



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Adriano Valdemar Lenhart

OSCILOSCÓPIO *BARGRAPH* PARA O ENSINO DE FÍSICA
Circuitos de Corrente Alternada

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Ronaldo Waschburger
Orientador

Profa. Dra. Aline Cristiane Pan
Coorientadora

Tramandaí
Setembro de 2021

CIP - Catalogação na Publicação

Lenhart, Adriano Valdemar
OSCILOSCÓPIO BARGRAPH PARA O ENSINO DE FÍSICA -
Circuitos de Corrente Alternada / Adriano Valdemar
Lenhart. -- 2021.
152 f.
Orientador: Ronaldo Waschburger.

Coorientadora: Aline Cristiane Pan.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte,
Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física, Tramandaí, BR-RS,
2021.

1. Ensino de Física. 2. Osciloscópio Bargraph. 3.
Circuitos de Corrente Alternada. 4. Circuitos RLC. 5.
Construção e interpretação de gráficos. I.
Waschburger, Ronaldo, orient. II. Pan, Aline
Cristiane, coorient. III. Título.

Adriano Valdemar Lenhart

OSCILOSCÓPIO *BARGRAPH* PARA O ENSINO DE FÍSICA
Circuitos de Corrente Alternada

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 09 de setembro de 2021.

Prof. Dr. Ronaldo Waschburger – MNPEF-UFRGS (Presidente da Banca)

Prof. Dr. Dario Eberhardt – PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Ederson Staudt – UFFS – Universidade Federal da Fronteira Sul

Profa. Dra. Liane Ludwig Loder – MNPEF-UFRGS

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para que esta conquista se tornasse possível.

Ao carinho da minha família e amigos pelo incentivo.

A todos os meus professores do ensino fundamental e médio que participaram da minha caminhada até a graduação.

Aos professores da graduação em Física pelo incentivo à continuidade dos estudos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ronaldo Waschburger e a minha coorientadora Prof.^a Dr.^a Aline Cristiane Pan pelos ensinamentos e contribuições durante essa jornada.

Aos professores do MNPEF – UFRGS pelos ensinamentos durante o curso.

À toda equipe UFRGS/CLN e SBF por proporcionar a realização deste curso aprimorando meus conhecimentos para o crescimento profissional.

Muito obrigado!

RESUMO

Neste trabalho foi desenvolvido um produto educacional associado a uma ferramenta denominada *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física* voltada ao ensino de circuitos elétricos com corrente alternada (CA), tão presentes na vivência diária dos alunos. Esse tipo de circuito faz uso de informações gráficas de tensões e correntes variando no tempo, exigindo do estudante as habilidades de interpretar, ler e construir representações gráficas. No entanto, embora os gráficos sejam ferramentas representacionais muito importantes em todas as disciplinas, especialmente na representação de dados em gráficos ou na interpretação de variações e relações, o resultado do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA – *Programme for International Student Assessment*) 2018 mostra a interpretação de gráficos como o "calcanhar de Aquiles" dos jovens brasileiros. A fim de auxiliar os estudantes nas dificuldades em usar, interpretar, ler e construir representações gráficas, o trabalho apresenta a construção e o uso do *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*, utilizando da observação de conhecimentos prévios na construção de novos conceitos de modo a aprimorar a capacidade dos alunos de compreender a apresentação gráfica no ensino e aprendizagem de circuitos elétricos com tensões e correntes variando no tempo. Esse produto educacional apresenta o desenvolvimento e a construção do *osciloscópio bargraph* juntamente com a sequência didática, utilizada na análise de circuitos com corrente alternada. A aplicação do produto educacional ocorreu em meio às medidas sanitárias (pandemia de Covid-19), em 2020, em uma escola estadual de ensino médio, no município de Montenegro, RS.

Palavras-chave: Ensino de Física. Circuito CA. Osciloscópio.

ABSTRACT

In this work, an educational product associated with a tool called Bargraph Oscilloscope for Physics Teaching was developed, aimed at teaching alternating current (AC) electrical circuits, which are so present in the daily experience of students. This type of circuit makes use of graphic information of voltages and currents varying over time, requiring the student to have the ability to interpret, read and build graphic representations. However, although graphs are very important representational tools in all disciplines, especially in the representation of data or in the interpretation of variations and relationships, the result of the 2018 Programme for International Student Assessment (PISA) shows the interpretation of graphics as the "Achilles' heel" of young Brazilians. In order to help students with difficulties in using, interpreting, reading and building graphical representations, this work presents the construction and use of the Bargraph Oscilloscope for Physics Teaching, using the observation of previous knowledge in the construction of new concepts in order to improve students' ability to understand graphical presentation in teaching and learning electrical circuits with voltages and currents varying over time. This educational product presents the development and construction of the bargraph oscilloscope together with the didactic sequence, used in the analysis of circuits with alternating correct. The application of the educational product took place in the midst of sanitary measures (Covid-19 pandemic), in 2020, in a state high school in the city of Montenegro, RS.

Keywords: Physics Teaching. AC circuit. Oscilloscope.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	TEMA	14
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
1.3	DESAFIOS.....	20
1.4	CONJECTURA.....	23
1.5	OBJETIVOS	24
1.5.1	<i>Objetivo geral</i>	24
1.5.2	<i>Objetivos específicos</i>	25
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
2.1	FÍSICA NO SISTEMA CA (CORRENTE ALTERNADA)	25
2.2	FORÇA ELETROMOTRIZ NO SISTEMA CA	25
2.3	SINAL ALTERNADO SENOIDAL.....	27
2.3.1	<i>Período e frequência</i>	27
2.3.2	<i>Valor instantâneo</i>	28
2.3.3	<i>Valor médio</i>	28
2.3.4	<i>Valor eficaz ou RMS</i>	29
2.4	TENSÃO E CORRENTE ALTERNADA	29
2.4.1	<i>Valores instantâneos de tensão e corrente CA</i>	30
2.4.2	<i>Valores médio de tensão e corrente em CA</i>	33
2.4.3	<i>Valores eficazes (RMS) de tensão e corrente em CA</i>	34
2.5	CIRCUITOS RESISTIVO, INDUTIVO E CAPACITIVO.....	36
2.5.1	<i>Circuito Resistivo (R)</i>	37
2.5.2	<i>Circuito Indutivo (L)</i>	39
2.5.3	<i>Circuito Capacitivo (C)</i>	42
2.6	INSTRUMENTOS DE MEDIDA	46
2.6.1	<i>Voltímetro e amperímetro</i>	46
2.6.2	<i>Osciloscópio</i>	47
2.6.3	<i>Gerador de funções</i>	49
2.7	METODOLOGIAS DE APRENDIZAGEM	51
2.7.1	<i>Contribuição de trabalhos correlatos</i>	52
2.7.2	<i>Vídeo aula</i>	54
2.7.3	<i>Experimento prático</i>	55
2.7.4	<i>Simulação computacional</i>	57

2.7.5	Modelagem computacional.....	59
2.7.6	Modelagem computacional com programas de matemática	60
2.7.7	Modelagem computacional com software Modellus.....	62
2.7.8	Programas/aplicativo da plataforma Android	64
3	DESENVOLVIMENTO OSCILOSCÓPIO BARGRAPH.....	65
3.1	INSTRUMENTOS.....	67
3.1.1	Osciloscópio.....	67
3.1.2	Gerador de funções.....	68
3.2	MATERIAIS.....	70
3.2.1	Bargraph e o LM3914.....	70
3.2.2	Simulação do Osciloscópio Bargraph.....	73
3.2.3	Fonte de tensão simétrica	75
3.2.4	Montagem do Osciloscópio Bargraph.....	78
3.3	METODOLOGIA.....	81
3.3.1	Primeira atividade – apresentação.	85
3.3.2	Segunda atividade - verificação de conhecimentos prévios e "expositório".	85
3.3.3	Terceira atividade - "expositório" para prover subsunçores.	86
3.3.4	Quarta atividade - tensão e corrente no resistor (R).	86
3.3.5	Quinta atividade - tensão e corrente no indutor (L).	87
3.3.6	Sexta atividade - tensão e corrente no capacitor (C).	87
3.3.7	Sétima atividade – discussão e conclusão.	88
4	RESULTADOS	88
5	CONCLUSÕES.....	95
	REFERÊNCIAS.....	99
	APÊNDICES	103
	APÊNDICE A: FUNÇÕES DO GERADOR DE FUNÇÕES JDS6600.....	103
	APÊNDICE B: BARGRAPH-LM3914 NO PROTEUS.	105
	APÊNDICE C: SIMULAÇÃO COM TRÊS BARGRAPH-LM3914.....	107
	APÊNDICE D: SIMULAÇÃO DO OSCILOSCÓPIO VU BARGRAPH.....	108
	APÊNDICE E: PRIMEIRA MONTAGEM NA PLACA DE TESTE.....	109
	APÊNDICE F: MONTAGEM OSCILOSCÓPIO VU BARGRAPH	110

APÊNDICE G – PRODUTO EDUCACIONAL.....	111
G.1 APRESENTAÇÃO.....	118
G.2 OSCILOSCÓPIO <i>BARGRAPH</i>.....	119
G.2.1 MONTAGEM DO OSCILOSCÓPIO <i>BARGRAPH</i>	119
G.2.2 USANDO O OSCILOSCÓPIO <i>BARGRAPH</i>	122
G.2.2.1 <i>ajustes do gerador de funções</i>	122
G.2.2.2 <i>Calibrando o Osciloscópio Bargraph</i>	123
G.2.2.3 <i>Vídeos dos sinais do gerador de funções</i>	123
G.2.2.4 <i>Vídeos da inter-relação entre tensão e corrente em circuito CA</i>	126
G.3 ORIENTAÇÕES E PLANEJAMENTOS	127
G.3.1 PRIMEIRA ATIVIDADE – APRESENTAÇÃO.....	130
G.3.2 SEGUNDA ATIVIDADE - VERIFICAÇÃO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS E "EXPOSITÓRIO".....	133
G.3.3 TERCEIRA ATIVIDADE - "EXPOSITÓRIO" PARA PROVER SUBSUNÇORES.	140
G.3.4 QUARTA ATIVIDADE - TENSÃO E CORRENTE NO RESISTOR (R).....	143
G.3.5 QUINTA ATIVIDADE - TENSÃO E CORRENTE NO INDUTOR (L).....	143
G.3.6 SEXTA ATIVIDADE - TENSÃO E CORRENTE NO CAPACITOR (C).....	143
G.3.7 SÉTIMA ATIVIDADE – DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.	148

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – CIRCUITO RLC EM CA.....	19
FIGURA 1.2 – GRÁFICO DA ATIVIDADE EXTRACLASSE.....	21
FIGURA 1.3 – EXEMPLO 1 DE GRÁFICO DE ALUNO.	21
FIGURA 1.4 – EXEMPLO 2 DE GRÁFICO DE ALUNO.	22
FIGURA 1.5 – CIRCUITO RL EM CA.	23
FIGURA 2.1 – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UM ALTERNADOR.	26
FIGURA 2.2 – FORMAS DE ONDA.....	27
FIGURA 2.3 – TENSÃO ALTERNADA SENOIDAL $v(t)$	31
FIGURA 2.4 – CORRENTE ALTERNADA SENOIDAL, $i(t)$	32
FIGURA 2.5 – OSCILOSCÓPIO COM TELA GRÁFICA.....	32
FIGURA 2.6 – GRÁFICO DE ONDA COMPLETA, VALOR MÉDIO, CORRENTE RETIFICADA I_m	33
FIGURA 2.7 – VALOR MÉDIO DA TENSÃO (V) (A) E DA CORRENTE (B).....	34
FIGURA 2.8 – VALOR RMS DA TENSÃO (V).....	35
FIGURA 2.9 – VALOR RMS DA CORRENTE (I).	36
FIGURA 2.10 – CIRCUITO RESISTIVO (R).	37
FIGURA 2.11 – TENSÃO $v_R(t)$ E CORRENTE $i_R(t)$ NO RESISTOR R	38
FIGURA 2.12 – CIRCUITO INDUTIVO (L).	39
FIGURA 2.13 – TENSÃO, $v_L(t)$, E CORRENTE, $i_L(t)$, NO INDUTOR (L).	41
FIGURA 2.14 – CIRCUITO CAPACITIVO (C).	42
FIGURA 2.15 – TENSÃO, $v_C(t)$, E CORRENTE, $i_C(t)$, NO CAPACITOR (C).....	45
FIGURA 2.16 – OSCILOSCÓPIO.....	49
FIGURA 2.17 – GERADOR DE FUNÇÕES.....	51
FIGURA 2.18 – IMAGEM DE VÍDEOS DE EUGENE KHUTORYANSKY.	55
FIGURA 2.19 – CIRCUITO RLC SÉRIE.	56
FIGURA 2.20 – IMAGEM DO SOFTWARE PROTEUS	58
FIGURA 2.21 – IMAGEM DO SOFTWARE SOLVE ELEC.	59
FIGURA 2.22 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO <i>MATHEMATICA</i>	61
FIGURA 2.23 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO <i>DESMOS</i>	61
FIGURA 2.24 – MODELAGEM COMPUTACIONAL NO <i>MODELLUS</i>	63
FIGURA 2.25 – MODELAGEM COMPUTACIONAL NO <i>MODELLUS</i> INTERATIVA.....	63

FIGURA 2.26 – APLICATIVO <i>ALTERNATING CURRENT WITH RLC</i>	65
FIGURA 3.1 – ILUSTRAÇÃO DA IDEIA INICIAL DO TRABALHO.	66
FIGURA 3.2 – OSCILOSCÓPIO COM 2 CANAIS.	67
FIGURA 3.3 – OSCILOSCÓPIO COM 1 CANAIS.	67
FIGURA 3.4 – SINAIS ELÉTRICOS DO GERADOR DE FUNÇÕES.	68
FIGURA 3.5 – GERADOR DE FUNÇÕES 1.	69
FIGURA 3.6 – GERADOR DE FUNÇÕES JDS6600.	70
FIGURA 3.7 – <i>BARGRAPH</i> E LM3914.	71
FIGURA 3.8 – LM3914.	71
FIGURA 3.9 – LIGAÇÃO <i>BARGRAPH</i> COM LM3914.	71
FIGURA 3.10 – LIGAÇÃO DO LM3914 EM CASCATA.	72
FIGURA 3.11 – <i>VU METER</i> DE 30 <i>LEDS</i>	73
FIGURA 3.12 – DIAGRAMA DO <i>OSCILOSCÓPIO BARGRAPH</i>	74
FIGURA 3.13 – FONTE DE TENSÃO SIMÉTRICA.	75
FIGURA 3.14 – LIGAÇÕES NO TRANSFORMADOR.	76
FIGURA 3.15 – LIGAÇÕES NA PLACA.	76
FIGURA 3.16 – FIXAÇÃO DOS CONDUTORES.	77
FIGURA 3.17 – SOLDAGEM DOS CONDUTORES.	77
FIGURA 3.18 – ISOLAMENTO DOS CONDUTORES.	78
FIGURA 3.19 – PLACA RETIFICADORA.	78
FIGURA 3.20 – PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO.	79
FIGURA 3.21 – <i>PCI</i> E DESENHO DOS COMPONENTES.	79
FIGURA 3.22 – <i>PCI</i> E DESENHO DAS TRILHAS.	80
FIGURA 3.23 – <i>OSCILOSCÓPIO BARGRAPH</i>	81
FIGURA 4.1 – RESPOSTAS DA PRIMEIRA ATIVIDADE.	91
FIGURA 4.2 – EXEMPLO DE RESPOSTAS UTILIZANDO O <i>OSCILOSCÓPIO BARGRAPH</i>	92
FIGURA 4.3 – RESULTADOS DE INTERAÇÃO COM <i>OSCILOSCÓPIO BARGRAPH</i>	93
FIGURA 4.4 – RESPOSTA DE ALUNO UTILIZANDO CALCULADORA GRÁFICA.	93
FIGURA 4.5 – RESULTADOS DAS ATIVIDADES COM <i>OSCILOSCÓPIO BARGRAPH</i>	94
FIGURA A.1 – <i>DISPLAY</i> E FORMAS DE ONDA DO GERADOR DE FUNÇÕES JDS6600.	103
FIGURA B.1 – SIMULAÇÃO DO <i>BARGRAPH-LM3914</i> DO <i>PROTEUS</i>	105
FIGURA B.2 – SIMULAÇÃO ATIVA COM <i>BARGRAPH-LM3914</i> DO <i>PROTEUS</i>	106
FIGURA C.1 – SIMULAÇÃO DOS 3 <i>BARGRAPH-LM3914</i> NO <i>PROTEUS</i> SIMULAÇÃO ATIVA. .	107
FIGURA D.1 – SIMULAÇÃO DOS 2 CONJUNTOS DE 3 <i>BARGRAPH-LM3914</i>	108

FIGURA E.1 – MONTAGEM <i>VU BARGRAPH</i> NA PLACA DE ENSAIO.	109
FIGURA F.1 – MONTAGEM OSCILOSCÓPIO <i>VU BARGRAPH</i>	110
FIGURA G.2.1.1 – DIAGRAMA DO <i>OSCILOSCÓPIO BARGRAPH</i>	120
FIGURA G.2.1.2 – PCI, FACE COM TRILHAS E ILHAS.	120
FIGURA G.2.1.3 – <i>OSCILOSCÓPIO BARGRAPH</i>	121
FIGURA G.2.1.4 – FONTE SIMÉTRICA.	122
FIGURA G.2.2.1.1 – GERADOR DE FUNÇÕES JDS6600.	123
FIGURA G.2.2.3.1 – ONDA QUADRA.	124
FIGURA G.2.2.3.2 – ONDE QUADRA DESLOCADA, NÍVEL CC.	124
FIGURA G.2.2.3.3 – MEIA ONDA.	124
FIGURA G.2.2.3.4 – ONDA CONSTANTE.	125
FIGURA G.2.2.3.5 – ONDA COMPLETA, RETIFICADA.	125
FIGURA G.2.2.3.6 – ONDA SENOIDAL.	125
FIGURA G.2.2.3.7 – ONDA QUADRADA EM DEGRAUS DESCENDENTES.	126
FIGURA G.2.2.3.8 – ONDA QUADRADA EM DEGRAUS ASCENDENTES.	126
FIGURA G.3.1 – GOOGLE <i>FORMS</i>	130
FIGURA G.3.1.1 – QUESTÕES SOBRE RESISTORES, CAPACITORES E INDUTORES.	131
FIGURA G.3.1.2 – QUESTÕES SOBRE RESISTORES, CAPACITORES E INDUTORES.	132
FIGURA G.3.2.1 – FORMAS GRÁFICAS 1.	134
FIGURA G.3.2.2 – FORMAS GRÁFICAS 1.	135
FIGURA G.3.2.3 – FORMAS GRÁFICAS 1.	136
FIGURA G.3.2.4 – FORMAS GRÁFICAS 2.	137
FIGURA G.3.2.5 – FORMAS GRÁFICAS 2.	138
FIGURA G.3.2.6 – FORMAS GRÁFICAS 2.	139
FIGURA G.3.2.7 – FORMAS GRÁFICAS 2.	140
FIGURA G.3.3.1 – FORMAS GRÁFICAS 3.	141
FIGURA G.3.3.2 – FORMAS GRÁFICAS 3.	142
FIGURA G.3.6.1 – ANÁLISE DA TENSÃO E CORRENTE EM CA.	144
FIGURA G.3.6.2 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO GOOGLE <i>FORMS</i>	145
FIGURA G.3.6.3 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO GOOGLE <i>FORMS</i>	146
FIGURA G.3.6.4 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO GOOGLE <i>FORMS</i>	147
FIGURA G.3.6.5 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO GOOGLE <i>FORMS</i>	147
FIGURA G.3.7.1 – APLICATIVO <i>ALTERNATING CURRENT WITH RLC</i>	149
FIGURA G.3.7.2 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO <i>DESMOS</i>	150

FIGURA G.3.7.3 – MODELAGEM COMPUTACIONAL NO <i>MODELLUS</i>	150
FIGURA G.3.7.4 – MODELAGEM COMPUTACIONAL NO <i>MODELLUS</i> INTERATIVA.	151

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – CONVENÇÕES ADOTADAS.....	30
TABELA 2.2 – RELAÇÕES DE FASE NOS CIRCUITOS RESISTIVO, INDUTIVO E CAPACITIVO.....	46
TABELA 2.3 – FAIXA DE FREQUÊNCIA DO GERADOR DE FUNÇÕES.	51
TABELA 3.1 – SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES.	83
TABELA 4.1 – RELATÓRIO RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO RLC.	89
TABELA G.3.1 – SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES.	127

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) compreende um documento que norteia os currículos dos sistemas e redes de ensino das Unidades Federativas. Guiando a aprendizagem essencial e as propostas pedagógicas ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, nas escolas públicas e privadas de Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, em todo o Brasil (BRASIL, 2014).

As experiências dos anos iniciais em que as crianças entram em contato com uma série de objetos, materiais e fenômenos em sua vivência diária na relação com o meio, são o ponto de partida para a construção das primeiras noções sobre os materiais, seus usos e suas propriedades, bem como sobre suas interações com luz, som, calor, umidade, eletricidade entre outros elementos. No Ensino Médio cabe às escolas proporcionar experiências e processos que se refletem nos contextos atuais e que lhes garantam as aprendizagens necessárias para a leitura da realidade, o enfrentamento dos novos desafios da contemporaneidade e a tomada de decisões éticas e fundamentadas (BRASIL, 2014).

Há um século, utilizavam-se nada mais do que poucas lâmpadas elétricas. Hoje em dia a sociedade moderna é extremamente dependente da eletricidade em sua vida diária. A difusão do uso da eletricidade ocorreu recentemente, mas o estudo sobre eletricidade tem história muito mais antiga que o acendimento da primeira lâmpada (TIPLER, 2015).

Na literatura de ensino de física o eletromagnetismo surge no século XIX, mais precisamente em uma área de origem modesta na Grécia antiga, com as ciências da eletricidade e do magnetismo, unificadas no ano de 1820, dando origem ao eletromagnetismo (HALLIDAY, 2016). Na educação brasileira contemporânea, em que, o ser humano ou o aluno, estudante contemporâneo vive rodeado de eletrodomésticos e eletrônicos, computadores e *smartphones*, módulos fotovoltaicos, em um mundo que apresenta a internet das coisas (*Internet of Things* - IOT) e o carro elétrico como meio de transporte. A colocação de Moreira (2014) “estamos no século XXI, mas a Física ensinada não passa do século XIX” nos ajuda a refletir sobre o ensino de física na educação brasileira contemporânea e o ensino de eletromagnetismo.

A sociedade beneficia-se de inúmeros aparelhos que dependem da física do eletromagnetismo, que é a combinação de fenômenos elétricos e magnéticos. No século XIX, James Clerk Maxwell colocou as ideias de Faraday em forma matemática. Introduziu muitas ideias próprias e estabeleceu uma base teórica sólida para o eletromagnetismo. Esta física é responsável pelo funcionamento dos computadores, dos receptores de televisão, dos aparelhos de rádio, das lâmpadas, além de explicar como uma folha de plástico gruda em um recipiente de vidro, o relâmpago, a aurora e o arco-íris (HALLIDAY, 2009, pág. 02). No sistema de educação pública, como a Secretaria de Educação do Rio Grande do Sul (SEDUC-RS), encontra-se o eletromagnetismo aplicado e estimulado na robótica educacional, métodos “mão na massa”, faça você mesmo ou cultura *Maker* (RIO GRANDE DO SUL, 2019).

