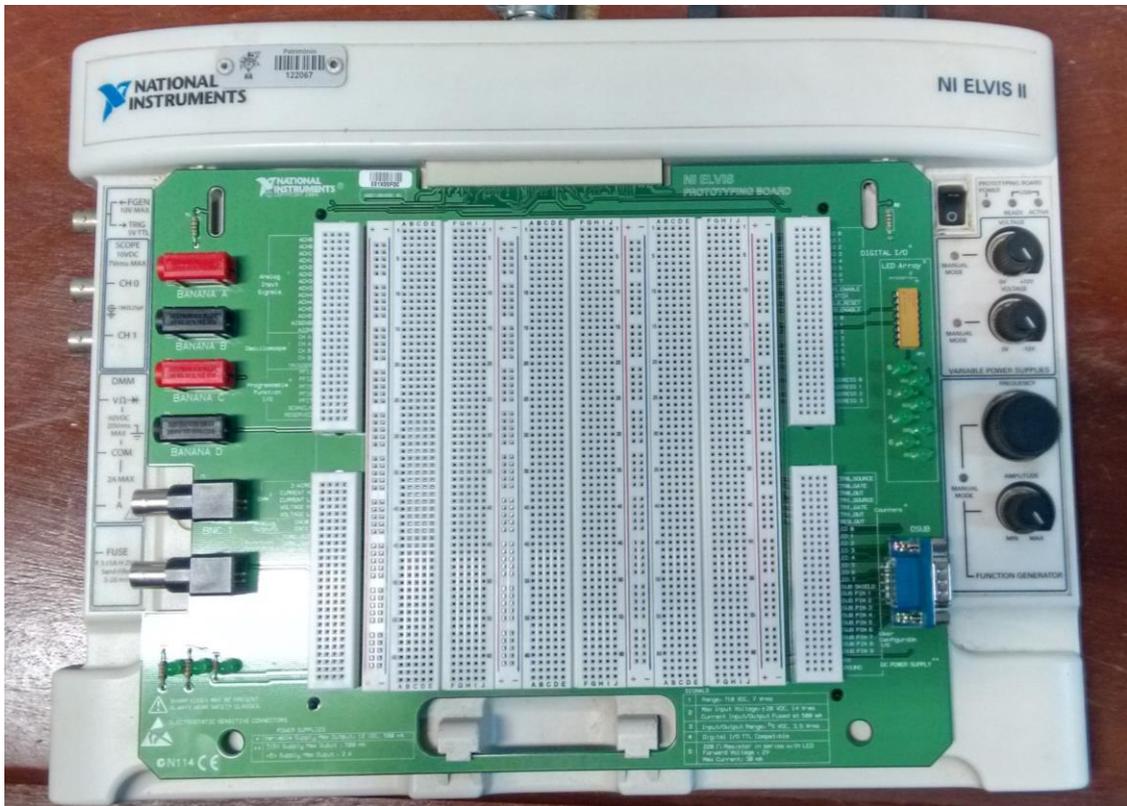
5.2 – NI ELVIS II

A NI ELVIS II (*Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite*) é uma plataforma (*hardware e software*) baseada em instrumentação virtual para laboratórios de engenharia, desenvolvida especialmente para o meio acadêmico pela *National Instruments*. Basicamente, ela reúne de forma compactada alguns dos instrumentos mais utilizados em laboratórios de instrumentação eletrônica: Osciloscópio, Multímetro digital, Gerador de funções, Fontes de alimentação variáveis, Gerador de forma de onda arbitrária, Analisador de sinais dinâmicos, Analisador de impedância, Analisador de curvas de Bode, Analisador de corrente e voltagem a dois fios, Analisador de corrente e voltagem a três fios, Leitor de dados digitais, Escritor de dados digitais. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2011a)

Em relação a seu hardware, apresentado na Figura 15, em sua forma básica trata-se de uma estação de trabalho (NI ELVIS *workstation*) e uma placa de prototipagem (NI ELVIS *Prototyping Board*) onde é feita a montagem dos circuitos a serem testados e onde se encontram o hardware dos instrumentos (pontos de conexão, conectores, botões, LEDs e etc.).

Quanto a seu software (Figura 16), constitui-se em sua versão fundamental de um painel frontal, chamado de NI ELVISmx *Instruments Launcher*, onde podem ser acessados virtualmente os instrumentos citados para visualização, análise e armazenamento dos dados colhidos pela *workstation*; assim como um instrumento real comum os faria. Entretanto, também é possível a integração direta desta com outros softwares, como por exemplo o LabVIEW; o que potencializa as possibilidades de utilização do conjunto, permitindo o desenvolvimento de inúmeras ferramentas para análises e tratamento destes dados, além de outras aplicações inteligentes.

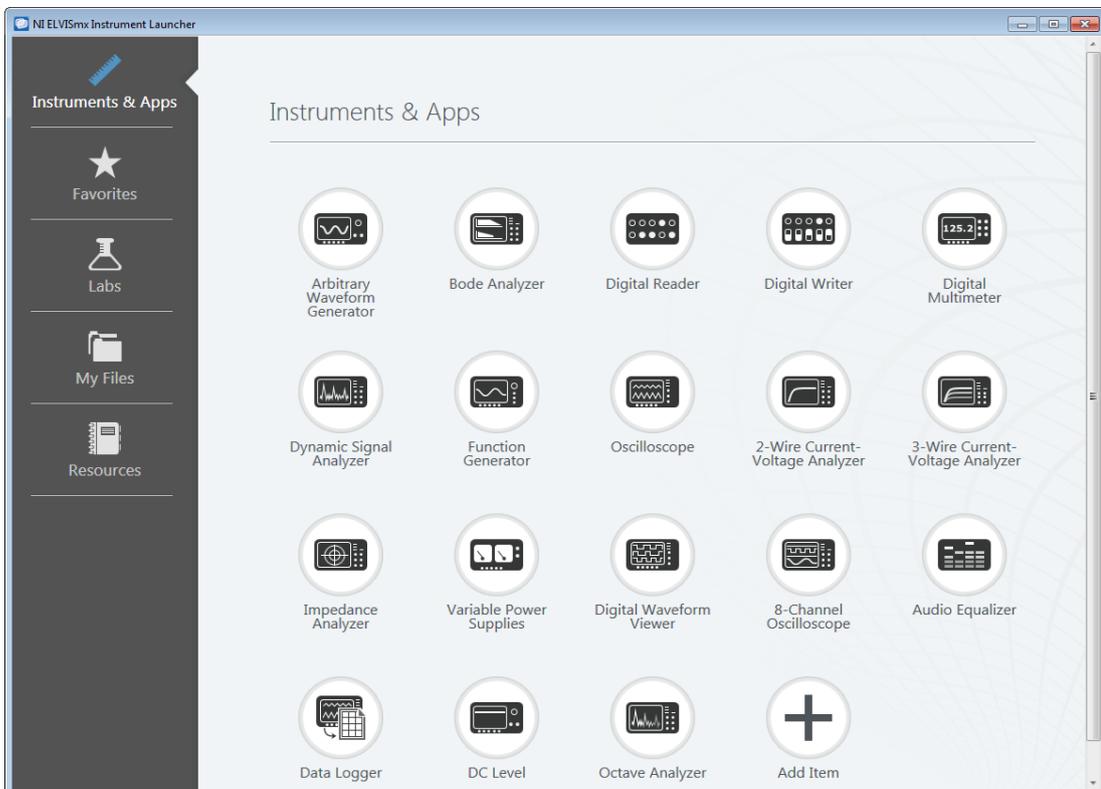
Figura 15: Hardware NI ELVIS



Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: Hardware de propriedade da Universidade Federal do Maranhão

Figura 16 – NI ELVISmx Instruments Launcher



Fonte: NATIONAL INSTRUMENTS. 2014

5.3 – Sensores LM35

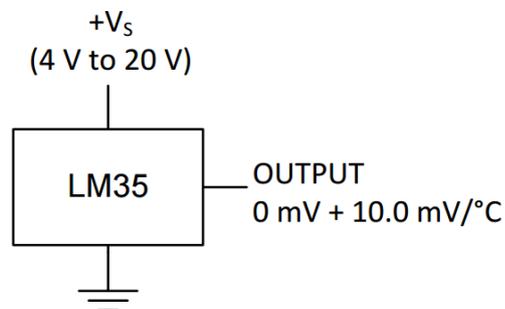
Os sensores LM35 se constituem uma família de sensores de temperatura de circuito integrado, que apresentam como principais características alta precisão, alta linearidade e graduação de saída em escala Celsius, isto é, o sensor fornece uma tensão de saída cuja amplitude é proporcional à temperatura medida em escala Celsius. O princípio de funcionamento de um LM35 se baseia em sua construção feita em materiais semicondutor, os quais idealmente em baixa temperatura atuam como isolantes e tem sua condutividade aumentada a medida que há acréscimos de temperatura (BALBINOTI; BRUSAMARELLO, 2010).

Outras características dos LM35 são apresentadas a seguir:

- Faixa de medição de -55°C a 150°C ;
- Sensibilidade de $+10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$;
- Precisão típica de $+0.25^{\circ}\text{C}$ a temperatura ambiente e de $+0.75^{\circ}\text{C}$ em outras faixas de medição;
- Tensão de alimentação na faixa de $+4\text{V}$ a $+30\text{V}$.

Um LM35 apresenta três pinos para conexão: Um para conexão da tensão de alimentação (V_s), um para conexão do terra (GND) e um para o sinal da tensão de saída (V_{out}). A Figura 17, apresenta um modelo de circuito elétrico com um LM35 em sua conexão mais simples, que pode ser utilizado para medições de temperatura na faixa de $+2^{\circ}\text{C}$ a $+150^{\circ}\text{C}$. Para esta configuração, a tensão de alimentação deve estar na faixa de $+4\text{V}$ a $+20\text{V}$.

Figura 17 – Circuito básico para medição de temperatura com um sensor LM35



Fonte: TEXAS INSTRUMENTS. 2016.

A família LM35 é bastante popular para uso como sensores de temperatura, devido seu custo reduzido, precisão e praticidade de uso, como pode ser percebido pela Figura 17.

Por fim, ressalva-se que as informações (excetuando-se aquelas cujas referências foram

citadas) expostas neste item (2.2.1) foram apresentadas com base no *Datasheet* dos Sensores LM35 publicado pela TEXAS INSTRUMENTS (2016).

6 - PROCEDIMENTOS:

Este experimento deve ser realizado em duas etapas, sendo uma realizada em modo pré-aula, e a outra, durante uma aula em laboratório.

A primeira etapa consistirá basicamente na preparação de um programa em LabVIEW para tratamento e visualização de dados advindos de um sensor de temperatura fictício; que deverá ser implementado e testado antes da próxima aula de Laboratório da Disciplina Instrumentação Eletrônica, com base no tutorial presente no Item 8.1. Nesta etapa você será apresentado ao ambiente de programação do LabVIEW e à criação e utilização do conceito de subVIs.

A segunda atividade consistirá na utilização do programa implementado na primeira etapa anterior e implementação de um circuito de força na NI ELVIS *workstation* para medição de temperatura através de um sensor LM35, feita em ambiente real, que deverá ser executada em sala de aula, com base no tutorial presente no Item 8.3. Nesta etapa você será apresentado à plataforma NI ELVIS e ao conceito de aquisição de dados através do conjunto NI ELVIS e LabVIEW.

7 – DESAFIO:

Após ter realizado as etapas anteriores, pesquise como utilizar os dados das medições efetuadas para controle de um *cooler* de 5V. Assim, elabore um programa em LabVIEW para monitoramento da temperatura lida pelo sensor, de modo que quando esta apresentar valores acima do especificado pelo usuário, o cooler seja acionado. Planeje também o circuito elétrico de força (que será montado na NI ELVIS *Workstation*).

Por exemplo: Supondo que o usuário defina que a temperatura de acionamento do *cooler* seja 50°C, este deve ser imediatamente acionado assim que o sensor registrar uma temperatura que ultrapasse este valor. Da mesma forma, quando for detectado que o sistema saiu da zona de perigo (quando a temperatura cair para valores menores que 50°C), o *cooler* deve ter seu funcionamento cessado.

8 – TUTORIAL

Observação: Os comentários estão escritos em *itálico*.

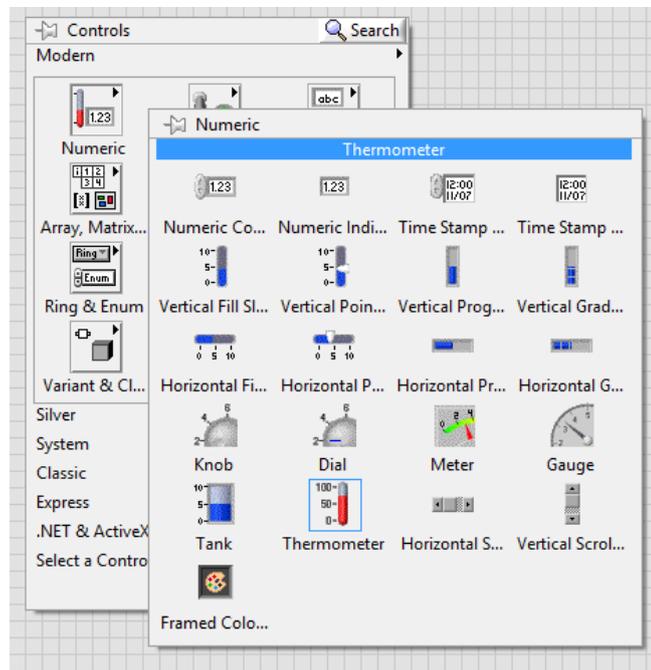
8.1 – Etapa 1:

8.1.1 – Com o *software* LabVIEW aberto, crie uma VI em branco, clicando com botão esquerdo do *mouse* em *File > New VI*. Salve-a com o nome “Circuito para medição de temperatura”, através de *File > Save*.

Você perceberá que surgirão duas janelas: Uma branca (diagrama de blocos) e uma cinza (painel frontal).

8.1.2 – No painel frontal, escolha um instrumento indicador do tipo termômetro, clicando com botão direito do *mouse* em qualquer local da área quadriculada e seguindo o caminho *Controls Palette > Modern > Numeric > Thermometer* (Figura 18). Nomeio-o como “TERMÔMETRO (°C)”, para isto, clique duas vezes com o botão direito sobre o nome *Thermometer*, digite o novo nome e clique em qualquer local da área de trabalho.

Figura 18: Passo 8.1.2 do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

Ainda no painel frontal adicione um indicador numérico através de *Controls Palette >*

Silver > Numeric > Numeric Indicator. Nomeio-o como “TEMPERATURA MEDIDA (°C)”.

Adicione um indicador do tipo “Gráfico de forma de onda” através de *Controls Palette > Silver > Graph > Waveform Chart*. Nomeio-o como “HISTÓRICO DE MEDIÇÕES”.

Adicione um controle do tipo numérico através de *Controls Palette > Silver > Numeric > Numeric Control*. Nomeio-o como “SENSIBILIDADE”.