O uso, ou consumo, de energia elétrica está associado a tudo que adquirimos, seja na extração, produção, industrialização, transporte, armazenamento ou no próprio consumo daquilo que usamos diariamente. Em relação ao ser humano primitivo, a vida moderna criou e intensificou outras necessidades energéticas, levando o homem a extrair e “produzir” (transformar) energia (SAWIN, 2004).

No século XIX Thomas Edison fez uma campanha pela utilização da corrente contínua (CC ou DC¹), enquanto Westinghouse defendia a corrente alternada (CA ou AC²). Essa disputa sobre como deveria ser feita a distribuição da energia elétrica foi tema do filme norte americano *The Current War* (Guerra das Correntes), ambientado no final do século XIX (Diamond Films, 2017).

Nikola Tesla juntou-se a Westinghouse por seu interesse pela CA. Nesse período, ganhou fama e aceitação para seu sistema polifásico de geração, transmissão e distribuição em CA. Como o sistema CA mostrou-se mais eficiente e econômico para transmissão de energia por longas distâncias, acabou vencendo essa disputa. Tesla também foi responsável pela adoção de 60 Hz como a frequência padrão para sistemas de energia elétrica CA nos Estados Unidos. (ALEXANDER, 2013).

A maioria dos circuitos elétricos, assim como quase todos os sistemas de distribuição de potência elétrica em larga escala e muitos equipamentos eletrônicos, usam CA, onde as tensões e correntes variam no tempo, frequentemente de modo senoidal (SEARS, 2000). Cutnell, 2016, usa como exemplo a apresentação do *The*

¹ Do inglês *direct current*.

² Do inglês *Alternating Current*.

Who durante as festividades do 44º *Super Bowl* que sem o uso da CA não seria possível encenar tais espetáculos de entretenimento.

As “tomadas de parede” fornecem uma tensão eficaz de 220V ou 127V (popularmente identificada por 110V). A tensão em seus terminais varia desde $\sqrt{2} \cdot 220V = 311V$ até $-311V$, por exemplo, repetindo sempre essa variação 60 vezes por segundo (YOUNG, 2009). Pelo fato da geração se basear em máquinas rotativas, a tensão gerada começa em zero, atinge valor máximo positivo, se anula, atinge valor mínimo negativo, e novamente se anula, dando origem a um ciclo. Esta tensão alternada geralmente tem um comportamento senoidal (CREDER, 2013).

Visando à simplicidade, para fins pedagógicos e também por motivos históricos, considera-se primeiro as fontes CC, em relação às fontes CA, na sequência de ensino. Os circuitos CC são aqueles circuitos excitados por fontes constantes, que não variam com o tempo. Posteriormente se inicia a análise de circuitos CA, nos quais a fonte de tensão, ou de corrente, varia com o tempo (ALEXANDER, 2013). Cutnell, 2016, também faz referência aos circuitos CC ao iniciar análise de circuito CA pretendendo ajudar a “preparar o terreno”, para a discussão, sobre a relação da tensão nos terminais de um resistor, em circuito CA, com a corrente que o atravessa.

Alexander (2013), menciona que um sinal senoidal é fácil de ser gerado e transmitido. Essa forma de tensão gerada ao redor do mundo e fornecida às residências, às fábricas, aos laboratórios e assim por diante é dominante nos segmentos de energia elétrica e comunicação. Também se observa a variação senoidal no movimento de um pêndulo, na vibração de uma corda, nas ondas do oceano e na resposta natural de circuitos de segunda ordem subamortecidos (ALEXANDER, 2013).

Mais de 99% da energia elétrica utilizada hoje em dia é produzida por geradores elétricos na forma de corrente alternada. Na América do Norte e no Brasil, por exemplo, a distribuição de energia elétrica é realizada na forma senoidal com frequência de 60Hz. Equipamentos como rádios, televisores e fornos de micro-ondas detectam ou geram correntes alternadas em frequências mais elevadas (TIPLER, 2015). Os aparelhos elétricos usados nas fábricas, escritórios e residências contêm um número muito grande de circuitos RLC, que são alimentados pela rede de distribuição de energia elétrica. Na grande maioria dos casos, a energia é fornecida na forma de correntes e tensões senoidais, sistema que é conhecido como corrente alternada ou CA (HALLIDAY, 2009).

O ensino da Física na educação contemporânea é desatualizado em termos de conteúdos tecnológicos e tecnologias voltadas ao ensino, centrado no docente, comportamentalista, focado no treinamento para as provas e aborda a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro didático (MOREIRA, 2014). Esse ensino de física ainda pode apresentar falta e/ou despreparo dos professores, más condições de trabalho e um reduzido número de aulas no Ensino Médio. A aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em relação aos significados já presentes e, sobretudo, mais estável (MOREIRA, 2017).

O presente trabalho está particularmente interessado em circuitos nos quais a fonte de tensão, ou de corrente, varia com o tempo, os chamados de circuitos CA, com excitação senoidal. Pretende-se apresentar uma proposta de atividade prática experimental, com *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*, relacionada às oscilações senoidais em circuitos CA com resistores (R), indutores (L) e capacitores (C). Essa atividade considera possíveis dificuldades de aprendizagem, relacionadas a interpretação de gráficos no estudo de circuitos CA, apresentadas pelos alunos em que se propõe auxiliá-los na superação de tais obstáculos.

1.2 Justificativa

Inscrito e aprovado pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), o livro didático “Ciências Física e Química dos anos finais do Ensino Fundamental”, apresenta a eletricidade como a parte da física que estuda a interação entre as cargas elétricas, além dos dois tipos de corrente elétrica (corrente contínua, CC, e corrente alternada, CA). Na CC, os elétrons se movimentam em um único sentido e na CA os elétrons apresentam um movimento de vai e vem alternando periodicamente o sentido desse movimento (sendo esse o tipo de corrente elétrica utilizado em nossas casas) (BARROS, 2008, pág. 167).

A eletricidade é uma das áreas da Física que possuem mais estudos referentes a dificuldades de aprendizagem. Esses estudos incluem dificuldades conceituais, concepções alternativas, uso indiscriminado da linguagem e raciocínios errôneos, por

exemplo, “a queda de corrente no resistor”, que os alunos costumam apresentar no estudo de circuitos elétricos simples (DORNELES, 2006).

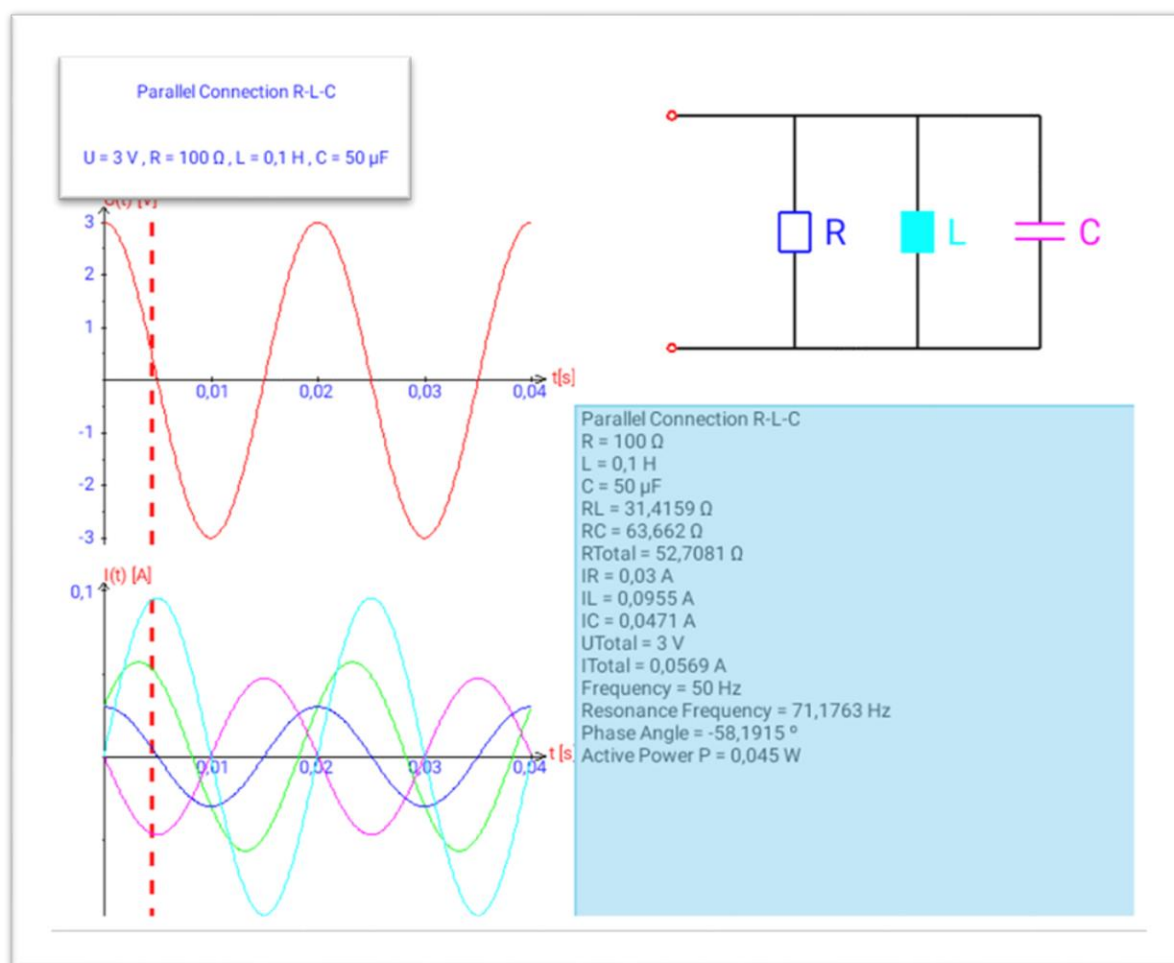
O livro “Física para Cientistas e Engenheiros” oferece um “Tutorial Matemático Integrado” e novas ferramentas para aprimorar a compreensão conceitual. “Física em Foco” trata de tópicos de ponta que ajudam os estudantes a relacionar seu aprendizado com novas tecnologias do mundo real. Esse “Tutorial Matemático Integrado” e “Física em Foco” pretende assegurar a compreensão conceitual com ferramentas amigáveis ao estudante de Física (TIPLER, 2015, pág. XII e XIII).

Uma das habilidades requeridas para a compreensão de conteúdos de Física é a construção e interpretação de gráficos. Um gráfico é uma grande quantidade de informação que pode ser resumida. Ser capaz de extrair informações de um gráfico é uma habilidade de cientistas e professores, porém muitas vezes pouco compreendida pelos estudantes (ARAUJO, 2004). A Figura 1.1 apresenta um exemplo de informações gráficas de um circuito RLC paralelo em CA.

Dorneles *et al.* (2008) afirmam que “Vivemos hoje na era da informação”, e talvez nenhuma outra área da física tenha contribuído tanto quanto o eletromagnetismo para tornar verdadeira essa afirmativa. Aparelhos telefônicos, televisores, rádios, computadores e uma vasta diversidade de outros dispositivos eletroeletrônicos exemplificam, com muita propriedade, diversas aplicações tecnológicas interessantes do conhecimento sobre fenômenos eletromagnéticos. Portanto, para compreender cientificamente hoje o mundo que nos cerca passa pela compreensão básica destes fenômenos. “Uma compreensão adequada do funcionamento de circuitos RLC pode servir como fonte de motivação e interesse para o aprendizado do eletromagnetismo” e também como conhecimento relevante para aprendizagens futuras (DORNELES *et al.*, 2008).

Cinquenta publicações sobre circuitos elétricos simples e RLC, nos últimos 20 anos, foram encontradas por Dorneles *et al.* (2006) em suas revisões de literatura, reforçando que as pesquisas recentes, relativas à aprendizagem de eletricidade, não têm se restringido à identificação de dificuldades dos alunos, mas também apresentam propostas didáticas para a superação das mesmas. Os Autores abordam uma proposta didática que envolve o uso de simulação e modelagem computacionais no ensino de circuitos simples, constituídos somente por baterias, circuitos simples e circuitos RLC (DORNELES *et al.*, 2006).

Figura 1.1 – Circuito RLC em CA.



Fonte: Autor.

Moreira (2018) afirma que “mais Física” não significa mais conteúdo a serem decorados, memorizados mecanicamente. Necessariamente é preciso pensar em como ensinar esses conteúdos, é preciso dar atenção à didática específica, à transferência didática, a como abordar a Física de modo a despertar o interesse, a intencionalidade, a predisposição dos alunos, sem os quais a aprendizagem não será significativa, apenas mecânica, para “passar” (MOREIRA, 2018). Em consonância, buscar estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos para aplicação em sala de aula compreende o programa nacional de pós-graduação de caráter profissional Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF.

1.3 Desafios

Ao iniciar a vida profissional como docente na rede pública, em 2009, na Escola Estadual Técnica São João Batista (SJB), o Autor depara-se com as dificuldades dos alunos em utilizar gráficos como ferramenta básica para representar e relacionar grandezas em praticamente todos os assuntos.

Na Conferência Mundial de Ciências da Educação (WCES – *World Conference on Educational Sciences*) 2012 Uzun, Sezen e Bulbul (2012) apresentaram estudos em que os alunos têm problemas em usar, interpretar, ler e construir representações gráficas, embora os gráficos sejam ferramentas representacionais muito importantes em todas as disciplinas (UZUN, 2012).

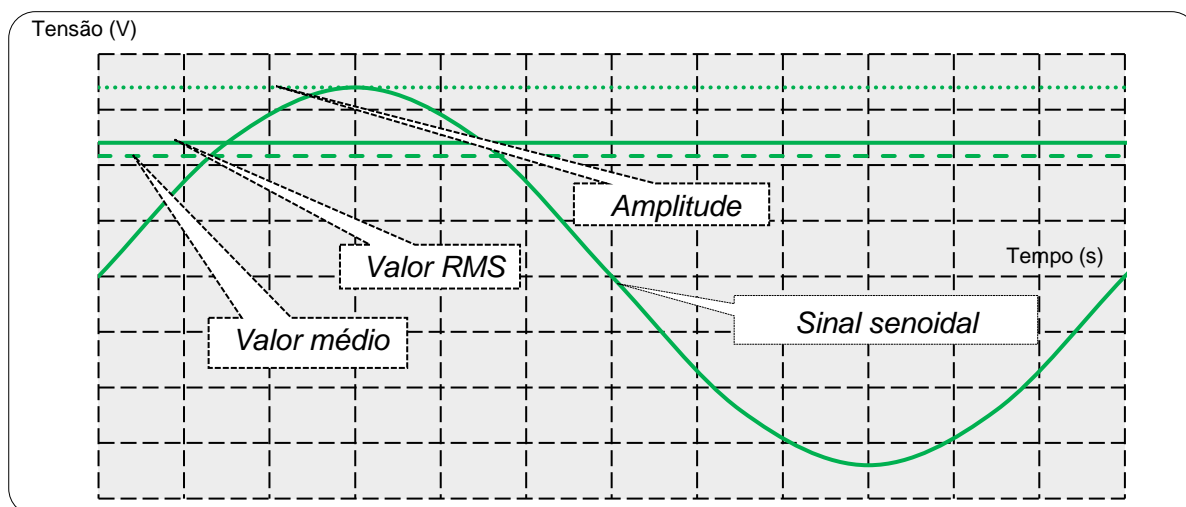
De acordo com o resultado do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA – *Programme for International Student Assessment*) 2018, a representação de dados em gráficos, ou em tabelas, são fundamentais para a descrição, modelagem e interpretação de variações e relações. O PISA 2018 compreendeu 35 itens com mais de 20% de respostas omitidas pelos jovens brasileiros, em sua maioria questões de resposta aberta. De maneira geral, observa-se que itens desse tipo envolveram textos em prosa, tabelas, gráficos e mapas (BRASIL, 2018).

Conforme a WCES 2015, por Branisa e Jenisova, os resultados do estudo internacional do PISA indicam que a solução de problemas visando a apresentação gráfica do processo natural é o "calcanhar de Aquiles" de estudantes eslovacos. Eles não conseguem identificar as relações entre as variáveis exibidas em gráficos, tabelas e diagramas; eles são incapazes de ler ou interpretar as informações (UZUN, 2012).

Incorporada ao plano de atividades/trabalho do componente curricular de eletricidade, da escola SJB, encontra-se a atividade extraclasse sobre um gráfico de um sinal de tensão alternada senoidal. Essa atividade consiste em calcular e representar graficamente o sinal de tensão alternada em uma folha milimetrada ou quadriculada. O gráfico deve representar uma oscilação completa em um período, juntamente com seu valor eficaz, valor médio³, sendo a frequência 60 Hz e a amplitude um valor diferente e de livre escolha para cada aluno, conforme ilustrado na Figura 1.2.

³ Valor médio do sinal CA ligado ao circuito retificador ideal, de onda completa (SEARS, 2000, pág. 747).

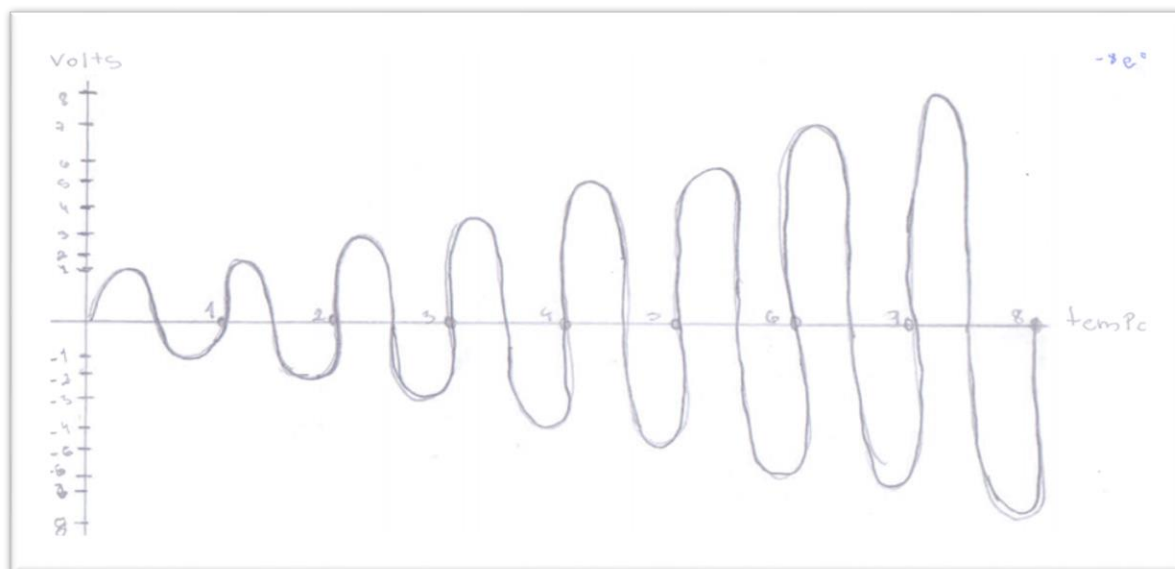
Figura 1.2 – Gráfico da atividade extraclasse.



Fonte: Autor.

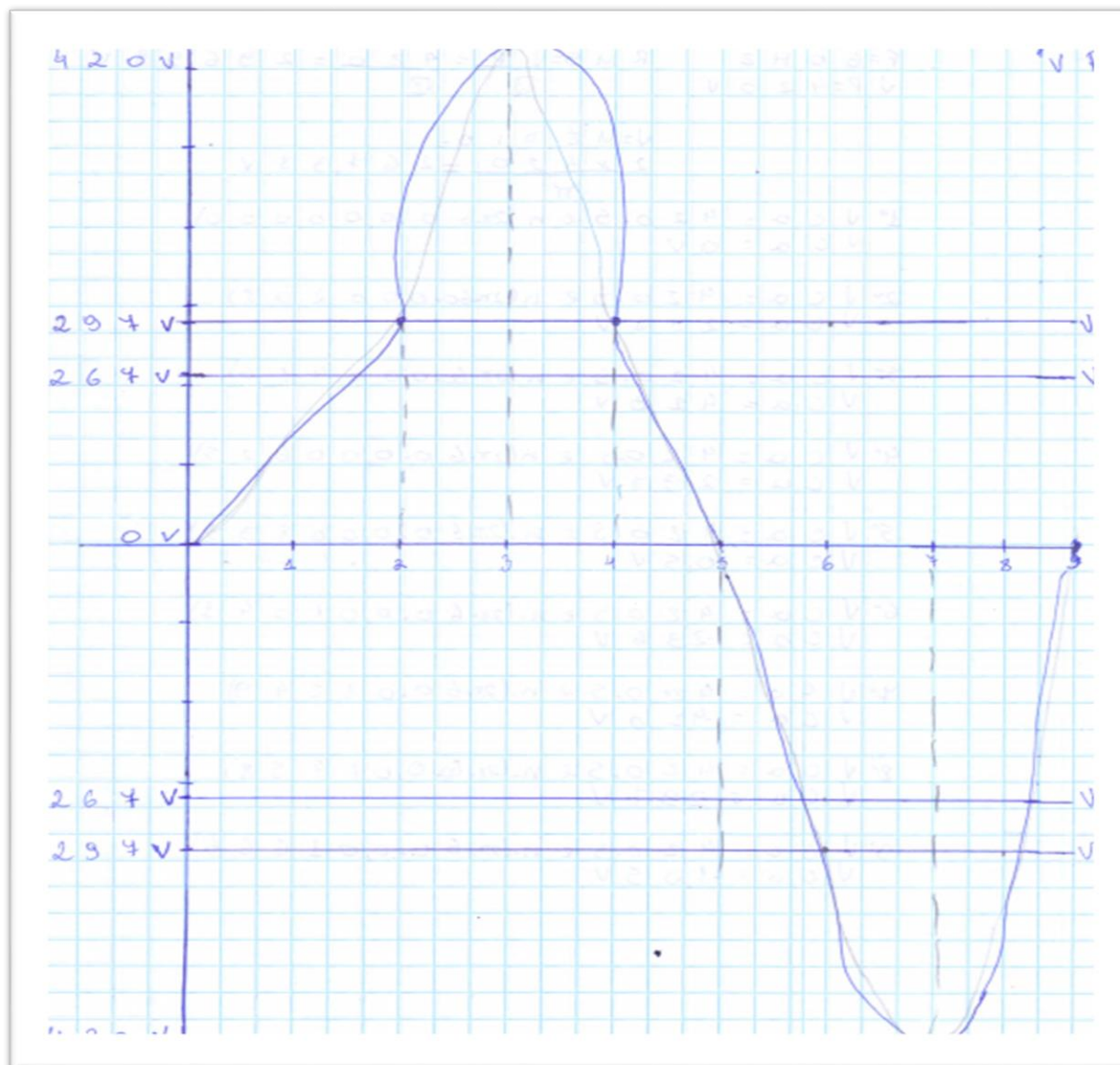
O retorno dos alunos nessa atividade, exemplificado nas Figura 1.3 e Figura 1.4, revela um pouco da dificuldade apresentada pelos estudantes, em geral, quando necessitam construir ou interpretar gráficos.

Figura 1.3 – Exemplo 1 de gráfico de aluno.



Fonte: digitalização de imagem, Autor.

Figura 1.4 – Exemplo 2 de gráfico de aluno.