Adicione um controle do tipo booleano através de *Controls Palette > Silver > Boolean > Stop Button*. Nomeio-o como “FINALIZAR AQUISIÇÃO”.

No termômetro e no display numérico serão visualizados os valores de temperatura medidos. No gráfico será apresentado o histórico de medições tomadas.

No controle numérico “SENSIBILIDADE” será definido pelo usuário a sensibilidade do circuito de medição. No caso de testes com o sensor LM35 sua sensibilidade será definida como “100”, pois de acordo com o fabricante sua sensibilidade é de 10mV/°C, ou seja: 1 volt medido é equivalente a 100°C.

Assim, para apresentação dos resultados na escala Celsius, o sinal de saída do voltímetro da ELVIS precisa ser multiplicado por “100”, antes de sua visualização em display.

8.1.3 – Vá ao diagrama de blocos e adicione um gerador de números randômicos (Figura 19), através de *Functions Palette > Programming > Numeric > Random Number (0-1)*. Nomeio-o como “Sensor”.

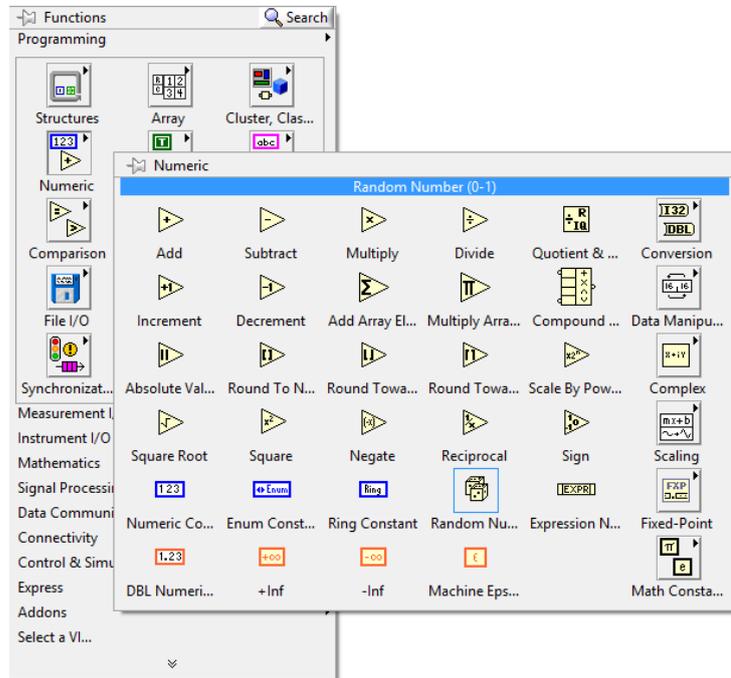
O gerador de números randômicos simulará o sinal do sensor, para que assim, o programa feito nesta etapa 1, tenha sua eficácia testada, mesmo sem a implementação do circuito de força.

Ainda no diagrama de blocos, adicione um operador matemático do tipo multiplicação, através de *Functions Palette > Programming > Numeric > Multiply*.

Adicione um laço condicional do tipo *while* para execução do programa que está sendo criado, através de *Functions Palette > Programming > Structures > While Loop*.

O laço while permitirá que o programa execute medições continuamente enquanto a condição de parada não é alcançada, assim, as medições serão tomadas continuamente enquanto o UF não decidir finalizar o programa.

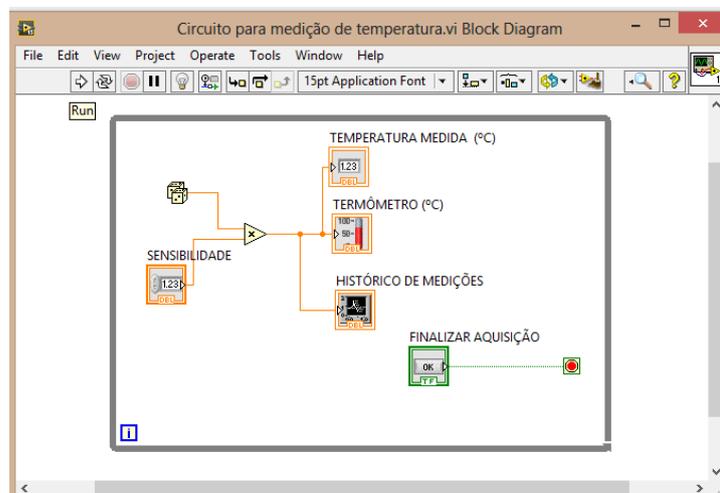
Figura 19: Passo 8.1.3 do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

8.1.4 – No diagrama de blocos, coloque todos os instrumentos dentro do laço *while* criado e implemente todas as conexões apresentadas na Figura 20. Em umas das entradas do bloco de multiplicação, conecte a saída do bloco “SENSOR”, na outra entrada conecte a saída do bloco “SENSIBILIDADE”. Conecte a saída do bloco de multiplicação à entrada do bloco “TEMPERATURA MEDIDA °C”, à entrada do bloco “HISTÓRICO DE MEDIÇÕES” e à entrada do bloco “TERMÔMETRO °C”. Conecte o bloco “FINALIZAR AQUISIÇÃO” a entrada do bloco “Loop Condition”.

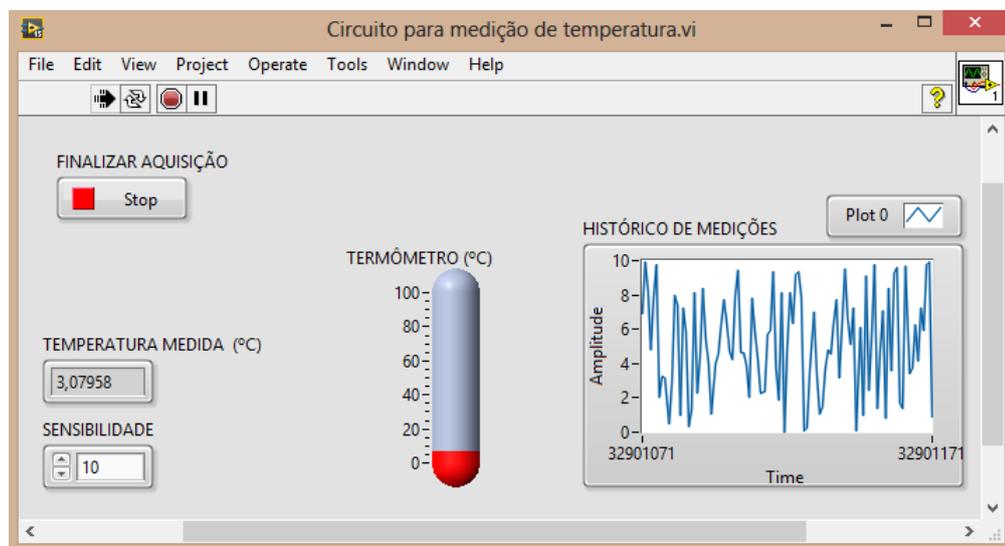
Figura 20: Passo 8.1.4 do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

8.1.5 – Execute o programa criado, clicando em “Run” (seta branca na barra de ferramentas do diagrama de blocos, mostrada na Figura 20). Vá no painel frontal e verifique o programa sendo executado (Figura 21). Ajuste a sensibilidade do sistema, digitando valores aleatórios no controle “SENSIBILIDADE”. Verifique que as medições são tomadas muito rapidamente, logo será necessário adicionar um temporizador no programa implementado para controlar o intervalo entre as aquisições. Pare a execução do programa clicando no botão “FINALIZAR AQUISIÇÃO”.

Figura 21: Passo 8.1.5 do Apêndice C



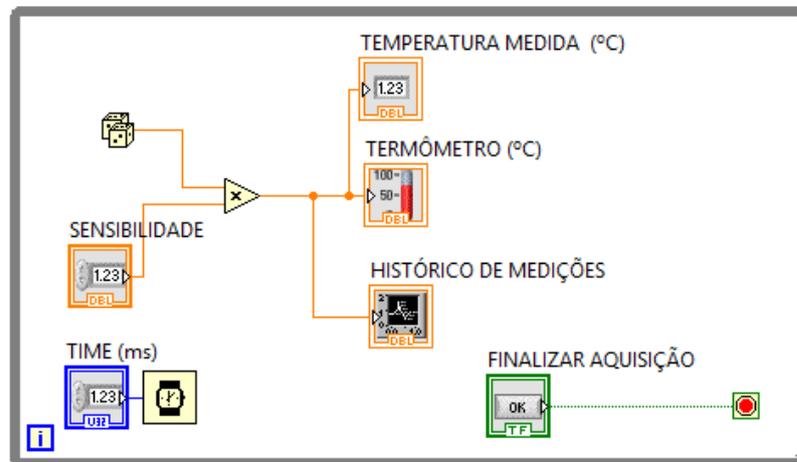
Fonte: Elaborado pela autora.

8.1.6 – No diagrama de blocos, adicione um temporizador dentro do laço *while* (Figura 22), através de *Functions Palette > Programming > Timing > Wait (ms)*. Adicione um controle numérico a este temporizador, clicando com o botão direito sobre o ícone do temporizador e depois em *Create > Control*. Nomeie-o como “TIME (ms)”, pois este temporizador é contado em milissegundos.

O temporizador será responsável por controlar o intervalo entre duas iterações sucessivas do laço while. Assim a partir da finalização de uma iteração, ele aguardará “X” ms para iniciar uma nova iteração.

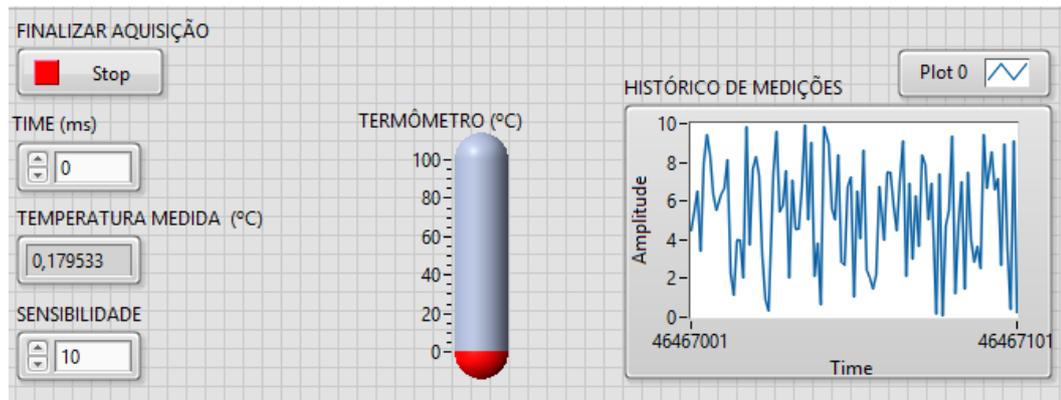
Feita esta etapa o painel frontal deverá ter a aparência da Figura 23.

Figura 22: Passo 8.1.6 parte 1, do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 23: Passo 8.1.6 parte 2, do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

8.1.7 – Execute o programa novamente, clicando em “Run”. No painel frontal verifique o programa sendo executado. Ajuste o temporizador do sistema, digitando valores aleatórios no controle “TIME (ms)”. Verifique a mudança no tempo de aquisição das medidas. Pare a execução do programa.

Ao fim do passo 6.3.7, você terá criado um programa genérico para visualização de dados advindos de um sensor de temperatura, com controle de sensibilidade e intervalo de amostragem. Para transformá-lo em um programa de aquisição de dados reais de temperatura, basta apenas trocar o bloco que simula o sensor de entrada, que é o gerador de número randômico, por um bloco correspondente a uma entrada de um Dispositivo de Aquisição de Dados, como a ELVIS. Este último procedimento será melhor detalhado no Item 6.3, quando serão usados os valores lidos pelo multímetro da ELVIS.

Os próximos passos desta etapa (etapa 1) consistirão em complementar este programa,

para que o mesmo seja usado não apenas para prover visualização de medições, mas também para ações de controle com base nos dados medidos.

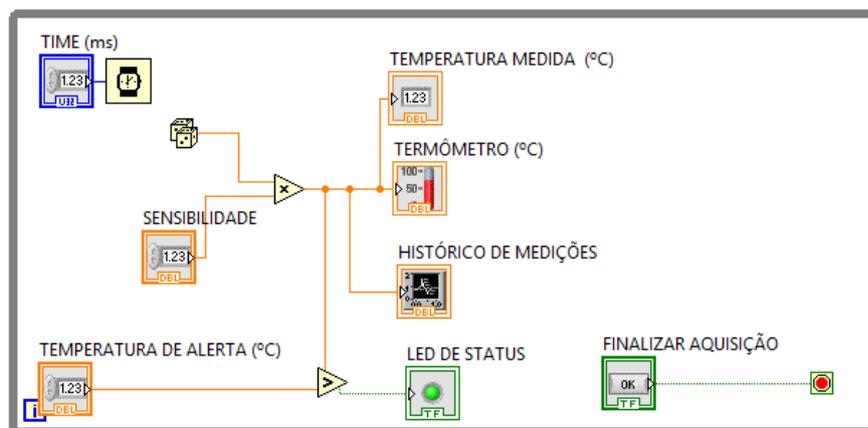
8.1.8 – No painel frontal adicione um indicador do tipo Booleano, através de *Controls Palette* > *Modern* > *Boolean* > *Round LED*, nomeie-o como “LED DE STATUS”.

Ainda no painel frontal adicione um outro controle numérico através de *Controls Palette* > *Silver* > *Numeric* > *Numeric Control*. Nomeie-o como “TEMPERATURA DE ALERTA (°C)”.

Vá ao diagrama de blocos e insira um bloco de comparação do tipo “maior que”, através de *Functions Palette* > *Programming* > *Comparison* > *Greater?* Conecte a primeira entrada do bloco comparador à saída do bloco de multiplicação, a segunda entrada do comparador à saída do controle “TEMPERATURA DE ALERTA °C”, a saída do comparador à entrada do “LED DE STATUS”. Ao final deste passo o programa no diagrama de blocos deverá ter a aparência da Figura 24.

A ação de controle implementada neste passo funciona da seguinte maneira: Assim que a condição do bloco “maior que” for verdadeira, ou seja, a temperatura medida for maior que a temperatura de alerta, o LED acenderá indicando perigo, ou seja funcionará como uma lâmpada de sinalização.

Figura 24: Passo 8.1.8 do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

8.1.9 – Vá ao painel frontal e adicione um indicador do tipo *string*, através de *Controls Palette* > *Silver* > *String & Path* > *String Indicator*. Nomeie-o como “MENSAGEM DE STATUS”.

Vá ao diagrama de blocos e adicione um laço do tipo “Case” dentro do laço “for”. Conecte ao sinal de interrogação verde do laço, a saída do bloco “maior que”

Adicione também duas constantes do tipo “string” através de *Functions Palette Programming > String > String Constant*. Digite em uma “SISTEMA REGULAR” e em outra “SISTEMA EM PERIGO”.