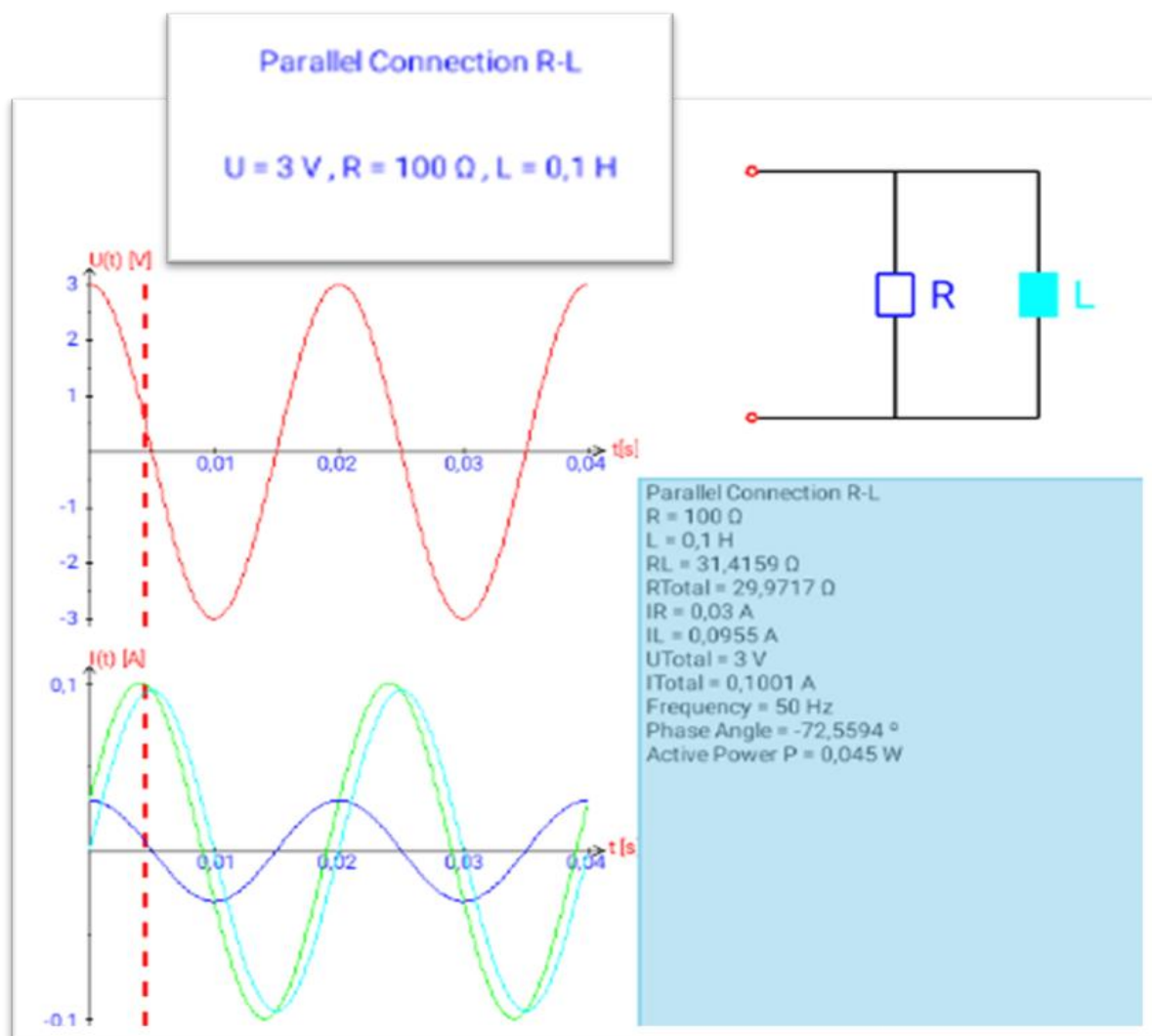
Fonte: digitalização de imagem, Autor.

Nos estudos de circuitos elétricos RLC em CA, frequentemente estão presentes gráficos semelhantes ao apresentado na Figura 1.5, com isso, as dificuldades de interpretação tendem a ser mais expressivas. Somada a essa incapacidade apresentada pelos estudantes, ainda se tem a complexidade de entendimento dos circuitos elétricos.

No V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Dorneles, Veit e Moreira apresentaram uma síntese das principais concepções alternativas e das dificuldades de natureza específica relatadas na literatura em relação aos conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos simples e RLC. Destacando também pelos Autores Eylon & Ganiel (1990); Thacker, Ganiel & Boys (1999) e Moreira & Greca

(1996,1998) as dificuldades de aprendizagem em relação aos circuitos RC, RL, LC e RLC (DRONELES, 2005).

Figura 1.5 – Circuito RL em CA.



Fonte: captura de imagem de aplicativo.

Uma vez ciente das dificuldades dos estudantes na interpretação e construção gráfica, e das complexidades conceituais em circuitos elétricos simples e do tipo RLC, o produto educacional *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física* aborda o ensino da relação de fase entre tensão e corrente elétrica nos circuitos RLC em CA.

1.4 Conjectura

Enquanto os estudantes apresentam dificuldades para lidar com construções e interpretações gráficas, em geral gráficos cartesianos, pode-se observar diferentes setores da educação fazendo uso de gráficos em barras, ou barras gráficas, em

simulações. Essas simulações, destinadas ao ensino e aprendizagem, são usadas como recurso de aula por professores e ajudam os alunos na compreensão de vários fenômenos físicos. Muitas dessas simulações podem ser encontradas no projeto *PhET Interactive Simulations* da Universidade do Colorado Boulder (<https://phet.colorado.edu/>), que oferece gratuitamente ferramentas interativas de matemática e ciências. As barras gráficas usadas nas simulações descrevem o comportamento quantitativo de uma grandeza física, em relação ao fenômeno físico, e em muitos desses simuladores os usuários obtêm *feedback* imediato por meio das barras gráficas ao interagir com as ferramentas.

Halliday (2009), Fundamentos de Física, no volume 3, pág. 309, que trata sobre eletromagnetismo, também faz uso das barras gráficas. Elas são usadas para ilustrar o comportamento da energia nas oscilações resultantes do campo elétrico no capacitor e do campo magnético no indutor.

Considerando o uso das barras gráficas, em ferramentas virtuais para exemplificar e explicar fenômenos físicos, somada a noção da intensa relação do circuito CA com o ser humano no seu dia a dia. Além da importância do estudo dos gráficos e da dificuldade observada, nos estudantes em geral, quando esses necessitam construí-los ou interpretá-los, o uso das barras gráficas do *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*, atuando em **baixa frequência**, é proposto como uma ferramenta adicional, para uma melhor compreensão do comportamento físico dos circuitos resistivos (R), indutivos (L) e capacitivos (C) em corrente alternada.

A partir dessas aplicações de barras gráficas, acredita-se que a interação dos alunos com uma interface de medição em forma de barras instantâneas, associadas as grandezas elétricas, tensão e corrente, podem conduzir a uma aprendizagem significativa da inter-relação da tensão e corrente elétrica em circuitos CA.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho é desenvolver um *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física* para auxiliar no desenvolvimento de habilidades para a interpretação de gráficos do comportamento de circuitos RLC operando em corrente alternada de baixa frequência.

1.5.2 Objetivos específicos

- a) introduzir o *Osciloscópio Bargraph* em aulas de Física;
- b) apresentar uma sequência didática com uso do *Osciloscópio Bargraph*;
- c) observar o comportamento da tensão e corrente no resistor (R), em CA;
- d) observar o comportamento da tensão e corrente no indutor (L), em CA;
- e) observar o comportamento da tensão e corrente no capacitor (C), em CA;
- f) auxiliar no desenvolvimento das habilidades de interpretação de gráficos;
- g) representar graficamente funções que variam no tempo, como a tensão e a corrente em circuitos CA.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Física no sistema CA (Corrente Alternada)

Os sistemas elétricos em sua imensa maioria operam em corrente alternada (CA), e com isso pode-se afirmar que a civilização moderna seria impossível sem o emprego dessa física, (HALLIDAY, 2009).

A alternância ou o número de vezes que a corrente elétrica inverte o seu sentido é medido em Hertz (Hz). No sistema de corrente alternada usado no Brasil, a tensão e a corrente mudam de polaridade 120 vezes por segundo e, portanto, têm uma frequência $f = 60 Hz$. A principal característica da CA está na mudança de sentido da corrente, pois, o mesmo acontece com o campo magnético em torno no condutor. Com isso, a partir da indução eletromagnética, pode-se aumentar ou diminuir a diferença de potencial usando transformadores. Além disso, a corrente alternada atualmente é mais fácil de gerar e utilizar que a corrente contínua no caso de máquinas rotativas como geradores e motores, (HALLIDAY, 2009).

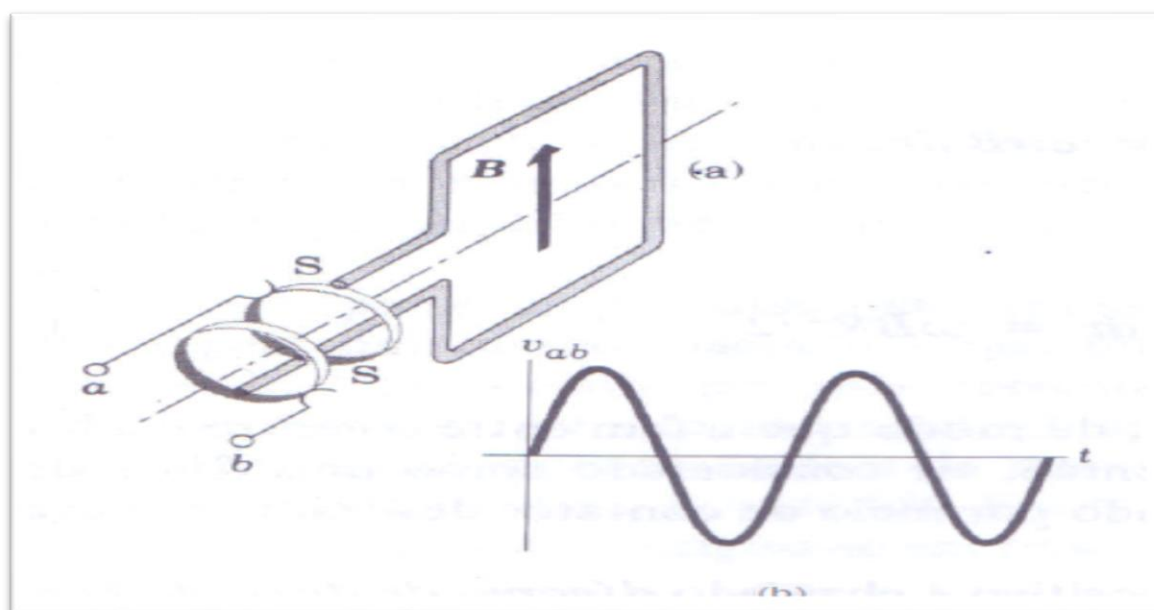
2.2 Força eletromotriz no sistema CA

Para produzir uma corrente estável é necessário uma "bomba" de cargas, um dispositivo que, realizando trabalho sobre os portadores de carga, mantenha uma diferença de potencial entre dois terminais. Um dispositivo desse tipo é chamado de fonte de tensão, ou simplesmente fonte. A fonte de tensão produz uma força eletromotriz (\mathcal{E}), o que significa que submete os portadores de carga a uma diferença de potencial. O termo força eletromotriz é usado por razões históricas para designar

a diferença de potencial produzida por uma fonte de tensão, embora na verdade não se trate de uma força, (HALLIDAY, 2009).

A maior parte da energia elétrica usada atualmente é produzida por geradores elétricos na forma de corrente alternada (CA). O gerador simples de CA é uma bobina girando em um campo magnético uniforme (TIPLER, 2015). Uma bobina de condutor, rodando com velocidade angular constante, em campo magnético, dá origem a uma força eletromotriz alternada sinusoidal. A força eletromotriz depende somente da área da espira e não de sua forma, como pode ser observado na Figura 2.1 (SEARS, 2000). Este dispositivo simples é o protótipo do gerador de corrente alternada comercial, ou alternador, (SEARS, 2009). Quando a espira condutora é forçada a girar na presença do campo magnético externo \vec{B} , Figura 2.1, uma força eletromotriz senoidal, ξ , é induzida na espira, (HALLIDAY, 2009).

Figura 2.1 – Diagrama esquemático de um alternador.



Fonte: SEARS (2000, p. 693).

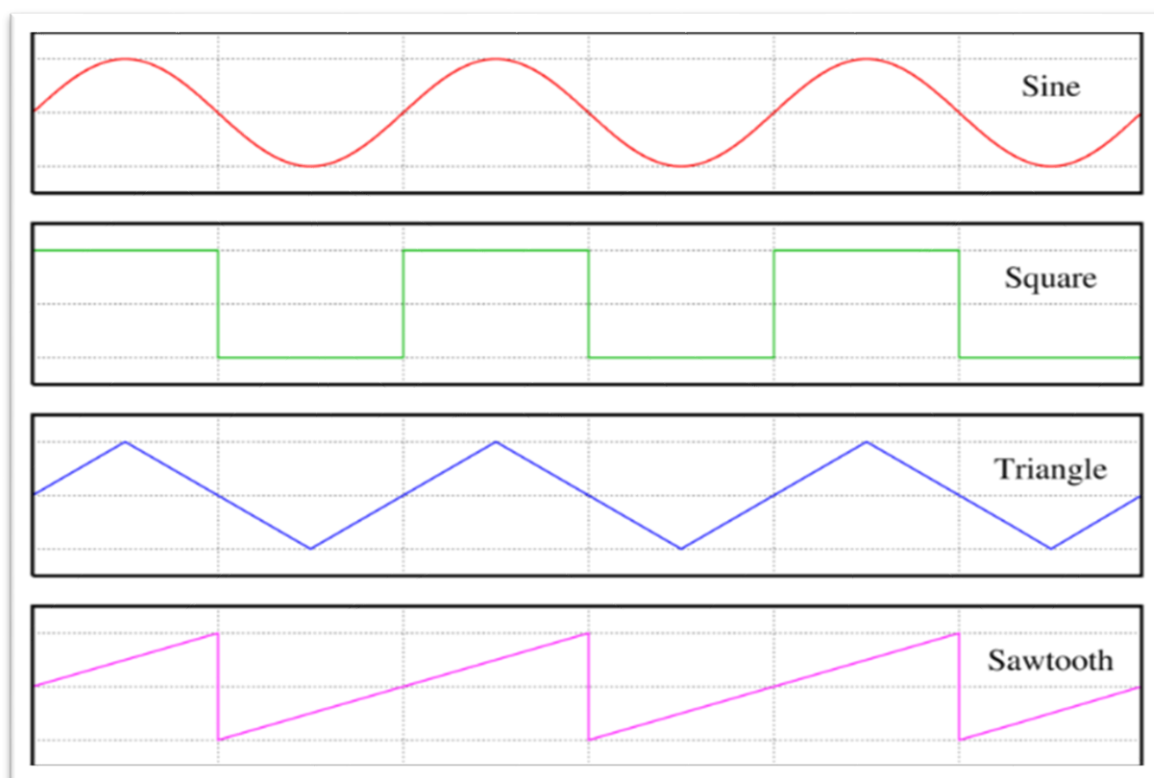
Halliday (2009), Sears (2009), Tipler (2015), Alexander (2013) e outros apresentam deduções para força eletromotriz senoidal induzida (ξ), que resultam em

$$\xi(t) = \xi_m \text{sen}(\omega t) \quad (2.1)$$

em que, ξ representa um valor instantâneo; ξ_m representa uma amplitude ou valor máximo; ω representa uma frequência angular; e t representa o domínio do tempo.

A evolução da amplitude do sinal ao longo do tempo define outras formas de sinais alternados muito utilizados, como mostra a Figura 2.2. O sinal senoidal, ou sinusoidal, obedece a uma função seno ou cosseno e pode ser considerado a forma de onda mais simples.

Figura 2.2 – Formas de onda.



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6f/Waveforms.png/200px-Waveforms.png>

2.3 Sinal alternado senoidal

Considerando a importância do sinal alternado senoidal nas representações gráficas de tensão e corrente elétrica do sistema CA, esse subcapítulo dedica-se a uma breve revisão a respeito do: período e frequência, valor instantâneo, valor médio, valor eficaz ou RMS (do inglês *Root Mean Square*).

2.3.1 Período e frequência

O tempo necessário para uma oscilação, ou rotação completa, é denominado período (T), Eq.(2.2), medido em segundos (s) e inversamente proporcional ao período

tem-se a frequência (f), Eq.(2.3), que é expressa em hertz (Hz). Pode-se ainda expressar a frequência angular (ω), Eq.(2.4), em radianos por segundo (rad/s).

$$T = \frac{1}{f} \quad (2.2)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.3)$$

$$\omega = 2 \pi f \quad (2.4)$$

Além do período e da frequência também pode-se determinar os valores instantâneo, médio e eficaz da função temporal.

2.3.2 Valor instantâneo

Fazendo uso da função seno, o sinal alternado senoidal, $x(t)$, pode ser expresso em função do tempo conforme

$$x(t) = X_m \text{ sen}(\omega t + \theta), \quad (2.5)$$

em que, X_m é a amplitude do sinal; ω é a frequência em radianos por segundo (rad/s); t o tempo em segundos (s); e θ a defasagem angular em radianos (rad). Essa função permite determinar o valor em cada instante de tempo.

2.3.3 Valor médio

O valor médio está relacionado apenas ao sinal retificado do sinal alternado, pois, o valor médio de um sinal alternado simétrico é sempre zero, em intervalos múltiplos de um período completo. Esse valor médio da corrente retificada, em retificador ideal de onda completa, em um número qualquer de ciclos completos, é o mesmo que a corrente média no primeiro semiciclo, ou seja, $\frac{2}{\pi}$ vezes a corrente máxima (SEARS, 2000). A relação entre o valor médio, \bar{X} , e o valor da amplitude máxima, X_m , pode ser expressa por

$$\bar{X} = \frac{2}{\pi} X_m \quad (2.6)$$

2.3.4 Valor eficaz ou RMS

A maioria dos amperímetros e voltímetros para medidas em CA são projetados para medir os valores quadráticos médios de corrente e de tensão, respectivamente (TIPLER, 2015). O valor eficaz, ou RMS (*Root Mean Square*), corresponde à raiz quadrada do valor médio dos quadrados dos valores instantâneos. Para sinais senoidais a relação entre o valor eficaz, X , e o valor da amplitude máxima, X_m , pode ser expressa por

$$X = \frac{X_m}{\sqrt{2}} \quad (2.7)$$

As grandezas variáveis no tempo, como o sinal alternado senoidal, podem ser representadas matematicamente por fasores. No entanto, por tratar-se de assunto mais aprofundado e geralmente empregado em cursos de graduação, o presente trabalho não apresentará tal abordagem.

2.4 Tensão e corrente alternada

A Eq.(2.1) pode ser modificada para representar também outros sinais senoidais, adotando as convenções e simbologias conforme a Tabela 2.1. Para representar os valores instantâneos da força eletromotriz senoidal induzida $\xi = v$, e a amplitude $\xi_m = V_p$. O mesmo raciocínio é aplicado aos valores de tensão e corrente dos componentes, visando facilitar a representação dos valores instantâneos, de pico e eficazes (RMS) nos resistores, indutores e capacitores.

Tabela 2.1 – Convenções adotadas.

	Grandeza	Valor máximo (Pico)	Valor instantâneo (Função temporal)	Valor eficaz (RMS)
	Tensão	V_p	$v(t) = V_p \text{ sen}(\omega t)$	V
	Corrente	I_p	$i(t) = I_p \text{ sen}(\omega t)$	I
Resistor (R)	Tensão	V_R	$v_R(t) = V_R \text{ sen}(\omega t)$	V_R
	Corrente	I_R	$i_R(t) = I_R \text{ sen}(\omega t)$	I_R
Indutor (L)	Tensão	V_L	$v_L(t) = V_L \text{ sen}(\omega t)$	V_L
	Corrente	I_L	$i_L(t) = I_L \text{ sen}(\omega t - \pi/2)$	I_L
Capacitor (C)	Tensão	V_C	$v_C(t) = V_C \text{ sen}(\omega t)$	V_C
	Corrente	I_C	$i_C(t) = I_C \text{ sen}(\omega t + \pi/2)$	I_C

Fonte: Autor.

2.4.1 Valores instantâneos de tensão e corrente CA

Sears (2000), Halliday (2009) e Young (2009) apresentam deduções para força eletromotriz senoidal que levam à Eq.(2.1). Essa equação corresponde à Eq.(2.5) quando a defasagem angular (θ) tem valor nulo (zero). Assim, o sinal alternado senoidal de tensão, $v(t)$, pode ser descrito pela Eq.(2.8), observando as convenções adotadas na Tabela 2.1, em que, V_p é a amplitude máxima da tensão em Volts (V); ω é a frequência em radianos por segundo (rad/s); e t o tempo em segundos (s).

$$v(t) = V_p \text{ sen}(\omega t) \quad (2.8)$$

Pela expressão da definição de resistência elétrica a partir de um condutor ôhmico, obtém-se a função para o sinal alternado de corrente senoidal, $i(t)$, Eq.(2.9), num resistor de resistência R ligado a um sinal alternado senoidal de tensão, $v(t)$.

$$i(t) = \frac{V_p \text{ sen}(\omega t)}{R} \quad (2.9)$$

sendo,

$$I_p = \frac{V_p}{R}, \quad (2.10)$$

em que, I_p é a amplitude máxima da corrente em Amperes (A), fazendo uso da Eq.(2.10) pode-se reescrever a Eq.(2.9), como:

$$i(t) = I_p \text{sen}(\omega t) \quad (2.11)$$

As Eq.(2.8) e (2.11) podem ser reescritas usando a Eq.(2.4) da frequência angular, de modo que se obtém

$$v(t) = V_p \text{sen}(2\pi f t) \quad (2.12)$$

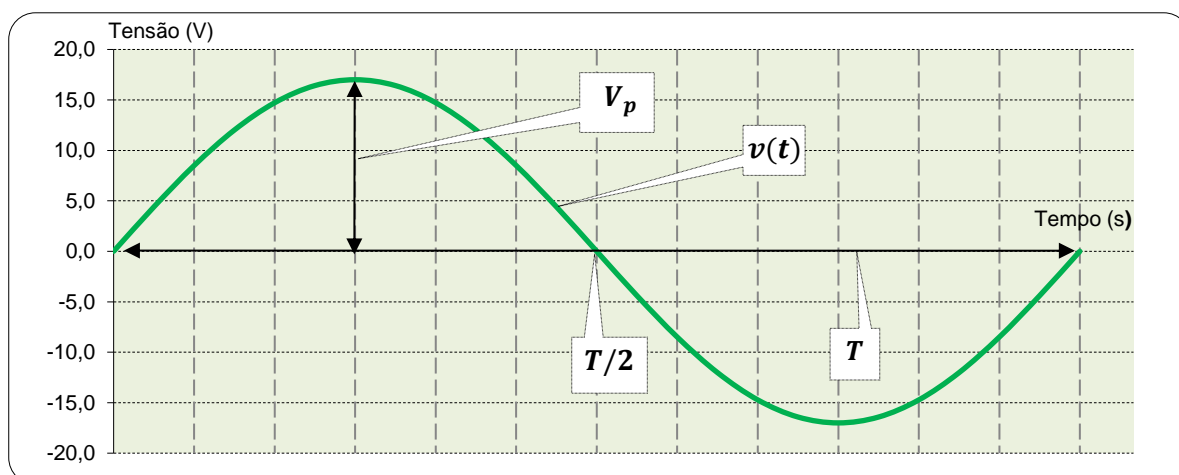
e

$$i(t) = I_p \text{sen}(2\pi f t) \quad (2.13)$$

A Figura 2.3 ilustra a tela de um osciloscópio (com tensão em escala de 5V, apresentando o intervalo de um período (T), ciclo completo) medindo um sinal de tensão, $v(t)$. Observa-se a amplitude da tensão, $V_p = 17V$ e o comportamento senoidal indicado por $v(t)$, conforme expresso na Eq.(2.12).