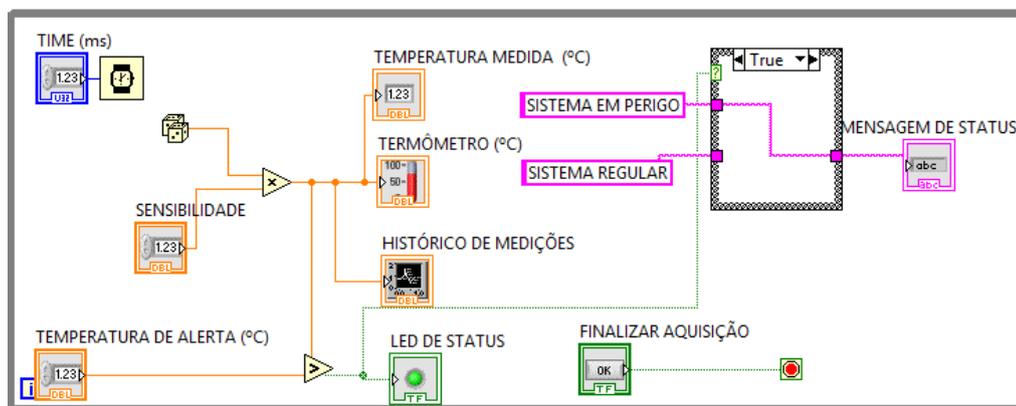
Execute a conexão dos blocos “String Constant” ao “String Indicator” conforme apresentado nas Figuras 25 e 26.

A mesma análise realizada no passo 6.2.8 pode ser utilizada neste passo. Assim que a condição do bloco “maior que” for verdadeira, ou seja, a temperatura medida for maior que a temperatura de alerta, no display “MENSAGEM DE STATUS” será exibida uma mensagem alertando perigo. Caso esta condição não seja atingida, será exibida uma mensagem indicando regularidade do sistema de medição.

Execute o programa criado e verifique o funcionamento do sistema de monitoramento criado (Figura 27).

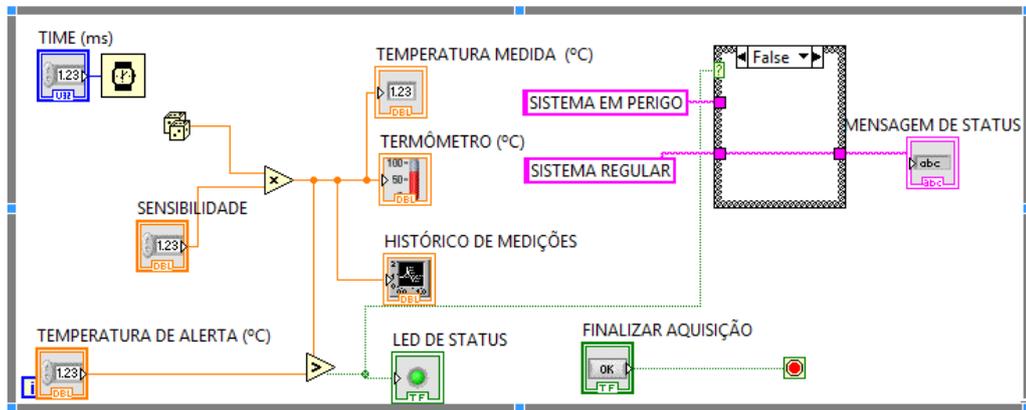
Aqui você já tem um programa genérico para visualização de dados, monitoramento e controle de um sistema de medição de temperatura, com capacidade de informar ao usuário e elaborar ações de controle caso haja alguma condição de perigo. Os próximos passos desta etapa (etapa 1) consistirão em encapsular este programa em um bloco (subVI), permitindo que suas funcionalidades possam ser utilizadas em outros programa, sem a necessidade de realizar novamente toda a etapa de programação descrita até aqui.

Figura 25: Passo 8.1.9 parte 1 do Apêndice C



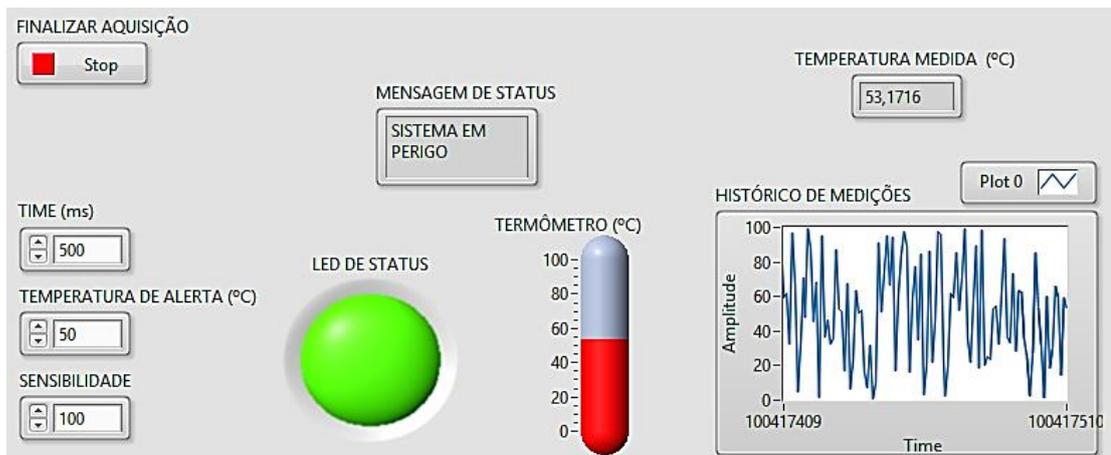
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 26: Passo 8.1.9 parte 2 do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 27: Passo 8.1.9 parte 3 do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

8.1.10 – No diagrama de blocos, substitua o gerador de números randômicos por um controle do tipo numérico e nomeie-o como “SENSOR”. Encapsule todo o programa criado; para isto selecione com o botão esquerdo todo o circuito montado, com exceção do laço *while* e sua condição de parada e o temporizador, conforme apresentado na Figura 28.

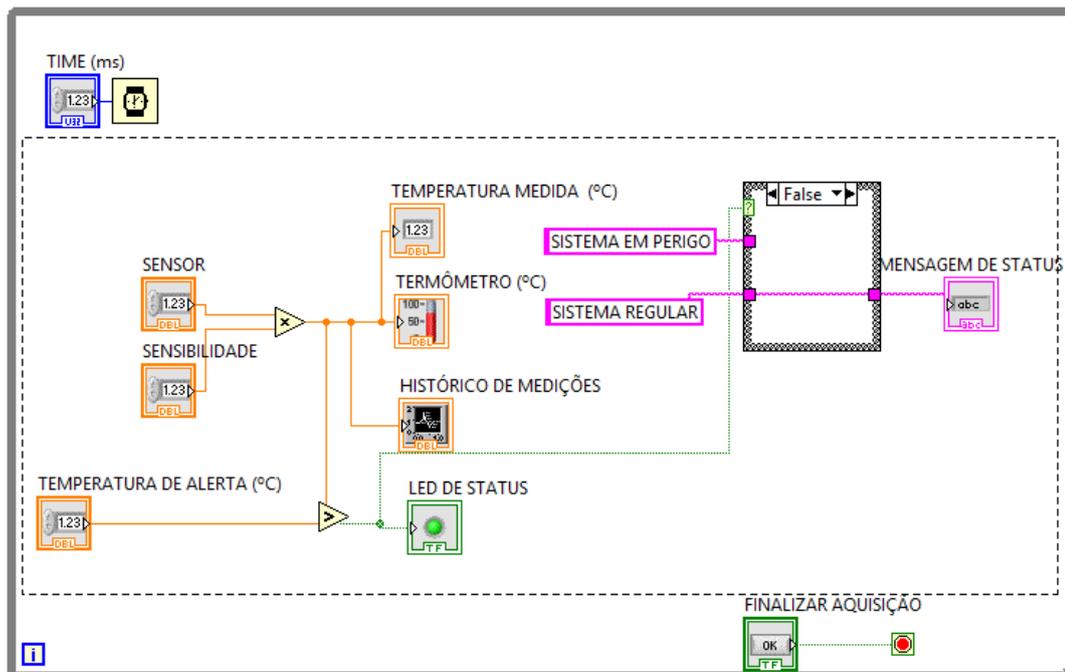
Feita a seleção, vá em *Edit > Create SubVI*. Você perceberá que todo o circuito lógico criado se transformará em um bloco com desenho semelhante a um osciloscópio, cujos terminais são os controles e indicadores criados, conforme apresentado na Figura 29.