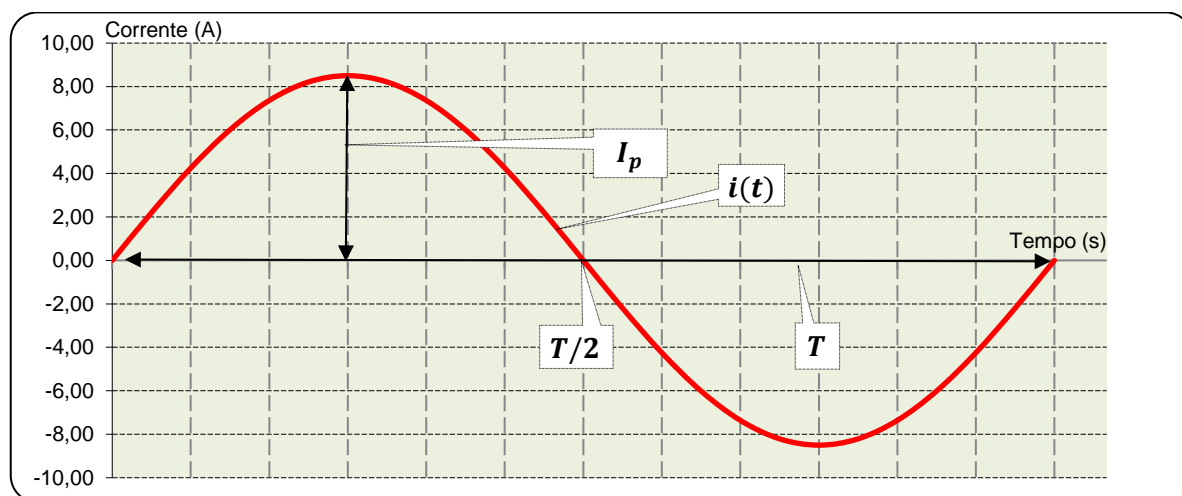
O sinal alternado senoidal de corrente, Eq.(2.13), não pode ser medido diretamente em um osciloscópio, mas os valores instantâneos de sua função matemática podem ser representados graficamente. A Figura 2.4 apresenta o gráfico de uma corrente elétrica alternada senoidal, $i(t)$, com uma corrente de pico, $I_p \cong 8,5A$. Esse valor é obtido a partir da Eq. (2.10) em que a amplitude da tensão, V_p , corresponde ao valor usado e representado na Figura 2.3, e a resistência tem valor $R = 2\Omega$.

Figura 2.3 – Tensão alternada senoidal $v(t)$.



Fonte: Autor.

Figura 2.4 – Corrente alternada senoidal, $i(t)$.



Fonte: Autor.

Poucos instrumentos de medição, ver Figura 2.5, possuem o recurso da tela gráfica para visualização do sinal medido, e desse modo apresentar o valor médio e/ou eficaz (RMS).

Figura 2.5 – Osciloscópio com tela gráfica.

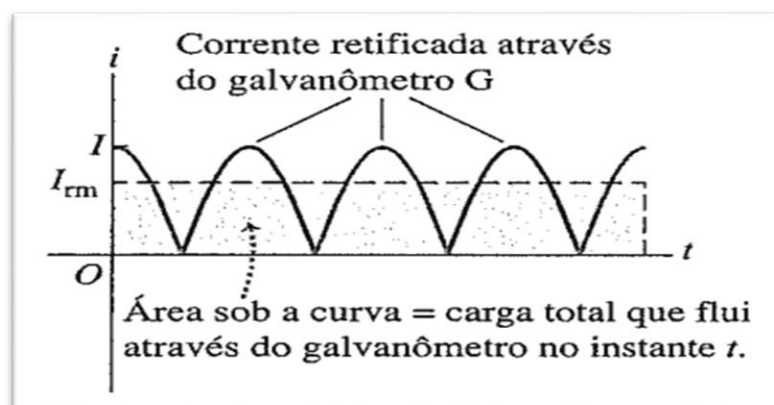


Fonte: Mercado Livre - <https://www.manualslib.com/manual/1480398/Mustool-Mt8206.html?page=1#manual>.

2.4.2 Valores médio de tensão e corrente em CA

Conforme mencionado anteriormente e apresentado na Figura 2.6, o valor médio de um sinal alternado tem relevância na saída de um retificador de onda completa ideal (SEARS, 2000). Como a representação gráfica do sinal na saída do retificador de onda completa também pode ser observada no *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*, em baixa frequência, a presente seção apresenta o equacionamento para esse tipo de sinal.

Figura 2.6 – Gráfico de onda completa, valor médio, corrente retificada I_m .



Fonte: YOUNG (2009), pág. 348.

Fazendo uso da Eq.(2.6) pode-se escrever o valor médio da tensão, \bar{V} , e o valor médio da corrente, \bar{I} .

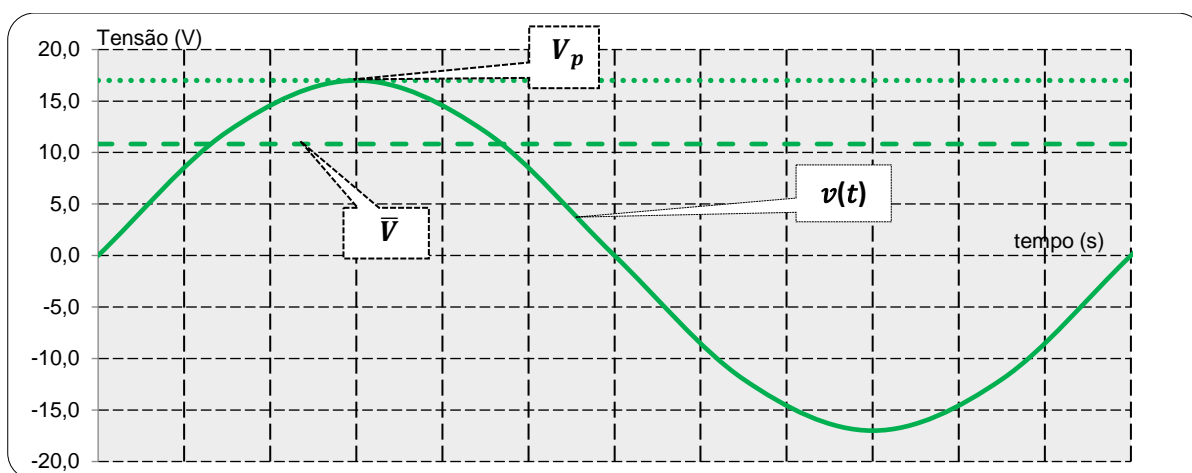
$$\bar{V} = \frac{2}{\pi} V_p \quad (2.14)$$

$$\bar{I} = \frac{2}{\pi} I_p \quad (2.15)$$

Retomando os valores utilizados anteriormente, $V_p = 17V$, $R = 2\Omega$ e $I_p \cong 8,5A$, e fazendo uso das Eq.(2.14) e (2.15), obtém-se $\bar{V} \cong 10,8V$ e $\bar{I} \cong 5,4A$. A Figura 2.7(a) e a Figura 2.7(b) ilustram, respectivamente, uma representação do valor médio da tensão e corrente de um sinal alternada senoidal na saída de um retificador de onda completa ideal.

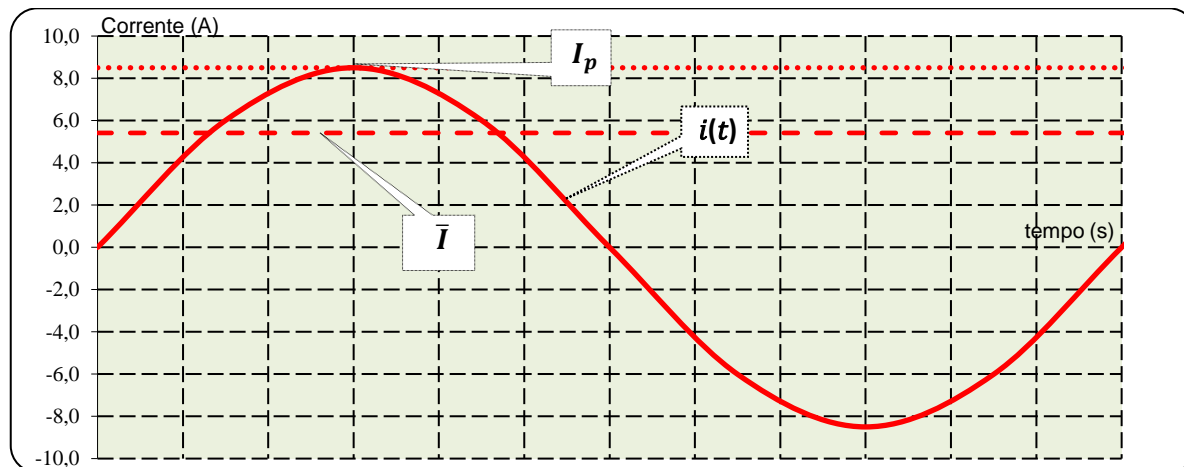
Contudo, os instrumentos usados em circuitos de corrente alternada, como amperímetros e voltímetros, geralmente são calibrados para indicar valores eficazes, ou seja, I_{RMS} e V_{RMS} . Assim, quando se conecta um voltímetro de tensão alternada a uma tomada e o valor indicado é $127V^4$, esta é a tensão RMS, (HALLIDAY, 2009).

Figura 2.7 – Valor médio da tensão (\bar{V}) (a) e da corrente (b).



(a)

Fonte: Autor.



(b)

Fonte: Autor.

2.4.3 Valores eficazes (RMS) de tensão e corrente em CA

A maioria dos amperímetros e voltímetros CA (corrente alternada) são projetados para medir os valores eficazes, ou seja, a raiz do valor quadrático médio (*Root Mean Square*, ou RMS), sendo assim, tem-se as medidas eficazes de corrente e de tensão, (TIPLER, 2015), do mesmo modo que os aparelhos eletrodomésticos,

⁴ Os padrões brasileiros são 127V e 220V.

por exemplo, indicam valores eficazes. Muitos dos aparelhos disponíveis no mercado efetuam medidas de valores eficazes apenas para sinais sinusoidais, sendo assim, caso seja necessário realizar medidas para sinais com outras formas de onda, é necessário utilizar instrumentos denominados *True RMS*.

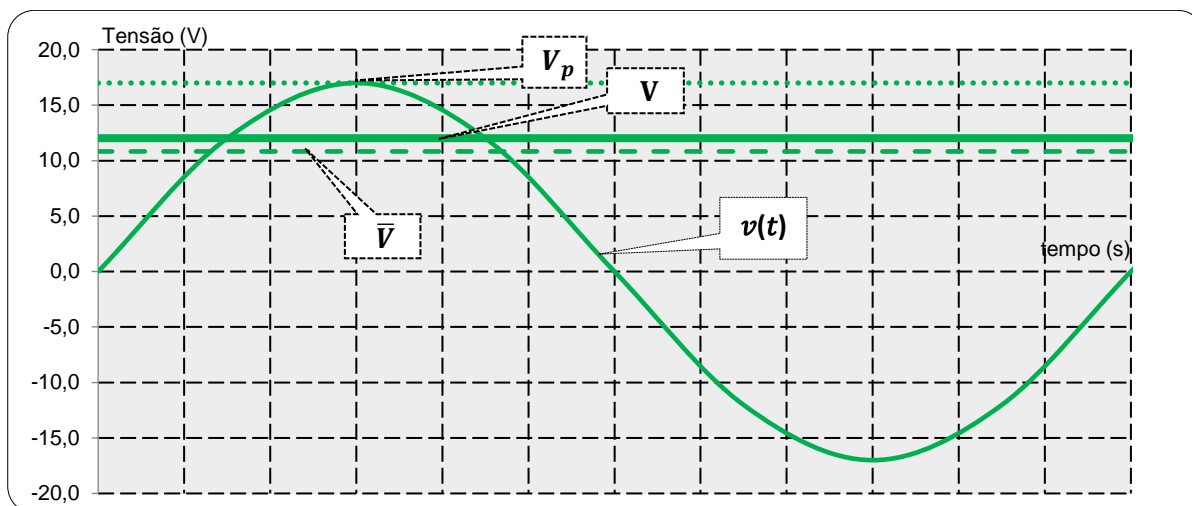
Seguindo as convenções adotadas na Tabela 2.1 e fazendo uso da Eq.(2.7), pode-se escrever os valores eficazes, ou RMS, para a tensão, V , e corrente, I .

$$V = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad (2.16)$$

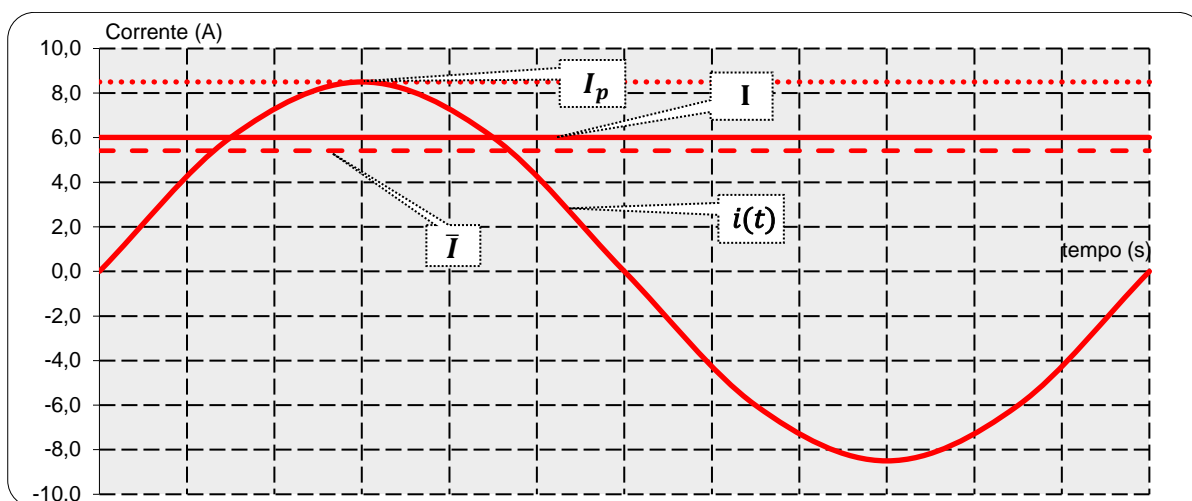
$$I = \frac{I_p}{\sqrt{2}} \quad (2.17)$$

Utilizando os mesmos valores anteriores, $V_p = 17V$, $R = 2\Omega$ e $I_p \cong 8,5A$, obtém-se, com as Eq. (2.16) e (2.17), os valores $V \cong 12,0V$ e $I \cong 6,0A$. A Figura 2.8 apresenta a indicação do valor RMS da tensão alternada senoidal e, por sua vez, a Figura 2.9 a indicação do valor RMS da corrente alternada senoidal.

Figura 2.8 – Valor RMS da tensão (V).



Fonte: Autor.

Figura 2.9 – Valor RMS da corrente (I).

Fonte: Autor.

Conforme mencionado anteriormente, a maior parcela dos sistemas de distribuição de potência elétrica em larga escala utiliza CA (corrente alternada), (SEARS, 2000), assim como diversos equipamentos elétricos presentes em fábricas, escritórios e residências contêm elevada quantidade de circuitos RLC, RC e RL, que são alimentados pelos sistemas de CA, (HALLIDAY, 2009).

Após revisar os valores instantâneo, médio e eficaz (RMS) de tensão e corrente para circuitos em CA senoidal, juntamente com as representações gráficas, a próxima seção discorre sobre os elementos básicos de circuitos elétricos, como resistores (R), indutores (L), capacitores (C), operando em corrente alternada senoidal. Portanto, a seção seguinte apresenta conceitos diretamente relacionados a aplicação do *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*, conforme os objetivos do presente trabalho.

2.5 Circuitos resistivo, indutivo e capacitivo

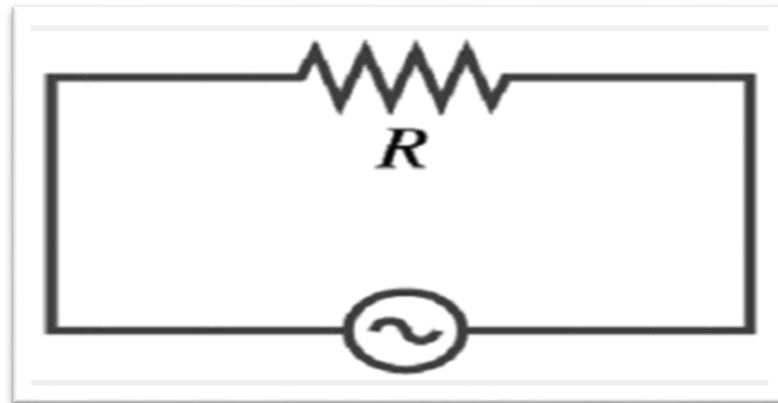
Os elementos básicos em circuito, como resistores, capacitores, indutores e as conexões entre os mesmos, são consideradas como um bloco de elementos se o atraso no tempo ao atravessar os elementos for desprezível. Por outro lado, se os atrasos entre os elementos ou interconexões são suficientemente grandes, pode ser necessário considerá-los como elementos distribuídos. Isto significa que as características resistivas, indutivas e capacitivas devem ser calculadas, (HAYT, 2003). As análises dos três circuitos mais simples, constituídos apenas de resistência elétrica

(R), indutância (L) e capacitância (C) são apresentadas individualmente nas seções a seguir.

2.5.1 Circuito Resistivo (R)

Os circuitos elétricos que possuem apenas cargas resistivas (R), ou seja, que só possuem resistência elétrica como, por exemplo, ferro de passar roupas e chuveiro elétrico, são denominados circuitos resistivos. O circuito da Figura 2.10 consiste em um circuito simples com um gerador ideal e um resistor ideal.

Figura 2.10 – Circuito resistivo (R).



Fonte: Autor.

Aplicando a regra das malhas (Lei de Kirchhoff da Malhas) no circuito da Figura 2.10 obtém-se

$$v(t) - v_R(t) = 0 \quad (2.18)$$

sendo, $v(t)$ a tensão alternada da fonte e $v_R(t)$ a tensão sobre a resistência, a partir da Eq.(2.8) e fazendo uso das convenções da Tabela 2.1, escrever-se

$$v_R(t) = V_R \text{ sen}(\omega t) \quad (2.19)$$

Quando se conecta uma resistência R a uma tensão CA, tem-se:

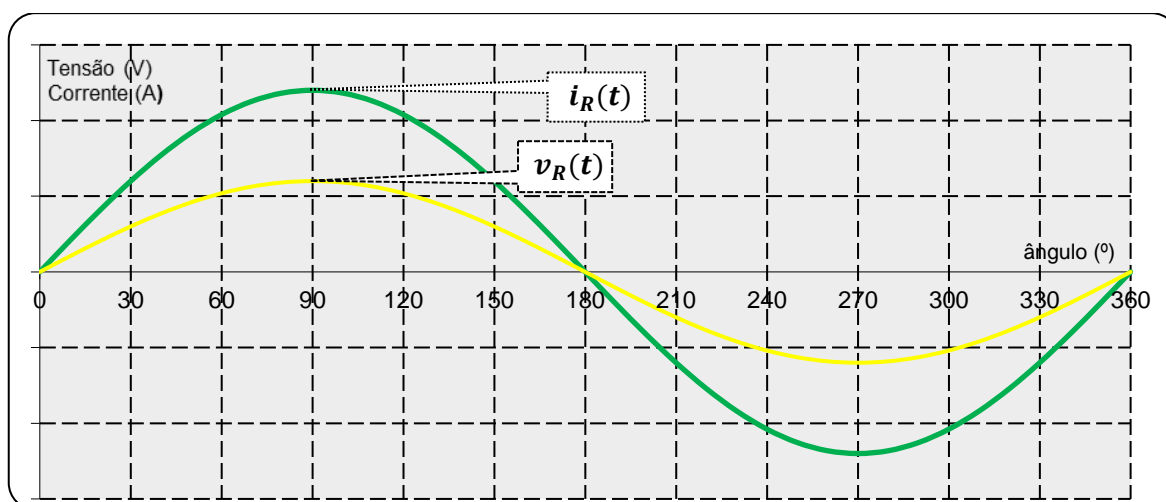
$$i_R(t) = \frac{v(t)}{R} = \frac{v_R(t)}{R} = \frac{V_R}{R} \text{ sen}(\omega t) \quad (2.20)$$

considerando a Eq.(2.11) e as convenções da Tabela 2.1, obtém-se

$$i_R(t) = I_R \text{sen}(\omega t). \quad (2.21)$$

Observa-se assim, que as grandezas variáveis com o tempo $v_R(t)$ e $i_R(t)$ são funções de $\text{sen}(\omega t)$. Isso significa que as duas grandezas estão em fase, ou seja, atingem ao mesmo instante de tempo os valores máximos e os mínimos, (HALLIDAY, 2009). Essa relação de fase entre tensão e a corrente pode ser representada graficamente conforme apresentado na Figura 2.11.

Figura 2.11 – Tensão $v_R(t)$ e corrente $i_R(t)$ no resistor R .



Fonte: Autor.

Os valores eficazes da tensão (V_R) e da corrente (I_R) no resistor (R) podem ser obtidos fazendo uso das Eq.(2.16) e (2.17) adaptadas às convenções da Tabela 2.1.

$$V_R = \frac{V_R}{\sqrt{2}} \quad (2.22)$$

$$I_R = \frac{I_R}{\sqrt{2}} \quad (2.23)$$

Desta forma, os valores eficazes para a tensão e corrente podem ser escritos pela definição de resistência elétrica a partir de um condutor ôhmico e da Eq.(2.16).

$$V_R = R I_R \quad (2.24)$$

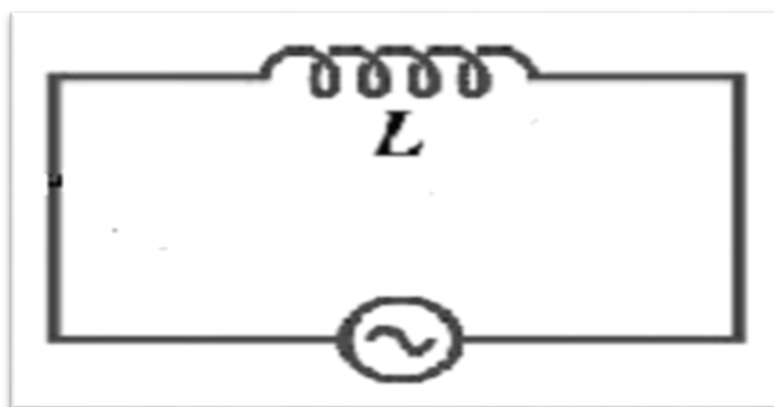
$$I_R = \frac{V_R}{R \sqrt{2}} = \frac{V_R}{R} \quad (2.25)$$

2.5.2 Circuito Indutivo (L)

Os indutores são constituídos basicamente por condutor(es) enrolado(s) em torno de um núcleo (podendo ser de diferentes materiais, inclusive ar) como, por exemplo, transformadores e motores, sendo assim, indutores reais apresentam resistência, geralmente de pequeno valor. Caso se deseje considerar essa resistência ao modelo do indutor, a mesma deve ser adicionada em série com o indutor ideal (MACHADO, 2002).

O circuito elétrico que possui apenas carga indutiva, ou seja, um indutor ideal, com resistência nula, é denominado circuito indutivo. A Figura 2.12 apresenta um circuito simples com um gerador ideal e um indutor ideal.

Figura 2.12 – Circuito indutivo (L).



Fonte: Autor.

Nesse circuito, a oposição à passagem das cargas elétricas é exercida pela reatância indutiva, X_L , Eq.(2.26), medida em ohms (Ω), sendo L o valor da indutância medida em Henry (H) e ω a frequência medida em rad/s . A reatância indutiva, X_L , Eq.(2.27), também pode ser escrita fazendo uso da Eq.(2.4), em que, f é a frequência medida em Hertz (Hz).

$$X_L = \omega L \quad (2.26)$$

$$X_L = 2\pi fL \quad (2.27)$$

Aplicando a regra das malhas (Lei de Kirchhoff das Malhas) no circuito da Figura 2.12, pode-se escrever

$$v(t) - v_L(t) = 0 \quad (2.28)$$

sendo, $v(t)$ a tensão alternada da fonte e $v_L(t)$ a tensão sobre o indutor, considerando a Eq.(2.8) e as convenções da Tabela 2.1, pode-se expressar

$$v_L(t) = V_L \text{sen}(\omega t) \quad (2.29)$$

A tensão $v_L(t)$ também pode ser expressa em função da variação da corrente $\left(\frac{di}{dt}\right)$ e da indutância (L), em que

$$v_L(t) = L \frac{di}{dt} \quad (2.30)$$

assim, isolando a corrente $\left(\frac{di}{dt}\right)$ no indutor, pode-se escrever:

$$\frac{di}{dt} = \frac{v_L(t)}{L} = \frac{V_L}{L} \text{sen}(\omega t) \quad (2.31)$$

e por integração obtém-se a corrente $i_L(t)$ no indutor.

$$i_L(t) = \int di = \int \frac{V_L}{L} \text{sen}(\omega t) dt \quad (2.32)$$

Resolvendo a integral, pode-se escrever

$$i_L(t) = -\frac{V_L}{\omega L} \cos(\omega t) \quad (2.33)$$

Usando a identidade trigonométrica $\text{sen}(\omega t - \pi/2) = -\cos(\omega t)$ a Eq.(2.33) é reescrita como

$$i_L(t) = \frac{V_L}{\omega L} \text{sen}(\omega t - \pi/2) \quad (2.34)$$

assim, tem-se a defasagem $\theta = -\pi/2 \text{ rad}$, conforme a Eq.(2.5). O valor de pico da corrente I_L pode ser obtido por

$$I_L = \frac{V_L}{\omega L} \quad (2.35)$$

sendo assim, obtém-se a expressão $i_L(t)$, conforme a Tabela 2.1.

$$i_L(t) = I_L \text{sen}(\omega t - \pi/2) \quad (2.36)$$

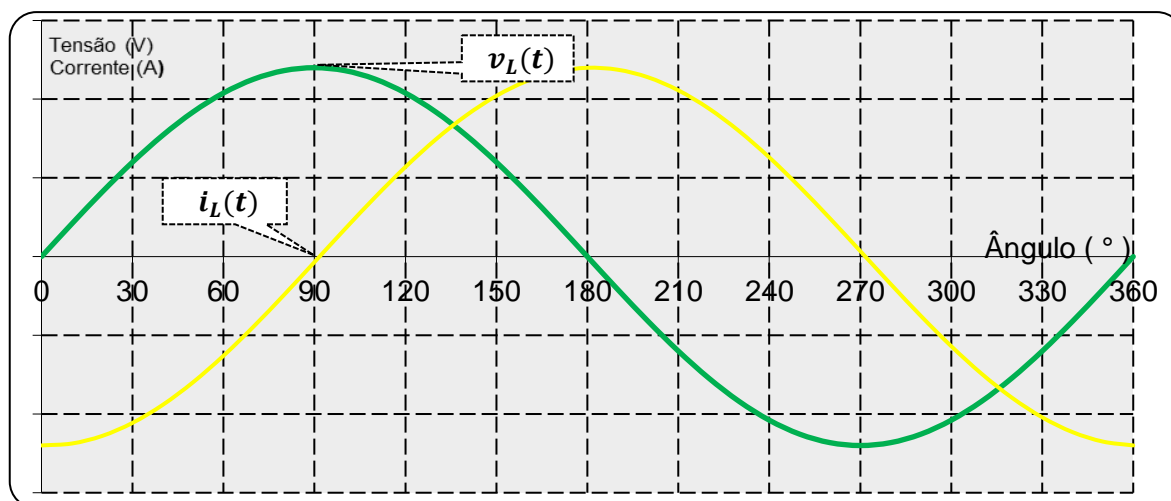
Por simplicidade pode-se ainda escrever $i_L(t)$ com a defasagem em graus

$$i_L(t) = I_L \text{sen}(2\pi ft - 90^\circ) \quad (2.37)$$

Maiores detalhes e outras maneiras de verificar as expressões apresentadas podem ser encontradas em Halliday (2009) e Sears (2000).

A Figura 2.13 representa graficamente a tensão $v_L(t)$, Eq.(2.29), e a corrente $i_L(t)$, Eq.(2.36). Os valores máximos, ou mínimos, dos sinais de tensão e corrente ocorrem com uma defasagem de um quarto de período, ou seja, 90° (ou $\pi/2 \text{ rad}$). Portanto pode-se afirmar que a **corrente está defasada de 90° em relação a tensão** (TIPLER, 2015).

Figura 2.13 – Tensão, $v_L(t)$, e corrente, $i_L(t)$, no indutor (L).⁵



Fonte: Autor.

⁵ As escalas adotadas para tensão e corrente são diferentes.

Creder (2013) salienta que na prática essa defasagem é menor que 90° , porque há de se considerar a resistência ôhmica. Dessa forma, nos circuitos com motores, bobinas, reatores, transformadores e outros indutores que possuem resistência elétrica, o ângulo de fase entre tensão e corrente é menor que 90° .

O valor eficaz da tensão (V_L) e da corrente (I_L) no indutor podem ser obtidos fazendo uso das Eq.(2.16) e (2.17) adaptadas às convenções da Tabela 2.1.

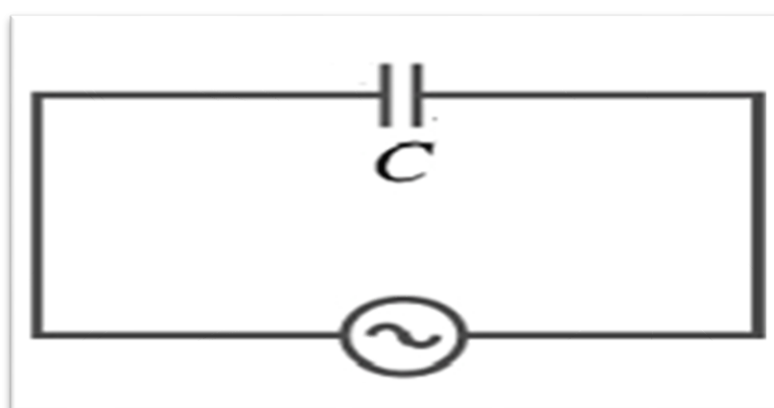
$$V_L = \frac{V_L}{\sqrt{2}} \quad (2.38)$$

$$I_L = \frac{I_L}{\sqrt{2}} \quad (2.39)$$

2.5.3 Circuito Capacitivo (C)

Os circuitos elétricos que possuem apenas componentes com capacidade de acumular cargas, ou capacitância, são denominados circuitos puramente capacitivos. Geralmente capacitores são utilizados em conjunto com outros componentes, por exemplo, associado ao motor do ventilador de teto. O circuito da Figura 2.14 consiste num circuito simples com um gerador ideal e um capacitor ideal.

Figura 2.14 – Circuito capacitivo (C).



Fonte: Autor.

Nesse circuito, a oposição à passagem das cargas elétricas é exercida pela reatância capacitiva, X_C , Eq.(2.40), medida em ohms (Ω), sendo C o valor da capacitância medida em Farad (F) e ω a frequência, medida em rad/s . A reatância

capacitiva, X_C , Eq.(2.41), também pode ser escrita fazendo uso da Eq.(2.4), em que, f é a frequência medida em Hertz (Hz).

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (2.40)$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2.41)$$

Aplicando a regra das malhas (Lei de Kirchhoff das Malhas) no circuito da Figura 2.14, pode-se escrever

$$v(t) - v_C(t) = 0 \quad (2.42)$$

sendo $v(t)$ a tensão alternada da fonte e $v_C(t)$ a tensão sobre o capacitor, considerando a Eq.(2.8) e as convenções da Tabela 2.1, pode-se expressar $v_C(t)$ como:

$$v_C(t) = V_C \text{sen}(\omega t) \quad (2.43)$$

Assim, usando a definição de capacitância podemos escrever a expressão para a carga, $q(t)$, no capacitor como

$$q(t) = C v_C(t) = C V_C \text{sen}(\omega t) \quad (2.44)$$

A corrente, $i(t)$, corresponde à taxa de variação da carga, $q(t)$, em relação ao tempo, t , ou seja,

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad (2.45)$$

Derivando a Eq.(2.44) em relação ao tempo e usando a igualdade da Eq.(2.45), tem-se

$$i_C(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d(C V_C \text{sen}(\omega t))}{dt} \quad (2.46)$$

Logo,

$$i_C(t) = \omega C V_C \cos(\omega t) \quad (2.47)$$

Com base na identidade trigonométrica $\cos(\omega t) = \sin(\omega t + \pi/2)$ pode-se reescrever a Eq.(2.47), como

$$i_C = \omega C V_C \sin(\omega t + \pi/2) \quad (2.48)$$

assim, tem-se o adiantamento da fase $\theta = \pi/2 \text{ rad}$, conforme a Eq.(2.5). O valor de pico da corrente I_C pode ser obtido conforme:

$$I_C = \omega C V_C \quad (2.49)$$

sendo assim, obtém-se a expressão $i_C(t)$, fazendo uso da Tabela 2.1.

$$i_C(t) = I_C \sin(\omega t + \pi/2) \quad (2.50)$$

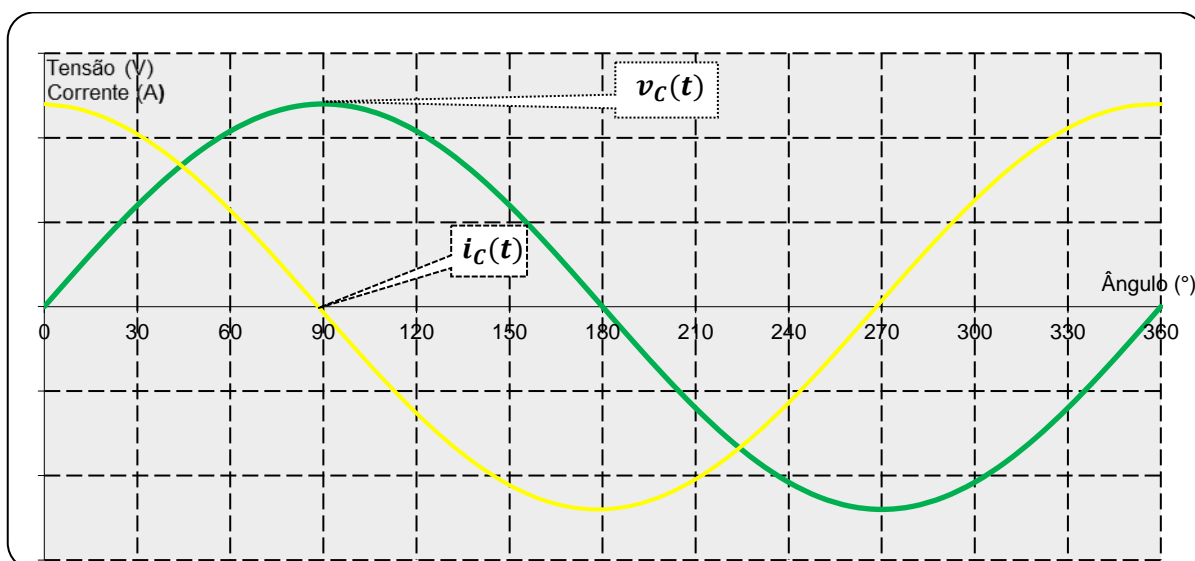
Por simplicidade pode-se ainda escrever $i_C(t)$ com a fase em graus

$$i_C(t) = I_C \sin(2\pi f t + 90^\circ) \quad (2.51)$$

Vale destacar que o produto ωC é o inverso da reatância capacitiva, Eq. 2.40, ou seja, pode ser interpretado como a admitância capacitiva com unidade de medida em siemens (S). Maiores detalhes e outras maneiras de verificar as expressões apresentadas podem ser encontradas em Halliday (2009), Sears (2000) e Creder (2013).

A Figura 2.15 representa graficamente a tensão $v_C(t)$, Eq.(2.43) e a corrente $i_C(t)$, Eq.(2.51). Os valores máximos, ou mínimos, dos sinais de tensão e corrente ocorrem com uma defasagem de um quarto de período, ou seja, 90° (ou $\pi/2 \text{ rad}$). Portanto pode-se afirmar que a **corrente está adiantada de 90° em relação a tensão** (TIPLER, 2015).

Figura 2.15 – Tensão, $v_C(t)$, e corrente, $i_C(t)$, no capacitor (C).⁶



Fonte: Autor.

O valor eficaz da tensão (V_C) e da corrente (I_C) no capacitor podem ser obtidos fazendo uso das Eq.(2.16) e (2.17) adaptadas às convenções da Tabela 2.1.

$$V_C = \frac{V_C}{\sqrt{2}} \quad (2.52)$$

$$I_C = \frac{I_C}{\sqrt{2}} \quad (2.53)$$

Assim como a resistência e a reatância indutiva, a reatância capacitiva tem unidade de medida em ohms. A reatância indutiva e a reatância capacitiva dependem não apenas das características físicas dos componentes, L e C , respectivamente, mas também da frequência ao qual estão sujeitas (TIPLER, 2015). A Tabela 2.2 apresenta uma síntese dos circuitos resistivo, indutivo e capacitivo.

⁶ As escalas adotadas para tensão e corrente são diferentes

Tabela 2.2 – Relações de fase nos circuitos resistivo, indutivo e capacitivo.

Componente	Símbolo	Resistência ou Reatância	Fase da corrente em relação à Tensão	Constante de fase (ângulo ϕ)	Relações de amplitudes
Resistor	R	R	Em fase	0°	$V_R = R I_R$
Capacitor	C	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	Adiantada de 90°	90°	$V_C = X_C I_C$
Indutor	L	$X_L = \omega L$	Atrasada de 90°	-90°	$V_L = X_L I_L$

Fonte: Autor.

Verificou-se até o momento que tensão e corrente podem apresentar valores instantâneo, médio, de pico e eficaz, além de comportamento dependente da frequência, sendo assim, a seção seguinte apresenta uma visão geral de alguns instrumentos de medidas elétricas para o presente contexto.

2.6 Instrumentos de medida

A engenharia aplica princípios físicos para desenvolver dispositivos em benefício da humanidade, para isso, existe a necessidade de realizar-se medidas, sendo assim, o uso de instrumentos para tal finalidade é indispensável. Instrumentos eletrônicos são utilizados em todos os campos da ciência e da engenharia e eles se proliferaram no cotidiano do desenvolvimento de novas tecnologias de tal modo que “seria incabível ter uma formação técnica ou científica sem ter tido contato com os instrumentos de medida eletrônicos” (SADIKU, 2014).

Sadiku (2014) salienta que para estudantes de engenharia a habilidade em operar instrumentos analógicos e digitais é crucial. Destacando instrumentos como amperímetros, voltímetros, ohmímetros, osciloscópios, analisadores de espectros e geradores de sinais.

2.6.1 Voltímetro e amperímetro

Entre os instrumentos usados para medir grandezas elétricas encontram-se o voltímetro, que mede tensões (diferença de potencial), o amperímetro, que mede corrente, e o multímetro, que pode realizar diferentes medidas, como tensão e corrente AC/CC, resistência, capacitância, continuidade, entre outras, de acordo com a grandeza selecionada, (HALLIDAY, 2016).

A tensão, diferença de potencial, entre dois pontos de um circuito é medida conectando os terminais do voltímetro a esses pontos sem desligar nem desconectar qualquer componente. A resistência interna do voltímetro deve ser muito maior que a resistência do circuito entre dois pontos, pois, caso contrário a simples presença do medidor mudará o valor da tensão que se pretende medir (HALLIDAY, 2016).

Diferente do voltímetro, em geral, para se medir a corrente é preciso conectar o instrumento em série com o trecho o qual desejamos verificar a corrente, sendo assim, é preciso modificar as conexões fazendo com que a corrente a ser medida atravesse o amperímetro. Portanto, a resistência interna do amperímetro deve ser muito menor que a resistência do circuito, pois, caso contrário a simples presença do medidor mudará o valor da corrente que se pretende medir (HALLIDAY, 2016).

2.6.2 Osciloscópio

O osciloscópio, como a maioria dos dispositivos de medida, é um instrumento eletrônico, analógico ou digital, que dispõe de um *display* gráfico que possibilita a verificação do comportamento temporal de sinais, (SADIKU, 2014).

Sinais de tensão podem ser analisados com uso do osciloscópio, com o qual podemos medir a amplitude, período, frequência, e a partir destes valores determinar, por exemplo, a tensão eficaz (RMS), tensão média, tensão de pico, e a defasagem entre dois ou mais sinais (MARKUS, 2004).

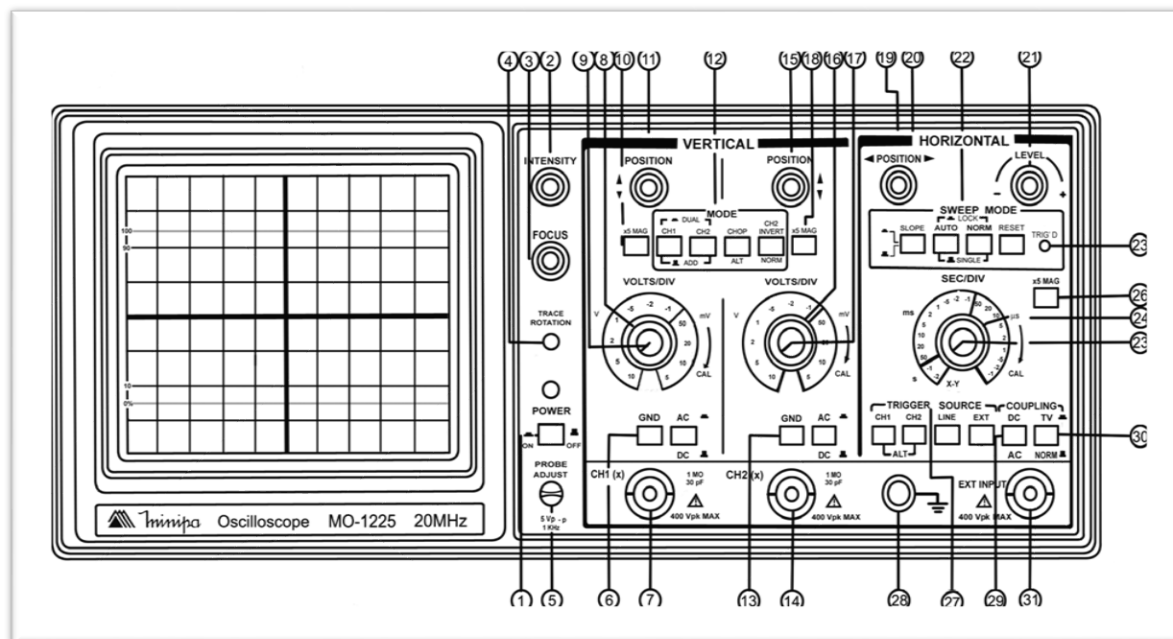
Osciloscópios analógicos ou digitais são recomendados igualmente, mas o osciloscópio digital é muitas vezes escolhido devido às suas capacidades expandidas, como o armazenamento de dados, cálculos e medidas de formas de onda (SADIKU, 2014). A Figura 2.16 apresenta um modelo de osciloscópio analógico, com identificação numerada das funções de seus botões, conforme manual do próprio osciloscópio. A seguir serão mencionadas apenas funções básicas deste osciloscópio (numeração de acordo com a Figura 2.16), tendo em vista o contexto do presente trabalho:

7. CH1 (X): Possui duas funções. Pode ser usado como terminal de entrada do Canal Vertical 1, em uso normal, ou como sinal de entrada do Canal Horizontal no modo X-Y;
8. VOLTS/DIV: (Volts por Divisão), Seleciona o fator de deflexão, sendo dividido em 11 passos a partir de 5mV/DIV, assim, a distância entre os traços horizontais corresponde ao valor selecionado. Desta forma, para

medir um sinal com amplitude máxima (pico a pico) de $10V$, por exemplo, pode-se optar por uma escala de $2V/DIV$ resultando em um sinal que irá ocupar 5 divisões horizontais, ou seja, $2V$ multiplicado por 5 Divisões resultando em $10V$ de amplitude do sinal.

- 11.CH1 POSITION: Ajusta a posição do traço verticalmente do canal 1 (*Channel 1*), permitindo o deslocamento do sinal para cima ou para baixo;
- 14.CH2 (Y): Terminal de Entrada do CH2 e é usado como entrada vertical no modo X-Y;
- 15.CH2 POSITION: Ajusta a posição do traço verticalmente do canal 2 (*Channel 2*), permitindo o deslocamento do sinal para cima ou para baixo;
- 16.CH2 VOLTS/DIV: O mesmo que o item 8, aplicado ao canal 2 (*Channel 2*);
- 19.POSITION: Ajusta a posição do traço horizontalmente, permitindo o deslocamento do sinal para a direita ou para a esquerda;
- 24.SEC/DIV: (Segundos por Divisão), Seleciona a base de tempo apropriada para a frequência do sinal medido, assim, a distância entre os traços verticais corresponde ao valor selecionado. Desta forma, para medir um sinal com período de $1.0ms$, por exemplo, pode-se optar por uma escala de $0.2mSEC/DIV$ resultando em um sinal que irá ocupar 5 divisões verticais, ou seja, $0.2ms$ multiplicado por 5 Divisões resultando em $1.0ms$ por ciclo do sinal.

Figura 2.16 – Osciloscópio.



Fonte: manual osciloscópio analógico Minipa.

2.6.3 Gerador de funções

O gerador de funções é um aparelho eletrônico utilizado para gerar sinais elétricos, como, por exemplo, ondas senoidais, triangulares e pulsos, bem como sinais com formatos diversos ou até mesmo ondas arbitrárias, dependendo das funcionalidades do equipamento. Essas formas de onda podem ainda ser definidas por entradas matemáticas ou gráficas (FLOYD, 2007. pg. 52).

Conforme o manual de instruções do fabricante, o gerador de funções é capaz de suprir diversas necessidades de laboratórios, oferecendo uma ampla faixa de aplicações tanto em eletrônica, como nos campos de engenharia, produção, manutenção, educação e até para os hobistas, em que, reproduz formas de onda senoidal, quadrada e triangular na faixa de frequência de 0,02Hz a 2MHz⁷.