Ainda no diagrama de blocos salve a *SubVI* criada com o nome “Circuito para medição de temperatura (subVI)”, para isto dê clique duplo sobre o bloco da *SubVI*, na janela do diagrama de blocos que surgirá, siga o caminho *File > Save > Circuito para medição de temperatura (subVI)*.

Agora o seu programa se transformou em um instrumento virtual passível de ser

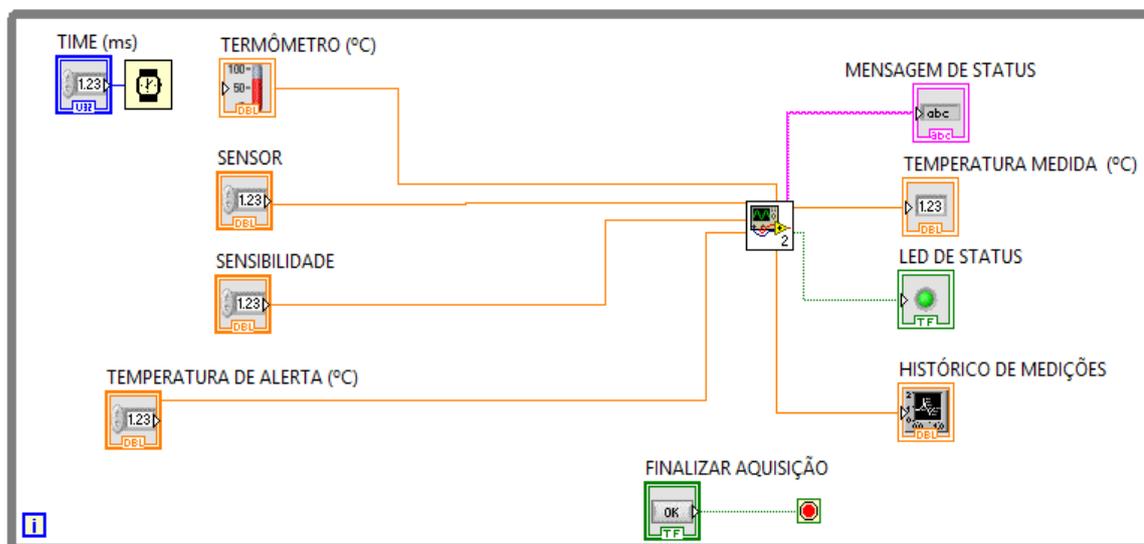
utilizado em outros programas.

Figura 28: Passo 8.1.10 parte 1, do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 29: Passo 8.1.10 parte 2, do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

8.1.11 – Para utilizar o Instrumento Virtual criado, vá no diagrama de blocos e abra uma VI em branco, clicando com botão esquerdo em *File > New VI*.

No diagrama de blocos novo que surgirá, selecione a SubVI criada, através de *Functions*

Palette > Select a VI > Circuito para medição de temperatura (subVI). Para adicionar entradas e saídas (os controles e indicadores) ao bloco que representa o programa, clique com o botão direito do mouse em cima do bloco e selecione *Create > All Controls and Indicators*.

Você pode mudar o layout dos indicadores e controles no diagrama de blocos ou mesmo excluir indicadores que não são necessários para o novo programa.

Adicione um laço *while* envolvendo todo o circuito.

No painel frontal, adicione um controle do tipo booleano através de *Controls Palette > Silver > Boolean > Stop Button*. Nomeie-o como “FINALIZAR AQUISIÇÃO”. No diagrama de blocos, conecte o bloco “FINALIZAR AQUISIÇÃO” a entrada do bloco “*Loop Condition*”. Insira novamente um temporizador (veja o passo 8.1.7). O circuito ficará exatamente igual ao da figura 26.

Execute o programa criado. Observe que seu funcionamento é exatamente igual ao programa criado ao final da etapa 7.1.9. Salve este programa como “Circuito para medição de temperatura final”

Optou-se por não adicionar ao encapsulamento, o temporizador e a lógica do laço while, prevendo que seus acréscimos poderiam gerar conflitos de lógica e programação, dependendo do circuito o qual as SubVIs fossem adicionadas. Por exemplo, temporizadores desnecessários dentro de temporizadores.

8.1.12 – Guarde os três programas criados e leve-os para próxima aula.

8.1.13 – Para adquirir maior intimidade com o ambiente de programação do LabVIEW, estude e teste as ferramentas de personalização e visualização de dados do LabVIEW. Por exemplo:

- Personalizando o eixo das ordenadas e das abcissas do indicador *Waveform Chart* (HISTÓRICO DE MEDIÇÕES);
- Verificando como o programas se comporta com modificações na lógica dos controles;
- Trocando o *layout* dos controles e indicadores;
- Testando novas formas de encapsulamento;
- Entre outras possibilidades.

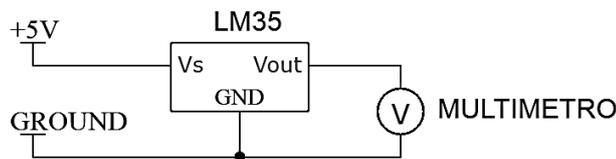
8.1.14 – Discuta suas primeiras conclusões e dúvidas sobre o experimento realizado, em laboratório, na próxima aula.

8.2 –Etapa 2:

8.2.1 – Implemente o circuito da Figura 17 na NI ELVIS *prototyping board*. Para isto, verifique o tipo de encapsulamento do sensor, para diagnóstico dos pinos correspondentes ao GND, V_s e V_{out} .

Com a *workstation* desligada (verifique se os LEDs *prototyping board/power* e *prototyping board/USB*, localizados no canto superior direito, estão desligados), conecte o pino V_s ao terminal da fonte de alimentação contínua de +5V da *prototyping board* e o pino GND ao terminal GROUND (acima do terminal +5V). Conecte o terminal comum do multímetro digital também ao pino GND e o terminal para medição de tensão ao pino V_s do sensor. A Figura 30 mostra como todas estas ligações devem ser feitas.