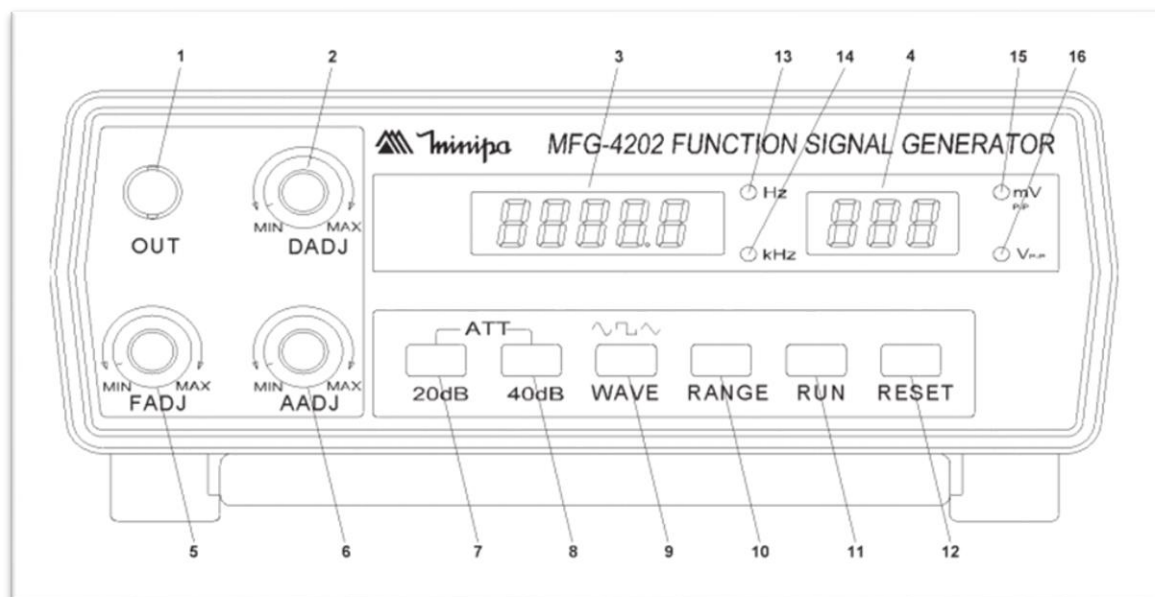
Em uma abordagem mais técnica Tocci (2011) menciona o gerador de funções pelo circuito que produz formas de onda senoidais, dentes de serra, triangulares e quadradas. Malvino (2016) menciona o XR-2206, como exemplo de um circuito integrado (CI) gerador de função, com frequências controladas de 0,01 Hz a mais de 1,00 MHz.

⁷ Os valores de ajuste de frequência variam para cada modelo de gerador de funções.

As informações mais técnicas sobre o funcionamento de um gerador de funções baseado em circuitos eletrônicos osciladores não são prioridades para o *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*, pois, o objetivo é utilizar seus sinais na verificação das formas de onda, em especial as de baixa frequência. A Figura 2.17 apresenta um modelo de gerador de funções e a seguir serão mencionadas apenas funções básicas deste modelo, tendo em vista o contexto do presente trabalho:

1. Conector OUT: Conector para a saída do sinal do gerador de funções. A amplitude máxima de saída é de 10 Vpp com carga de 50 Ω ;
3. Indicador de Frequência: Mostra o valor da frequência gerada em *display* LED de 5 dígitos. A unidade de medida é indicada pelos LEDs Hz e kHz;
4. Indicador de Amplitude: Mostra a amplitude do sinal gerado em *display* LED de 3 dígitos. A unidade de medida é indicada pelos LEDs Vpp e mVpp;
5. Knob FADJ: Knob de controle de frequência. Ajuste fino da frequência para cada faixa;
6. Knob AADJ: Knob de controle de amplitude na faixa de 20 dB;
9. Tecla WAVE: Seletor da forma de onda de saída. Quando esta tecla é pressionada, o dígito mais significativo do *display* de 5 dígitos mostra a sequência 1, 2 e 3. Onde 1 indica onda senoidal, 2 ondas quadrada e 3 ondas triangular;
10. Tecla RANGE: Seletor de faixa de frequência. Quando esta tecla é pressionada, o dígito menos significativo do *display* de 5 dígitos mostra a sequência 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, para indicar cada faixa selecionada (Tabela 2.3).
14. LED Hz: Indicador da unidade de medida Hz;
15. LED kHz: Indicador da unidade de medida kHz;
16. LED mVpp: Indicador da unidade de medida mVpp;
17. LED Vpp: Indicador da unidade de medida Vpp.

Figura 2.17 – Gerador de funções.



Fonte: manual gerador de funções Minipa.

Tabela 2.3 – Faixa de frequência do gerador de funções.

Indicação	Frequência
1	0.2Hz - 2Hz
2	2Hz - 20Hz
3	20Hz - 200Hz
4	200Hz - 2kHz
5	2kHz - 20kHz
6	20kHz - 200kHz
7	200kHz - 2MHz

Fonte: Autor.

2.7 Metodologias de aprendizagem

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção”, (FREIRE, 2001). Buscar estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos para aplicação em sala de aula compreende o programa do MNPEF.

O *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física* surge como um produto dentro do MNPEF com uma proposta de atividade prática experimental para o ensino de física, direcionado inicialmente para as relações de fase entre tensão e corrente em circuitos RLC, RC e RL em CA (corrente alternada). Com isso, pretende-se auxiliar

os estudantes na interpretação de gráficos, principalmente os relacionados aos circuitos em CA, superando assim possíveis dificuldades de aprendizagem.

2.7.1 Contribuição de trabalhos correlatos

O MNPEF faz parte do programa da Sociedade Brasileira de Física (SBF), com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física, sendo a produção científica desse programa disponibilizada em <http://www1.fisica.org.br/mnpef/>. Na busca por referências bibliográficas relevantes e com aderência ao ensino de eletricidade ou circuitos RLC, incluindo as propostas do MNPEF, destacam-se algumas contribuições.

“Desenvolvimento de um protótipo de bancada para medição e análise do fator de potência utilizando osciloscópio aplicado ao ensino de física”, como o título sugere, apresenta o desenvolvimento de um protótipo de bancada para medição e análise do fator de potência utilizando osciloscópio aplicado ao ensino de Física. Além de trabalhar assuntos sobre componentes e circuitos RLC relacionado ao dia a dia do aluno, também sugere continuidade de estudos sobre circuitos de corrente alternada. “como complemento fica a sugestão de simular os circuitos elétricos utilizando um *software* específico de análise, como o *Multisim* e realizar uma abordagem no campo conceitual através de fasores para ensinar sobre circuitos de corrente alternada” (MARTON, 2017).

“Uma proposta de atividades investigativas com o uso de um *software* simulador de circuitos elétricos em sala de aula” voltado as concepções alternativas dos alunos frente aos conceitos e concepções científicas sobre corrente elétrica, além de explicitar o uso do simulador *EveryCircuit*, salienta o recurso gráfico do *software*. “Os alunos podem observar também os efeitos dessas variações através de gráficos ou valores mostrados diretamente sobre a tela, sem se preocupar com o formalismo matemático ligado ao conceito físico” (SCARPAT JR, 2017).

Publicado no V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências a “Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional *Modellus*”, como o nome sugere, investiga ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos com o uso de simulação em circuitos RLC (com tensão contínua). Com o uso da ferramenta computacional “os resultados quantitativos mostram que houve melhorias estatisticamente significativas no desempenho dos alunos do grupo experimental,

quando comparado aos alunos do grupo de controle, submetidos apenas ao método tradicional de ensino.” (DORNELES, 2010).

O trabalho “Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples” apresenta uma análise dos diferentes obstáculos para a aprendizagem sobre conceitos básicos envolvidos. Com um conjunto de atividades de simulação e modelagem computacionais, desenvolvidas com o *software Modellus* sobre conceitos básicos envolvidos em circuitos elétricos simples, detectando dificuldades de aprendizagem, promovendo a interação a partir do que o aluno já sabe por meio de uma proposta didática com o uso de computador que não substitui as atividades experimentais, mas, pelo contrário, acrescenta outras situações para que o aluno explore os conteúdos em questão, de modo a auxiliar na aprendizagem (DORNELES, 2006).

“Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem iniciativa de conceitos básicos de eletricidade. Parte II - circuitos RLC” mostra uma análise do comportamento da energia eletromagnética em circuitos do tipo RLC. Identifica e apresenta uma síntese das principais dificuldades de aprendizagem, além de descrever dois produtos: um conjunto de atividades de simulação e modelagem computacionais com o *software Modellus* e um teste sobre a compreensão de conceitos físicos envolvidos em circuitos RLC. Também destaca a interatividade dos alunos entre si, com o professor e com o material instrucional, com melhorias estatisticamente significativas no desempenho dos alunos que trabalharam com as atividades computacionais. Além disso, lembra que os recursos computacionais no ensino de circuitos RLC não excluem o laboratório didático de física, pelo contrário, criam situações complementares a ele, de modo a proporcionar aos alunos oportunidades de interação com representações práticas, que favoreçam a exploração dos fenômenos de natureza dinâmica presentes nesses circuitos. Por Pedro F.T. Dorneles, Ives S. Araujo e Eliane A. Veit (DORNELES, 2008).

Retomando o texto que identifica o problema relacionado as compreensões gráficas das relações de fase no circuito RLC de Tipler (2015, p. 311), ressaltasse que: “Em circuitos que contém um gerador CA ideal e dois ou mais elementos adicionais conectados em série, a soma das quedas de potencial nos elementos em um dado instante é igual à força eletromotriz (f.e.m.) do gerador naquele instante, assim como no caso dos circuitos CC” corresponde a um conhecimento prévio do

estudante; “Entretanto, em circuitos CA em série as quedas de potencial tipicamente não estão em fase, logo a soma de seus valores RMS não é igual ao valor RMS da f.e.m. do gerador”. Naturalmente as leis de Kirchhoff continuam válidas, porém a maneira como devem ser interpretados os dados é mais complexa, considerando a defasagem dos sinais. A defasagem corresponde a um conceito novo, e a interação cognitiva entre essa novidade e prévios conhecimentos é a característica chave da aprendizagem significativa para os circuitos de corrente alternada.

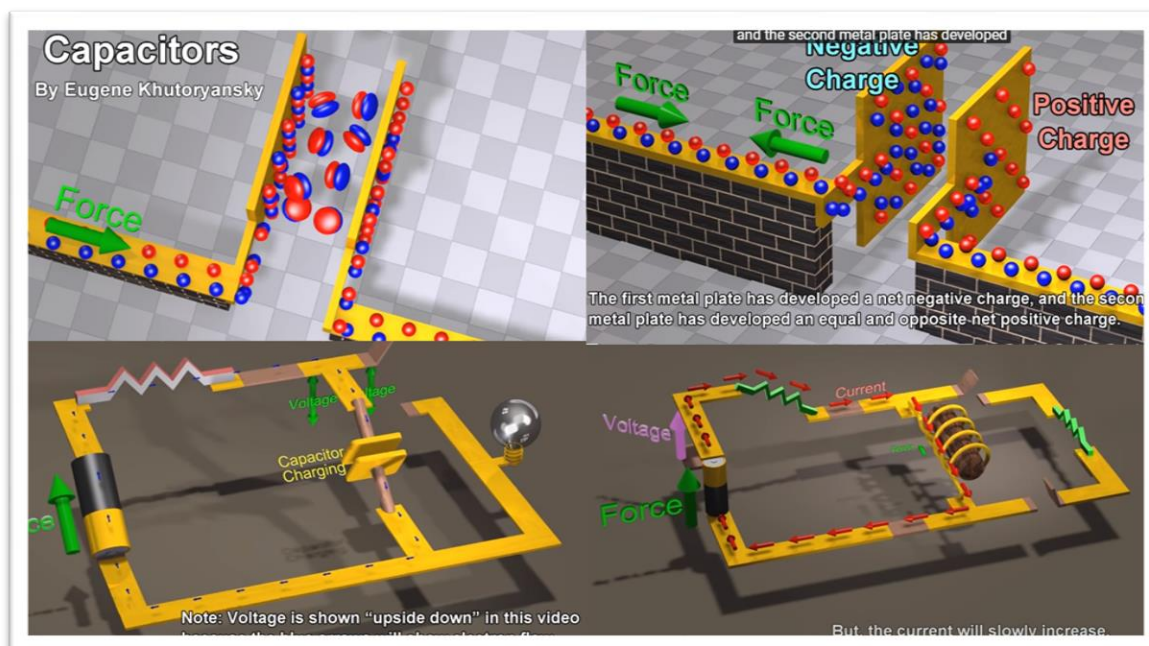
Na sequência, o trabalho apresenta diferentes recursos metodológicos já usados, pelo Autor, no ensino de circuitos em CA.

2.7.2 Vídeo aula

Ao mencionar que organizadores prévios não, necessariamente, são textos escritos, Moreira (2006), sugere que um vídeo pode funcionar como organizador prévio para o estudante. Com a implementação da plataforma Google Sala de Aula – *Classroom*, em 2017, na região da segunda Coordenadoria Regionais de Educação – 2ª CRE, seguimento da Secretariaria da Educação do Rio Grande do Sul – SEDUC-RS, o uso dos recursos de vídeos, como instrumento didático, ganhou mais espaço e uma melhor sincronia com as atividades de aula.

Na internet encontram-se os vídeos, Figura 2.18, de *Eugene Khutoryansky* (*Physics Videos by Eugene Khutoryansky*), disponível em <https://www.youtube.com/channel/UCJ0yBou72Lz9fqeMXh9mkog> também disponível em <https://www.patreon.com/EugeneK>. Trata-se de um apanhado de vídeos sobre física, sendo muitos deles relacionados à eletricidade e aos circuitos RLC. Esses vídeos, apesar de apresentarem o áudio em inglês, possuem legendas em português. Vale ressaltar que o acesso a esses vídeos necessita de computadores e conexão à internet, pouco disponíveis na sala de aula/escola pública. Esse recurso em vídeo foi utilizado associado ao recurso do Google Sala de Aula (*Google Classroom*), em geral, na forma de postagem de vídeo extraclasse, ficando disponível para o aluno acessar fora do período de aula na escola.

Figura 2.18 – Imagem de vídeos de Eugene Khutoryansky.



Fonte: Autor.

A qualidade das representações visuais que exemplificam tipicamente as representações análogas ao comportamento dos circuitos em CA são relevantes à construção de modelos mentais. Porém, quando há relação de fase entre tensão e corrente nos gráficos a informação é “apresentada ao estudante de forma arbitrária”, e “ao aluno cabe apropriar-se da informação” (MOREIRA, 2011), caracterizando assim uma “aprendizagem mecânica” (MOREIRA, 2006).

2.7.3 Experimento prático

Conforme lembrado por Tipler (2015) em circuitos que contém um gerador CA ideal e dois ou mais elementos adicionais conectados em série, a soma⁸ das quedas de potencial nos elementos em um dado instante é igual à força eletromotriz (f.e.m.) do gerador naquele instante, assim como no caso dos circuitos CC. Entretanto, em circuitos CA em série, as quedas de potencial tipicamente não estão em fase, logo a soma⁹ de seus valores RMS não é igual ao valor RMS da f.e.m. do gerador.

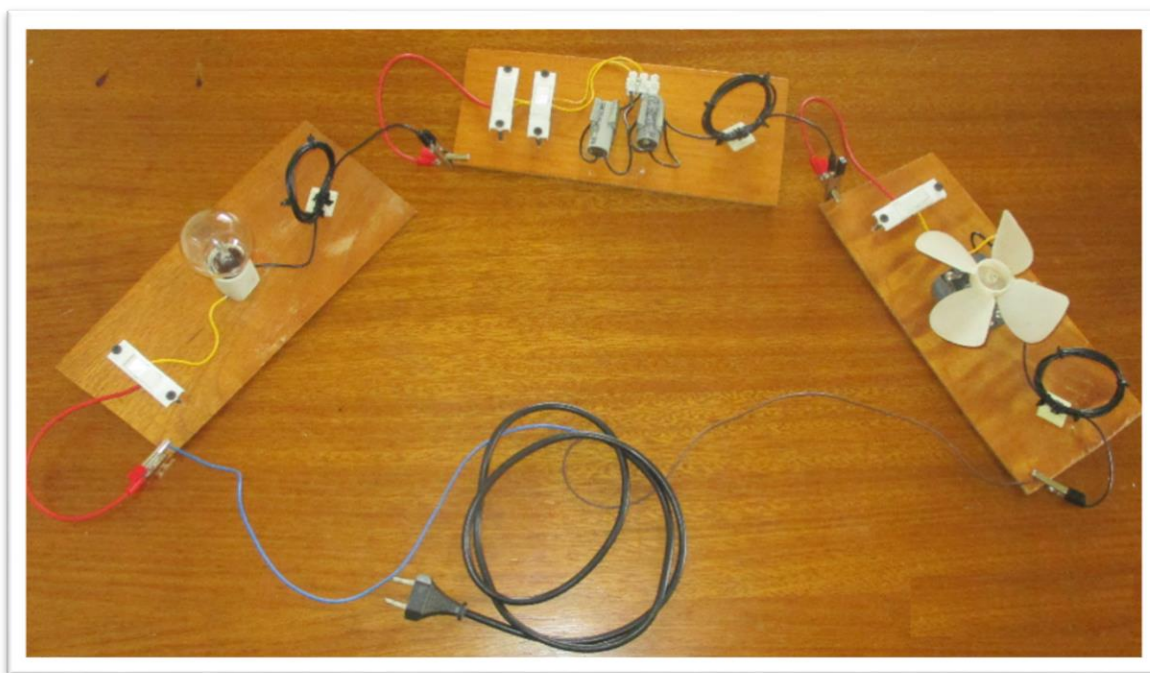
Para trabalhar em sala de aula a questão das somas das tensões no circuito série mencionado por Tipler (2015), o Autor já havia usado o apoio empírico-concreto,

⁸ A soma das quedas de potencial nos elementos em um dado instante ser igual à f.e.m. do gerador naquele instante, como no caso dos circuitos CC, é esperado como conhecimento prévio do aluno.

⁹ A soma dos valores RMS não ser igual ao valor RMS da f.e.m. do gerador é o novo conhecimento.

(Moreira, 2006), para auxiliar nesse processo de novos conceitos, a serem assimilados significativamente. O experimento concreto era composto por uma lâmpada incandescente (R), um motor de ventilador de micro-ondas (L) e um capacitor de ventilador (C), ligados em série conforme Figura 2.19.

Figura 2.19 – Circuito RLC série.



Fonte: Autor.

Os estudantes percebem que a soma das tensões medidas individualmente não resulta na tensão da fonte, contrariando assim o conhecimento prévio sobre circuitos em série alimentados por CC. Após essa percepção a Eq.(2.54) é apresentada, sem maiores detalhes, pois, não há como verificar experimentalmente, com o uso de voltímetros, ou multímetros convencionais, a defasagem entre as medidas de tensão. Por fim, de posse das medições de tensão nos componentes do circuito, os estudantes determinam, com uma dada margem de erro, o valor da tensão do gerador/tomada.

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} \quad (2.54)$$

Observa-se que o resultado surpreende, contudo, a questão da relação de fase entre tensão e corrente, quando mencionada é apenas usada para justificar a Eq.(2.54), ou é explicado de modo arbitrário pelos gráficos apresentados ao

estudante. A mesma problemática segue para o experimento do RLC paralelo voltado a soma das correntes elétricas dos componentes do circuito. Portanto, mesmo buscando uma alternativa mais atrativa ao ensino de física, utilizando um experimento concreto, a carência de um dispositivo simples e viável para a determinação dos valores de tensão e corrente instantâneos torna o processo parcialmente uma “aprendizagem mecânica”.

2.7.4 Simulação computacional

Viet (2005) aponta que os recursos dos computadores podem auxiliar os processos de construção do conhecimento, em contraposição à ideia de que são “máquinas de informação”, como a maior parte das páginas da *web*.

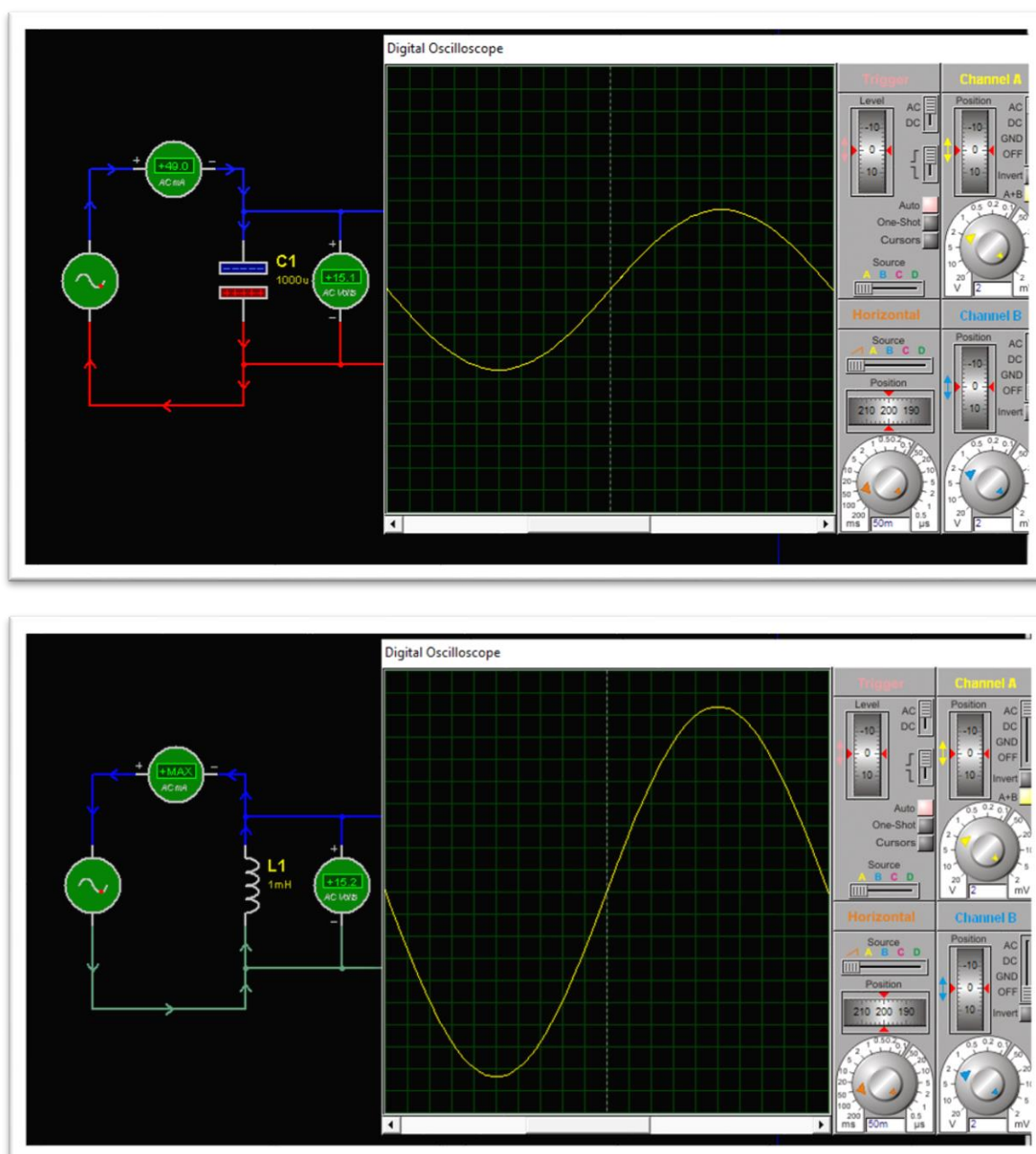
Alexander (2013) menciona os *softwares*/programas *PSpice*, *MultiSim* e *Matlab* como programas de computador para análise de circuitos utilizados na maioria das universidades. Dos três citados, o *MultiSim* já havia sido utilizado na versão antiga com o nome *Electronics Workbench* (EWB), pois, era o recurso disponível para o Autor, sendo que estava instalado em alguns computadores mais antigos da escola.

O programa *Proteus*, Figura 2.20, desenvolvido pela empresa inglesa *Labcenter Electronics* compreende um conjunto de ferramentas que agrega o ambiente de simulação de circuitos eletrônicos. Disponível em <http://www.labcenter.com/index.cfm>, disponibiliza voltímetros, amperímetros, osciloscópio, entre outros instrumentos. A falta de recursos, como instrumentos de medição, nas aulas de eletricidade, potencializa a experiência de uso do programa. Os recursos do ambiente de simulação chegam a ilustrar o processo de carga e descarga de um capacitor. Trata-se de uma excelente ferramenta de simulação, mas além da necessidade do computador com o programa na escola, é necessário montar o circuito e procurar componentes e instrumentos em biblioteca específica, o que também incide nas habilidades requeridas para a compreensão e interpretação das informações contidas nos gráficos. Atividade que cria mais uma interpretação necessária para o estudante.

Solve Elec, disponível em: <http://www.physicsbox.com/indexsolveelec2en.html>, é um programa que permite, na versão de estudante, conforme Figura 2.21, a análise e a resolução de circuitos elétricos em CA e CC, valores e fórmulas para correntes e tensões, verificação de equações, circuitos equivalentes, análise de gráficos. O programa exhibe praticamente todas as funções, componentes e instrumentos em sua

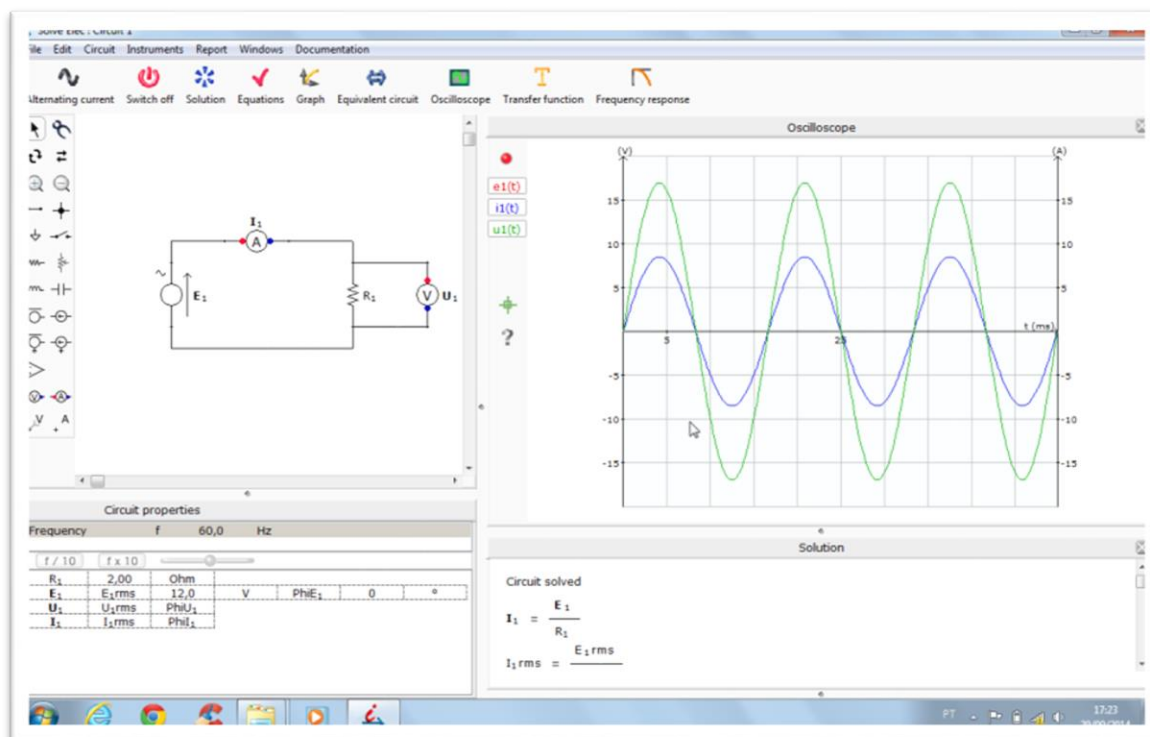
tela principal. Outra de suas vantagens é o gráfico de corrente elétrica no osciloscópio virtual de quatro canais. Possibilita a simulações didáticas para aulas de eletricidade, porém também incide nas habilidades requeridas para a compreensão e interpretação das informações contidas nos gráficos.

Figura 2.20 – Imagem do software Proteus



Fonte: Autor.

Figura 2.21 – Imagem do software Solve Elec.



Fonte: Autor.

A simulação da Figura 2.21 e outras equivalentes, referentes ao circuito indutivo, juntamente com a simulação do circuito capacitivo, estão disponíveis em: https://drive.google.com/drive/folders/1Q_4RgzxUAua5N6FHK8-FRsR6i2iW7tVc?usp=sharing.

Vale destacar, que a popularidade do aparelho celular entre os estudantes, os aplicativos da plataforma *Android* relacionados a eletricidade chegam à sala de aula, resolvendo os obstáculos na aquisição de computadores e de licenças de programas modernos.

2.7.5 Modelagem computacional

O programa do MNPEF é voltado à capacitação de professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula como: estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos. Incluindo assim, a modelagem computacional de fenômenos físico nos componentes curriculares.

2.7.6 Modelagem computacional com programas de matemática

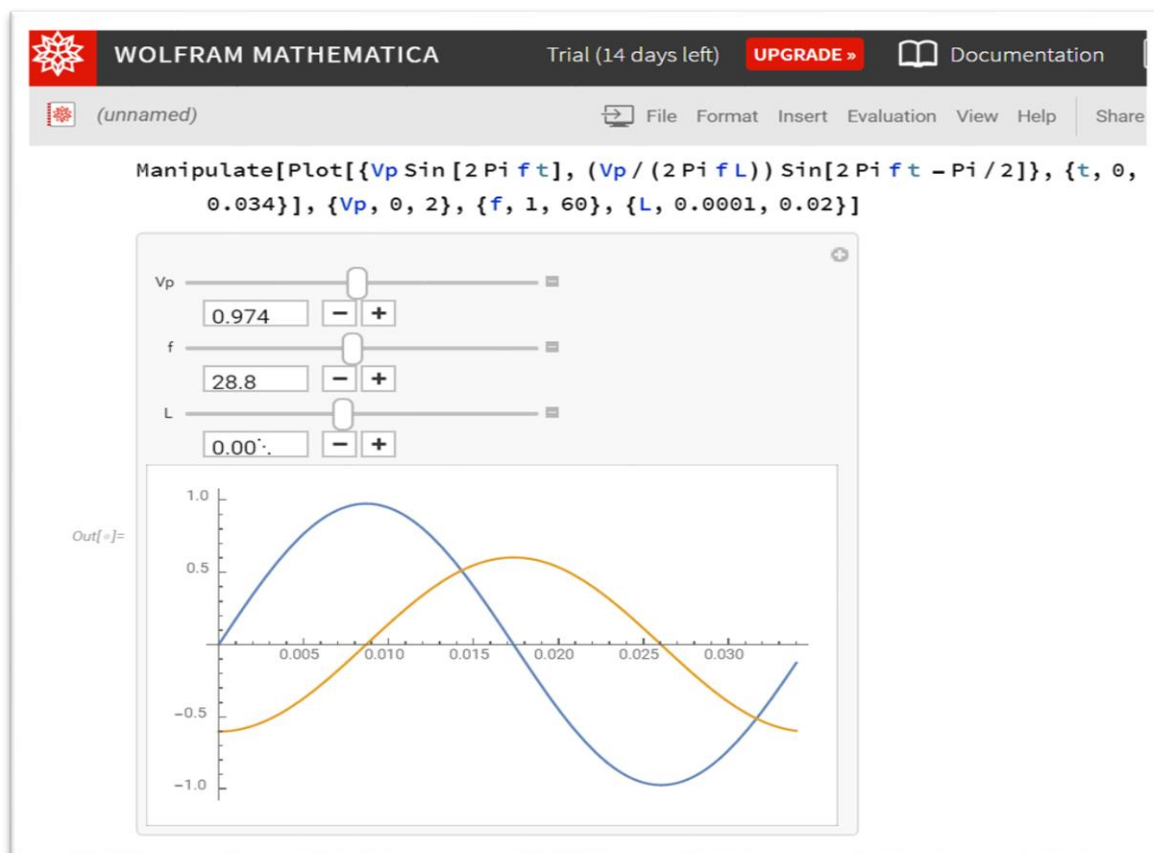
Dorneles (2006) apresenta uma distinção entre simulação computacional e modelagem computacional, expondo que em ambos o estudante pode chegar ao modo exploratório. Uma exploração do comportamento das funções que descrevem a inter-relação gráfica entre corrente e tensão, nos circuitos RLC em CA, foi usada pelo Autor com o programa *Wolfram Mathematica*, digitando a linha de comando¹⁰ da Figura 2.22, na versão *online* do programa. Nota-se que o valor zero não consta na linha de comando dos parâmetros frequência e indutância da Figura 2.22, pois, os mesmos são parte do denominador da função da corrente CA.

Esse tipo de exploração do comportamento das funções em geral, ou no caso específico da inter-relação entre corrente e tensão, também foi realizada pelo Autor em outras ferramentas, como o *Desmos Graphing Calculator*, Figura 2.23, que é uma extensão para navegador compatível com diferentes sistemas operacionais, *Android*, por exemplo.

Dorneles (2006) informa que no estudo de circuitos elétricos, mesmo com tradição de maior interatividade de aulas experimentais e laboratório, ainda se observa que a compreensão de fenômenos físicos não atinge o nível desejado. Em ambas ferramentas usadas para explorar e visualizar a inter-relação gráfica entre a corrente e a tensão elétrica em circuito CA o parâmetro de fase é arbitrário, no sentido de ser imposto do professor para o estudante. Contudo, são alternativas de técnicas empregadas para promover a interatividade do estudante com a compreensão e interpretação das informações contidas nos gráficos.

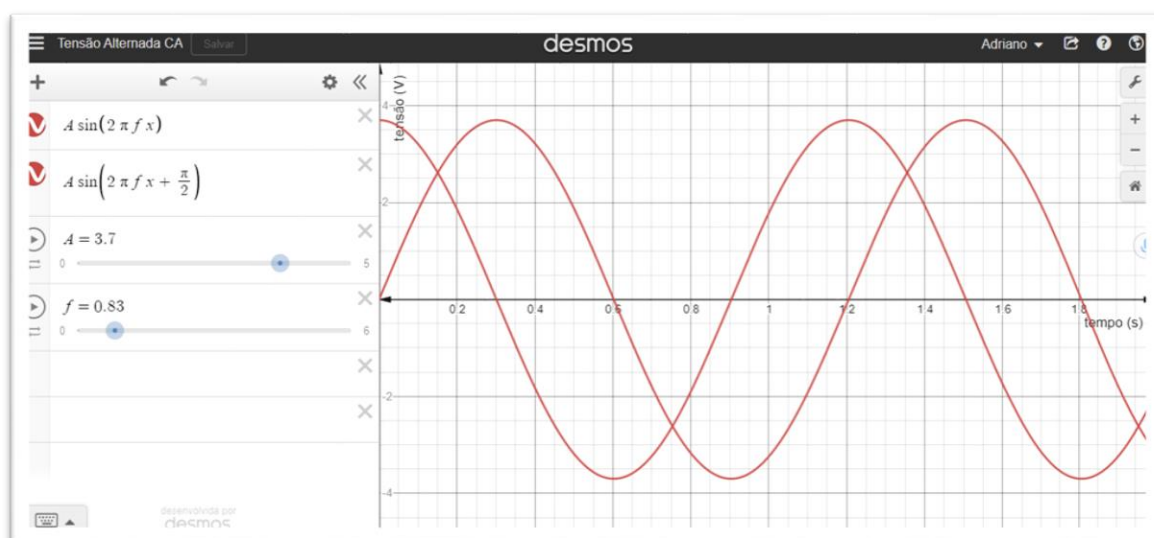
¹⁰ Manipulate[Plot[{Vp Sin [2 Pi f t],(Vp/(2 Pi f L)) Sin[2 Pi f t - Pi/2]},{t,0,0.034}],{Vp,0,2},{f,1,60},{L,0.0001,0.02}]

Figura 2.22 – Inter-relação tensão e corrente no *Mathematica*.



Fonte: Autor.

Figura 2.23 – Inter-relação tensão e corrente no *Desmos*.



Fonte: Autor.

2.7.7 Modelagem computacional com *software Modellus*

No MNPEF, o componente curricular Atividades Computacionais para o Ensino Médio e Fundamental, trabalha a simulação computacional com o *software Modellus*, entre outros. O primeiro contato com o *software Modellus*, se deu para o Autor, na graduação em Física Licenciatura – Unisinos, pelo componente curricular Informática na Educação: Matemática e Física, cursada em 2003.

Viet (2005) apresenta o estudante ativo na construção do seu conhecimento ao considerar o uso de aplicativos computacionais, especialmente os de modelagem. Sendo que, essas ferramentas costumam apresentar a possibilidade do “aprender-fazendo”, na qual o aprendiz constrói seus próprios modelos ou simulações, e o “aprender-explorando”, na qual trabalha com criações de outros.

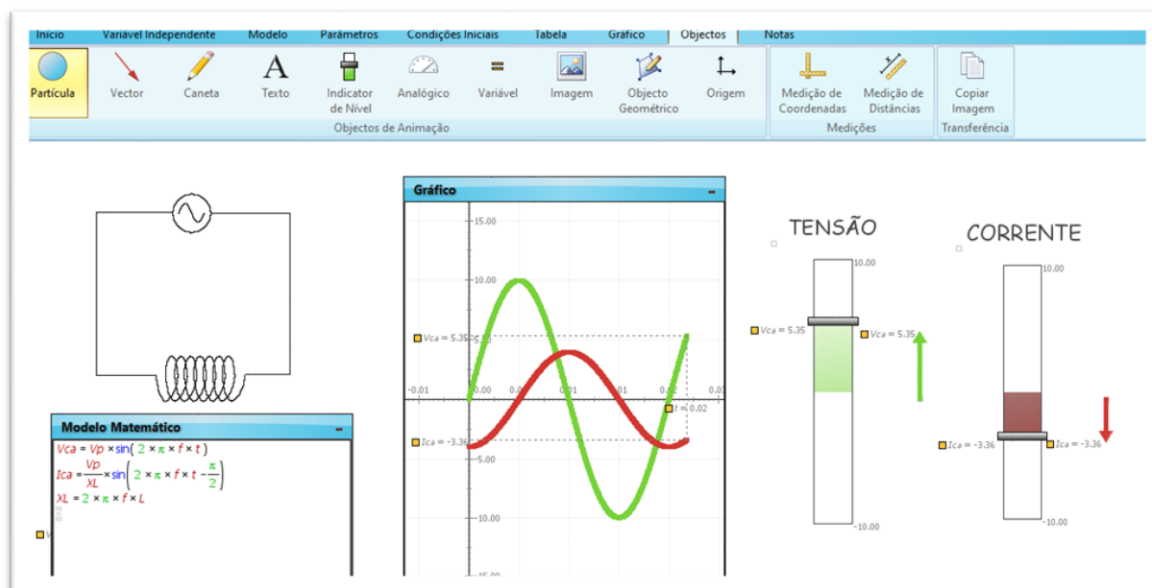
Os recursos de modelagem computacional do *Modellus*¹¹, associados aos circuitos de corrente alternada, aparecem na Figura 2.24, mostrando a relação de fase entre tensão e corrente elétrica num indutor em CA, sendo essas relacionadas às barras gráficas do produto educacional *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*, que também são ilustradas na Figura 2.24.

A modelagem construída para o circuito resistivo utiliza as Eq.(2.19) e (2.21), para o circuito indutivo, as Eq.(2.29) e (2.34), e circuito capacitivo, as Eq.(2.43) e (2.48). Adicionada a essa modelagem estão as barras gráficas e setas (aproximação de um vetor bidimensional) para ilustrar a variação da tensão e corrente, em função do tempo.

Considerando a hipótese de que o uso de um *software* de modelagem computacional possa contribuir para a efetivação de uma aprendizagem significativa, e baseando-se na indicação da interatividade entre o estudante e o experimento como fator decisivo nas situações onde houver aprendizagem (ARAUJO, 2004), adiciona-se ao modelo matemático, conforme Figura 2.25, botões para um estudante manipular amplitude da tensão, frequência e capacitância (resistência e indutância nas outras simulações) enquanto observa o comportamento/alterações gráficas.

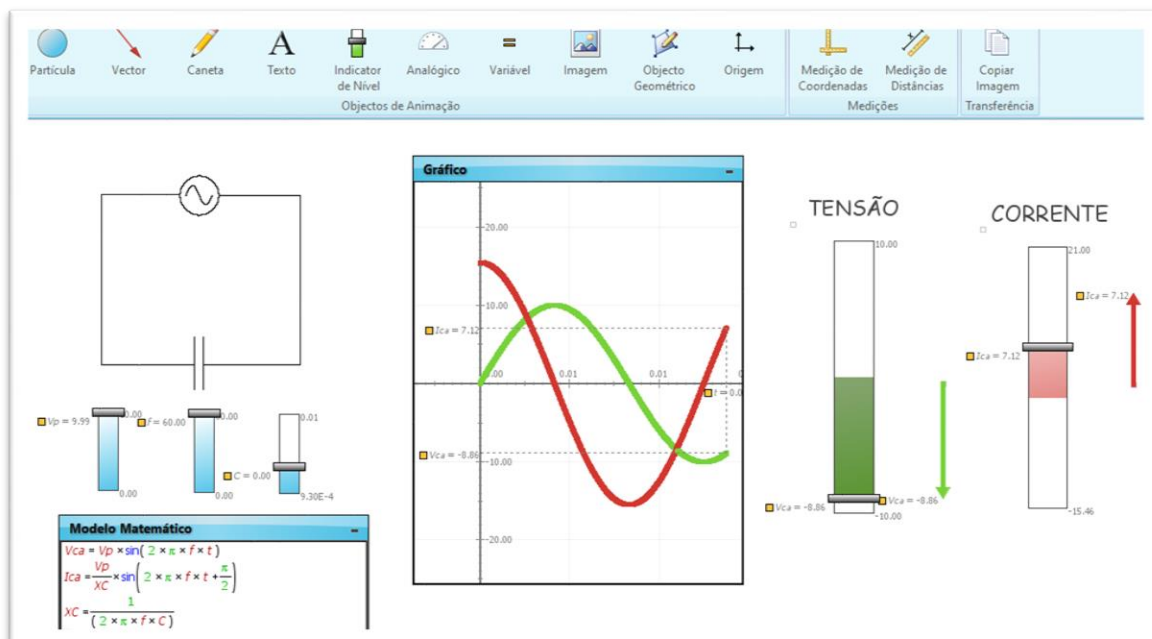
¹¹ Em uma das escolas de atuação os computadores da escola não suportavam o programa.

Figura 2.24 – Modelagem computacional no *Modellus*.



Fonte: Autor.

Figura 2.25 – Modelagem computacional no *Modellus* interativa.



Fonte: Autor.

A modelagem da Figura 2.25, e outras equivalentes, juntamente com a modelagem do circuito indutivo, Figura 2.24, estão disponíveis em: <https://drive.google.com/drive/folders/1jFXUDFxOMBxWAwNEEnVJt3KXsf9wUA6L?usp=sharing>.

Devido ao modelo matemático, as variações gráficas referentes a interação adicionada com os botões não produzem variações relacionadas a relação de fase e tensão no circuito RLC em CA. Isso é esperado, na medida em que a relação de fase

compreende uma constante nas Eq. (2.19) e (2.21), para o circuito resistivo, Eq.(2.29) e (2.34), para o circuito indutivo, e Eq.(2.43) e (2.48), para o circuito capacitivo. Também é interessante observar o comportamento dos gráficos das funções quando essas variáveis tendem a zero, por exemplo.

Contudo, a modelagem da Figura 2.25, montada para visualizar a inter-relação gráfica, de corrente e de tensão elétrica em circuito com capacitor possui o parâmetro de fase arbitrário, no sentido de ser imposto para o estudante. Sendo que tal situação também incide nas habilidades requeridas para a compreensão e interpretação das informações contidas nos gráficos.

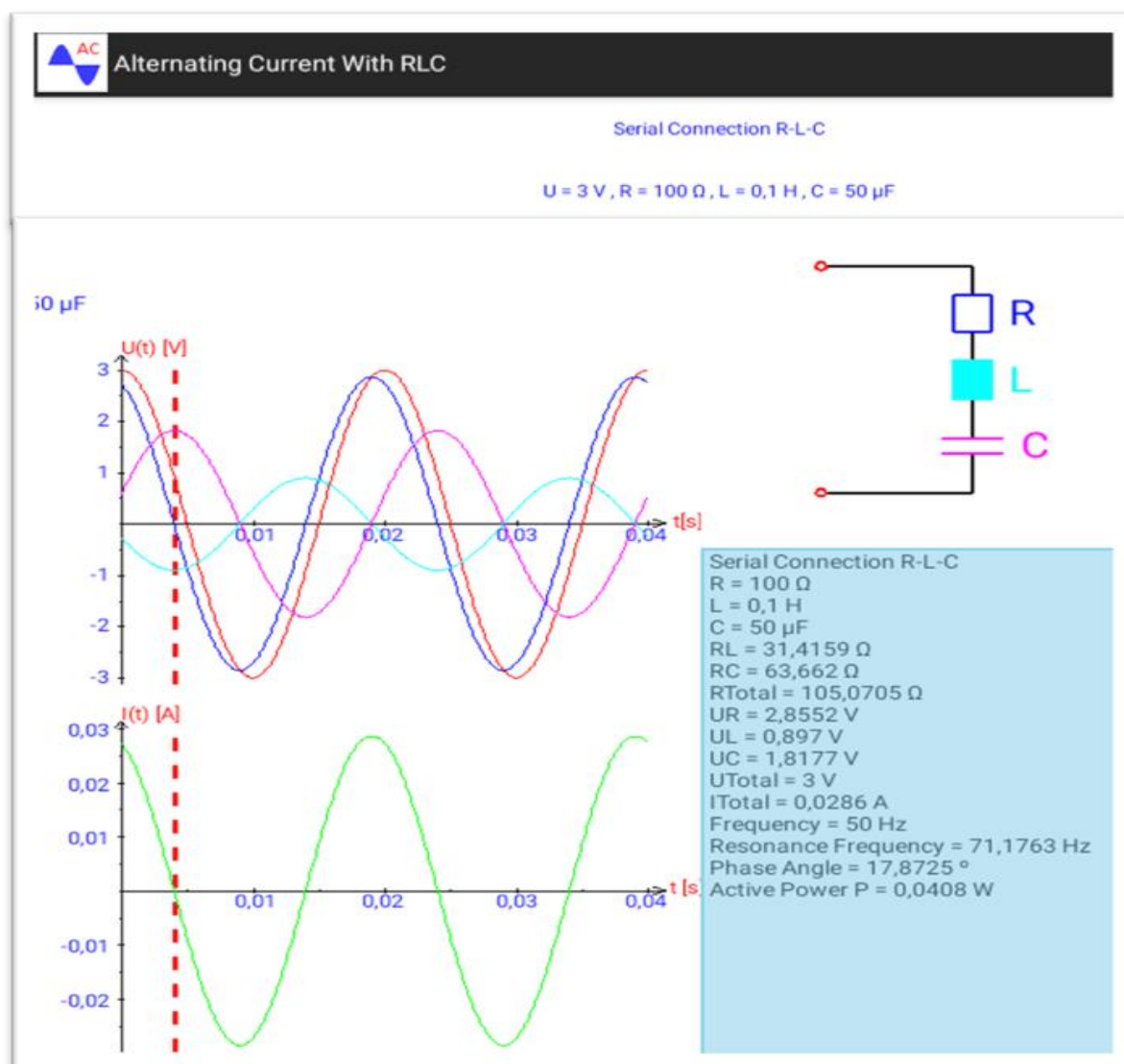
2.7.8 Programas/aplicativo¹² da plataforma *Android*

Os diferentes aplicativos relacionados ao ensino de física também se tornam acessíveis com a popularidade do aparelho celular entre os estudantes. Física no Celular foi um minicurso apresentado no V Escola Brasileira de Ensino de Física, (GIRARDI, 2018).