Figura 30: Passo 8.2.1 do Apêndice C

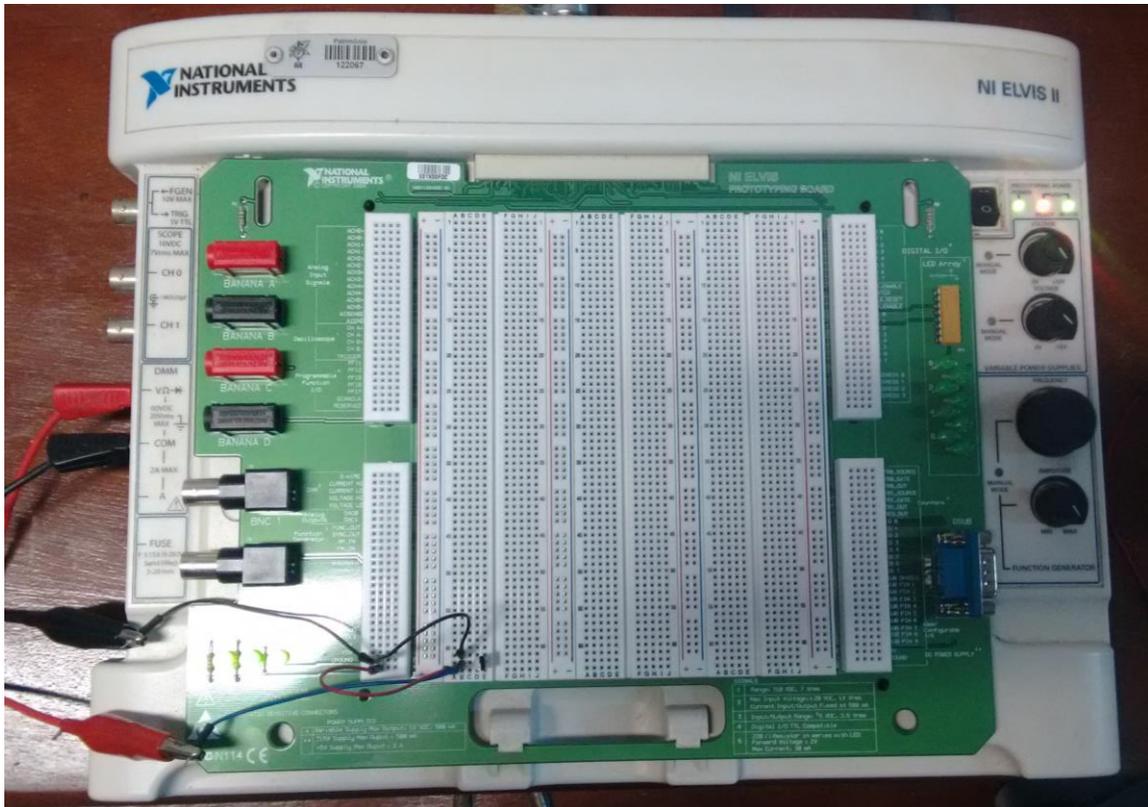


Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do software EasyEDA.

8.2.2 – Ligue a *workstation*, através do botão *workstation power switch*, localizado atrás da placa de prototipagem no canto direito, observe que o LED “*prototyping board/USB/ready*” (localizado no canto superior direito) acenderá.

Ligue a *prototyping board*, através do botão *prototyping board power switch* (localizado no canto superior direito da *workstation*, ao lado do LED *prototyping board/USB/ready*). Observe que o LED *prototyping board/power* (localizado ao lado do *prototyping board power switch*) acenderá, assim como os três LEDs indicadores das fontes de alimentação contínuas (localizados no canto inferior esquerdo *prototyping board power switch*). A Figura 31, mostra uma vista do circuito implementado com o programa em pleno funcionamento.

Figura 31: Passo 8.2.1 do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

8.2.3 – Abra o *NIELVISmx*, e selecione *Digital Multimeter*. O programa abrirá uma janela de interface com o multímetro digital da *workstation*. Selecione medição de Tensão DC (botão “V--”). Ajuste as demais configurações (*Mode*, *Device*, *Acquisition Mode*) como indica a Figura 32, caso ainda não estejam ajustadas.

Verifique a leitura efetuada. Conforme o *Datasheet* dos sensores LM35, sua sensibilidade é de “10mV/°C”, assim temperatura pode ser calculada através da equação (1).

$$T = \frac{U}{S} \quad (1)$$

Onde:

T = Temperatura medida;

U = Tensão medida no terminal V_{out} do sensor;

S = Sensibilidade do sensor.

No caso da leitura do circuito mostrado na Figura 31, a temperatura medida é equivalente a “27,49 °C”, conforme pôde ser deduzido na equação 3.

Substituindo os valores de U e S na equação 1, chega-se à equação (2):

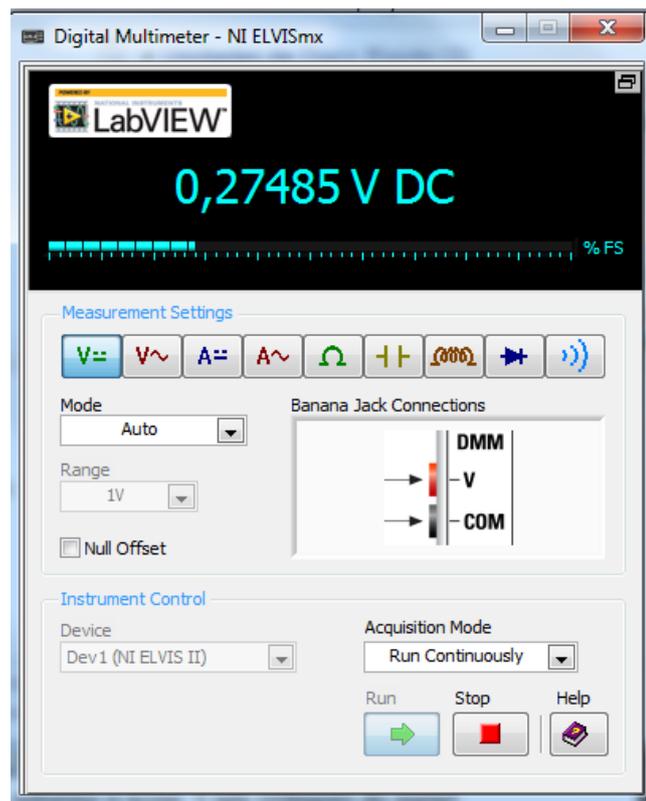
$$T = \frac{27,49 \cdot 10^{-2}V}{\frac{10 \cdot 10^{-3}V}{1^{\circ}C}} \quad (2)$$

Simplificando a equação (2), chega-se ao valor final de T :

$$T = 27,49^{\circ}C \quad (3)$$

Este é o valor da temperatura do ambiente de medição, mostrado na Figura 32.

Figura 32: Passo 8.2.3 do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

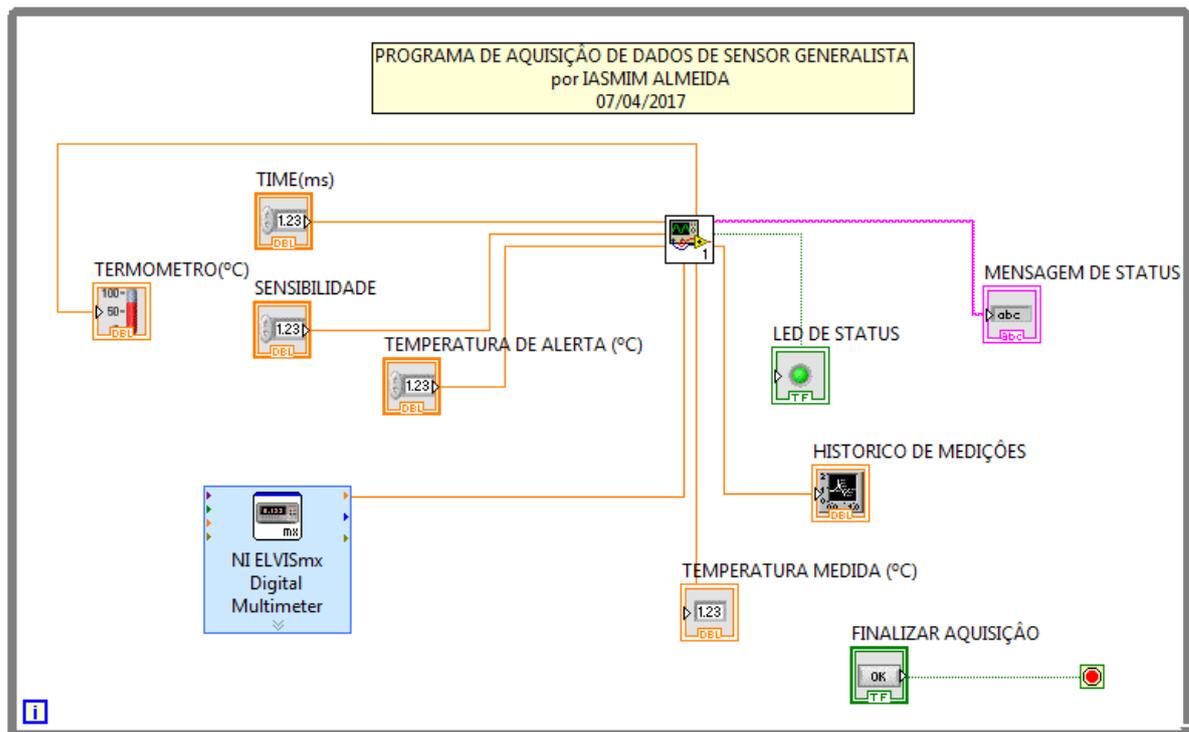
8.2.4 – Com o *software* LabVIEW aberto, abra o programa “Circuito para medição de temperatura final”. Substitua neste programa o controle SENSOR, pelo dispositivo Multímetro da NI ELVIS, através de *Functions Palette* > *Measurement I/O* > *NI ELVISmx* > *Digital Multimeter*. Ajuste as configurações do multímetro (*Mode*, *Device*, *Acquisition Mode*) como indica a figura 32, caso ainda não estejam ajustadas. O programa deve apresentar configuração

semelhante à Figura 33.

Execute o programa criado. Ajuste a sensibilidade (para 100), a temperatura de alerta e o temporizador. Verifique o funcionamento do programa.

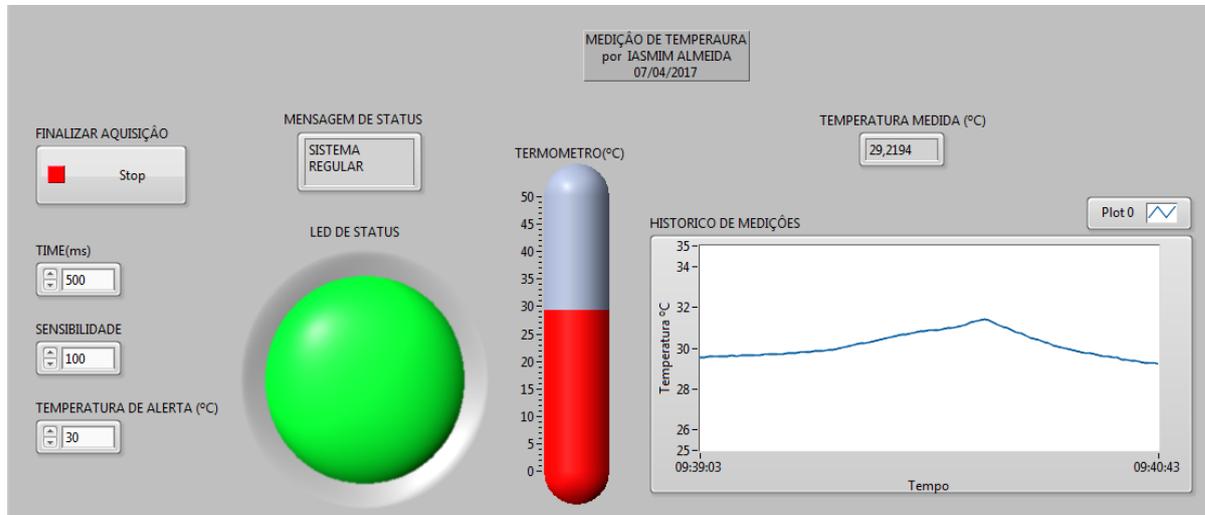
As Figura 34 e 35, apresenta o funcionamento real do programa implementado, no qual a temperatura de alerta foi ajustada para 30 °C. As variações da temperatura ambiente foram conseguidas aproximando um feixe de luz advindo de uma lanterna da superfície do sensor, o que provoca neste um moderado aquecimento. No caso da Figura 33, como a temperatura medida atual “29,2194 °C” é inferior a “30 °C”, o sistema apresenta funcionamento regular. Na Figura 34, observa-se um caso em que a temperatura medida “30,0743 °C” apresenta funcionamento anormal.

Figura 33: Passo 8.2.4 parte 1, do Apêndice C



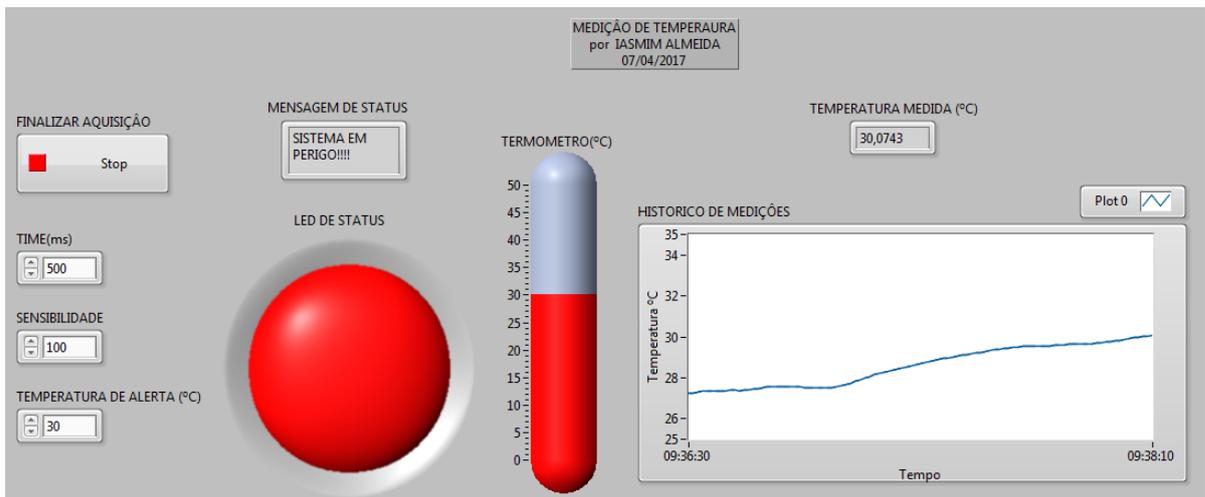
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 34: Passo 8.2.4 parte 2, do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 35: Passo 8.2.4 parte 3, do Apêndice C



Fonte: Elaborado pela autora.

8.2.5 – Realize o passo “8.2.4” com o programa “Circuito para medição de temperatura” e verifique que o funcionamento é idêntico ao observado com programa “Circuito para medição de temperatura final”, que utiliza uma subVI.

8.2.6 – Fim do Tutorial.

9 – CONCLUSÕES

Após a finalização da segunda etapa do experimento, discuta as estratégias utilizadas para o desenvolvimento dos programas elaborados com o auxílio dos itens “8.1” e “8.2” e suas conclusões sobre o experimento com o professor e demais alunos.

Discuta também sua estratégia para o desenvolvimento do desafio proposto no item “7”.

10 – PRÓXIMAS ATIVIDADES

Caso já o tenha pronto, implemente o programa criado para o desafio do item “7”. Caso contrário, pesquise como desenvolvê-lo e implemente-o na próxima aula em Laboratório.