Na busca por estratégias que utilizam recursos de física no celular, no contexto dos circuitos RLC em CA, o aplicativo que se destaca é o *Alternating Current with RLC* (Corrente alternada com RLC). Conforme a Figura 2.26, um aplicativo muito completo, com circuitos prontos para análise gráfica dos circuitos RLC, em CA. Conforme o Autor do aplicativo/programa, ele foi projetado para visualizar as inter-relações de correntes e tensões elétricas em circuitos usando resistores, capacitores e indutores. A tensão total é assumida como sendo de forma cosseno. O foco principal está na representação gráfica e cálculo.

O aplicativo permite escolher entre 21 tipos de circuitos. Entre eles, elementos únicos, conexões paralelas e séries, bem como combinações série ou paralela de elementos, com possibilidade de alterar a magnitude de todos os elementos do circuito. Apresenta fácil manipulação, em posse do estudante, mas as habilidades requeridas para a compreensão e interpretação das informações contidas nos gráficos, em geral pouco compreendidas pelos alunos, ainda são necessárias.

¹² Não se ateuve as distinções entre programa e aplicativo

Figura 2.26 – Aplicativo *Alternating Current with RLC*.

Fonte: Autor.

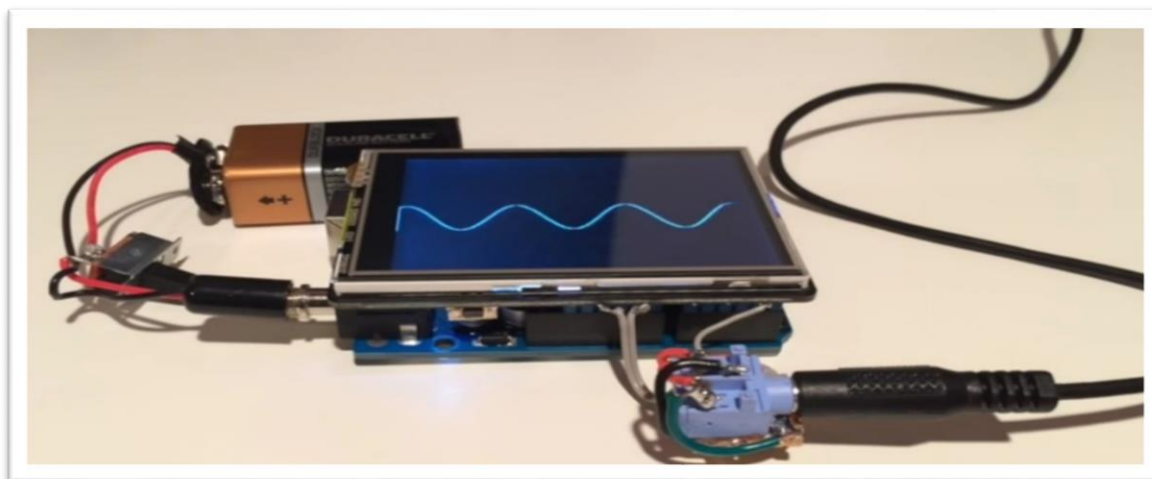
Focado no ensino da relação de fase entre tensão e corrente elétrica nos circuitos RLC em CA, o *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física* busca fazer o aluno descobrir/visualizar/perceber essa relação de fase de maneira não arbitrária, visto que essa defasagem é apresentada de modo arbitrário em todos no modelo matemático apresentado.

3 DESENVOLVIMENTO OSCILOSCÓPIO BARGRAPH

Do início da vida profissional docente, em 2009, até a entrada no programa do MNPEF, as dificuldades apresentadas pelos alunos na construção e interpretação gráficas marcavam o seu espaço como "calcanhar de Aquiles" nas aulas de física.

Ainda sem nome e diante dos avanços tecnológicos, o trabalho visava o uso de atividades pedagógicas que articulassem teoria, simulação por *softwares*, montagem, medição, observação e coleta de dados para análise, conforme Figura 3.1, de uma forma mais interativa e atraente para os alunos, de modo a atender com maior ênfase as atuais necessidades.

Figura 3.1 – Ilustração da ideia inicial do trabalho.



Fonte: Mercado Livre.

O uso de barras gráficas (*bargraph*) de diodo emissor de luz (LED, em inglês: *light-emitting diode*) surge como proposta no acompanhamento de orientação do produto educacional. O desenvolvimento do *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física* não ocorre de modo linear. Projetos, simulação, compras, montagens e testes ocorrem em vários momentos simultâneos e alternados.

Alguns instrumentos e materiais, relacionados a montagem de circuitos eletrônicos, são necessários na montagem e utilização do *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*. Assim, procura-se destacar nas próximas seções materiais e ferramentas que possam não fazer parte do cotidiano do professor de física. Desse modo, descreve-se, um pouco, sobre as principais ferramentas e materiais usados no *osciloscópio bargraph*, sendo que componentes eletrônicos como resistores, capacitores, indutores, transformadores e diodos não são enunciados.

3.1 Instrumentos

3.1.1 Osciloscópio

O osciloscópio, apresentado anteriormente, tem seu uso dispensado, mas pode ser usado para verificar a forma gráfica dos sinais ou formas de ondas com os estudantes, após as atividades. Considerando o custo e a pouca disponibilidade na escola pública, testou-se algumas possibilidades relacionadas a baixo custo como opção ou sugestão de uso. Ambos os modelos compreendem o uso, ou estão adequados ao uso com um computador ou notebook, por conexão USB para obter imagem. O modelo com 2 canais, na Figura 3.2, e o modelo de 1 canal, na Figura 3.2. Adquiridos ao custo de US\$ 50,00 cada um, no decorrer de 2018.

Figura 3.2 – Osciloscópio com 2 canais.



Fonte: Mercado AliExpress.

Figura 3.3 – Osciloscópio com 1 canais.



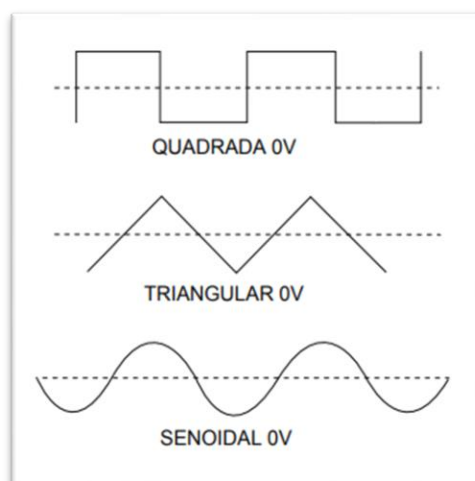
Fonte: Mercado AliExpress.

A facilidade relacionada a tamanho físico, modelo digital, ajuste automáticos e o recurso da imagem na tela do computador potencializa os recursos como ferramenta para fins didáticos.

3.1.2 Gerador de funções

O gerador de funções, apresentado anteriormente, tem seu uso diretamente relacionado com o estudo de circuitos RLC em CA usando o *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*. O gerador de função é um equipamento eletrônico utilizado em laboratórios de eletrônica e escolas para gerar sinais elétricos, conforme Figura 3.4, com diferentes formas de onda, frequências e amplitude.

Figura 3.4 – Sinais elétricos do gerador de funções.



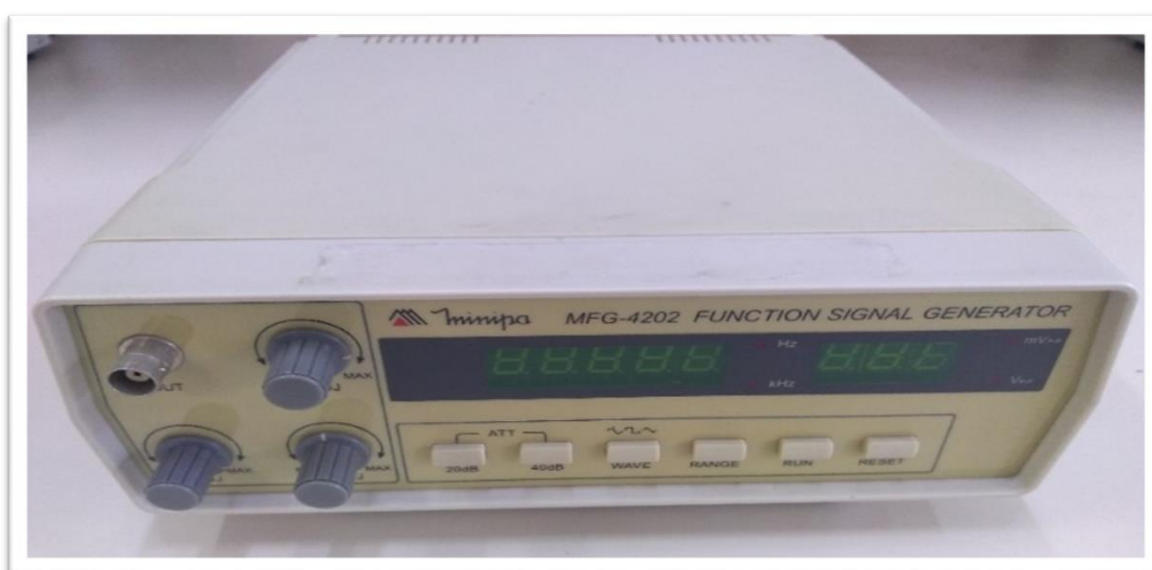
Fonte: Manual gerador de função Minipa - MFG-4202.

Já na simulação, feita no programa *Proteus* apresentadas na sequência, necessitou de um sinal de tensão de baixa frequência, de modo a se adaptar a percepção do olho humano. Assim como nos primeiros testes realizados com o protótipo do *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física* que foram realizados com o gerador de funções modelo MFG-4202 da *Minipa*, disponível no laboratório da Escola Estadual Técnica São João Batista, conforme Figura 3.5. Mais informações sobre a versão atual do gerador de funções, como a proposta técnica e o manual, estão disponíveis em <http://www.minipa.com.br/instrumentos-de-bancada/geradores-de-funcao>.

Pensando na disponibilidade e no custo do gerador de funções, apresenta-se outras opções de gerador de funções adquiridos e testados nesse trabalho:

- a) Gerador de funções Minipa Mfg-4202 (em torno de R\$ 1.122,00) apresentado na Figura 3.5;
- b) Gerador de funções Icl8038 (em torno de R\$ 30,00);
- c) Gerador de funções Dds (em torno de R\$ 40,00);
- d) Gerador de fusões 1602 (em torno de R\$ 150,00);
- e) Gerador de funções JDS6600 (em torno de R\$ 300,00) apresentado na sequência.

Figura 3.5 – Gerador de funções 1.



Fonte: Autor.

O gerador de funções JDS6600, Figura 3.6, apresenta vantagens como: própria fonte de tensão, tela gráfica, maior número de sinais disponíveis, ver APÊNDICE A, seleção digital dos valores ajustáveis por meio dos diferentes botões no seu painel frontal.

Figura 3.6 – Gerador de funções JDS6600.



Fonte: AliExpress.

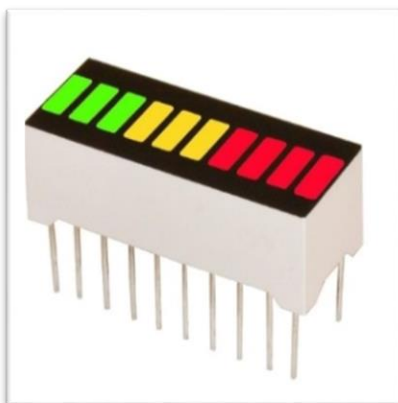
A praticidade do gerador de funções JDS6600 determinou a escolha de seu uso nesse trabalho. Contudo, o baixo custo do gerador de funções, associados aos CIs (circuitos integrados) geradores de funções comentados por Tocci (2011) e Malvino (2016), disponíveis no mercado de eletrônico fazem do gerador de funções Dds, que ainda permite duas saídas de ondas senoidais e duas saídas de ondas quadradas, uma opção de menor custo. Esse gerador de funções Dds necessita de uma fonte de tensão simétrica, Seção 3.2.3, assim como o *Osciloscópio Bargraph*, sendo assim, pode ser compartilhada para atender também esse gerador de funções.

3.2 Materiais

3.2.1 *Bargraph* e o LM3914

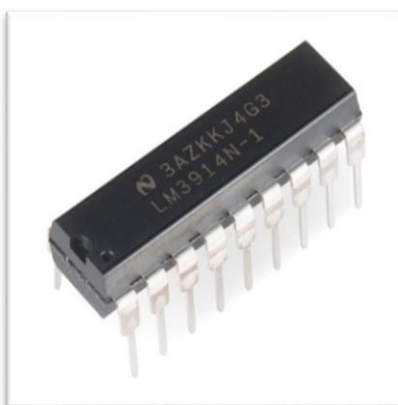
O *bargraph*, na Figura 3.7, é um conjunto de diodos emissores de luz (LED, em inglês: *light-emitting diode*) usado como indicador em barras gráficas, um visor gráfico de barras de LEDs que vai acendendo progressivamente. Seu uso pode ser implementado quando associado a um circuito integrado (CI) denominado LM3914, Figura 3.8 (PERTENCE JR, 2015).

Figura 3.7 – *Bargraph* e LM3914.



Fonte: Mercado Livre.

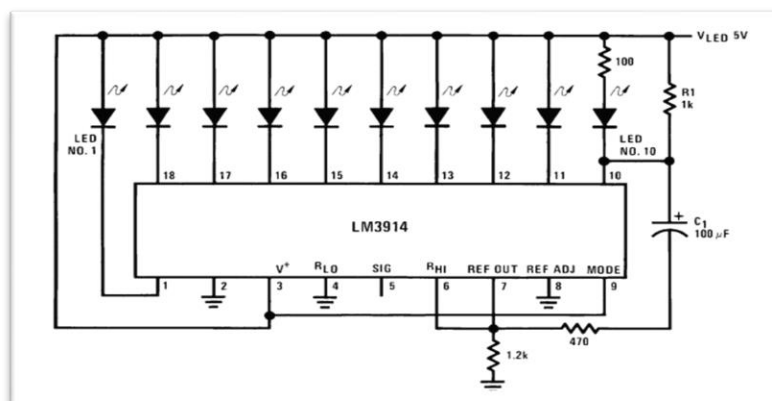
Figura 3.8 – LM3914.



Fonte: Mercado Livre.

A *Texas Instruments*, fabricante do CI, disponibiliza a ficha de dados (*datasheet*) sobre o componente, além de diagramas de ligações de uso do mesmo. A Figura 3.9 apresenta um diagrama de ligação do conjunto de *bargraph* e LM3914.

Figura 3.9 – Ligação *bargraph* com LM3914.



Fonte: Datasheet Texas Instruments.

Figura 3.11 – VU Meter de 30 Leds.



Fonte: Mercado Livre.

Pertence Jr (2015), pág. 262-265, apresenta o diagrama elétrico interno do LM3915, descrevendo o funcionamento do CI como um conversor analógico para digital tipo *flash*. O mesmo diagrama elétrico encontra-se na ficha técnica (*datasheet*) da *Texas Instruments*.

Tendo em vista a formação em física que não aprofunda estudos em eletrônica, no *VU Meter* disponível no mercado e na simulação disponível no programa *Proteus*, APÊNDICE B, apresenta-se, na próxima seção, o funcionamento do *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*, iniciando-se pela simulação do conjuntos *bargraph-LM3914*, em circuito cascata, obtida no programa *Proteus*.

3.2.2 Simulação do Osciloscópio Bargraph

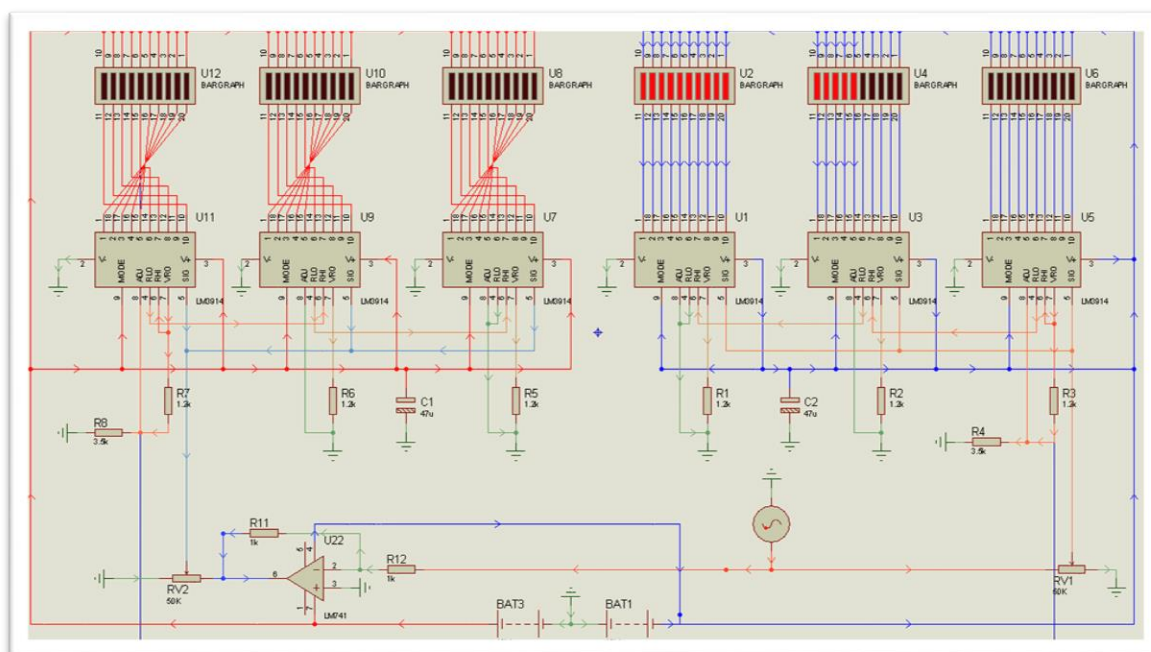
A simulação encontrada no programa *Proteus*, APÊNDICE B, foi usada como referência para montar e simular um circuito composto por três conjuntos de *bargraph-LM3914* em circuito cascata, conforme APÊNDICE C. Quando o circuito com três conjuntos *bargraph-LM3914* é duplicado (“espelhado”), tem-se a simulação do circuito do osciloscópio *VU Bargraph* do APÊNDICE D, permitindo assim a primeira montagem em placa de ensaio, ou matriz de contato (*protoboard, ou breadboard*), conforme apresentado no APÊNDICE E.

O trabalho, o tempo de montagem, a habilidade exigida na montagem do circuito na placa de teste, a interação com simulação e a identificação dos componentes eletrônicos do circuito do *VU Meter* levam a uma montagem experimental do *osciloscópio Bargraph com dois VU Meter*, APÊNDICE F. Essa montagem do osciloscópio “*VU Bargraph*” com acionamento simétrico identifica a

necessidade do amplificador inversor que aparece no circuito da Figura 3.12. O amplificador inversor compreende um circuito linear cuja o sinal de saída está 180° defasado em relação ao sinal de entrada (PERTENCE JR, 2015).

A simulação montada no programa *Proteus*, Figura 3.12, apresenta um circuito, composto por três conjuntos *bargraph-LM3914*, em circuito cascata, que são acionados para esquerda e mais três conjuntos *bargraph-LM3914*, em circuito cascata, que são acionados para direita, conforme a oscilação do sinal de entrada, de baixa frequência, no pino de número 5. O acionamento alternado é alcançado com o uso do amplificador inversor na entrada de sinal (pino 5) em apenas um dos conjuntos de três *bargraph-LM3914*. A simulação apresentada na está disponível em: https://drive.google.com/file/d/1zN490QLabBvQi_yXEDoRLLTffTauzk9/view?usp=sharing

Figura 3.12 – Diagrama do Osciloscópio Bargraph.



Fonte: Autor.

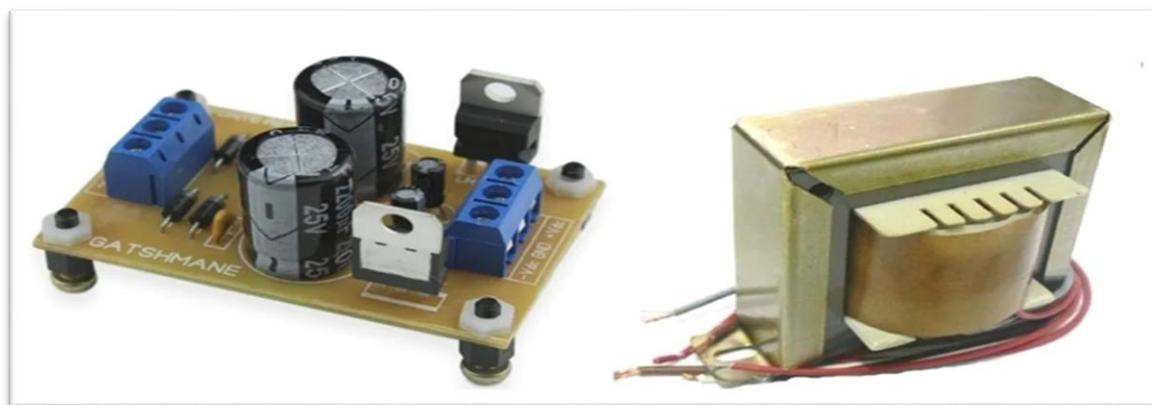
A apresentação e disponibilização da simulação do circuito do *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física* está destinada ao primeiro contato do professor de física com o princípio de funcionamento do produto educacional. Sua montagem é descrita nas próximas secções após a abordagem da fonte de tensão simétrica.

3.2.3 Fonte de tensão simétrica

A fonte simétrica, apresentada nessa seção, é necessária para fornecer energia para o funcionamento do *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*. Essa fonte de tensão simétrica pode ser conectada à tomada ou substituída por arranjo de duas baterias de 9V, em todos os casos a amplitude do sinal do gerador de funções deve ser inferior à da fonte. Um dos motivos de descrevê-la separadamente do *Osciloscópio Bargraph* é devido a possibilidade de acionar dois instrumentos ao mesmo tempo, com a mesma fonte simétrica. Esse acionamento duplo, ou o uso de dois *Osciloscópios Bargraph*, será necessário para analisar o comportamento da corrente e da tensão simultaneamente.

O *Osciloscópio Bargraph* necessita de uma fonte de tensão simétrica de no máximo 12V (+12V e -12V)¹³. A opção de fonte simétrica ofertada no Mercado Livre, Figura 3.13, reduz o trabalho de montagem, ou seja, não é uma solução ou fonte simétrica pronta para o uso direto.

Figura 3.13 – Fonte de tensão simétrica.

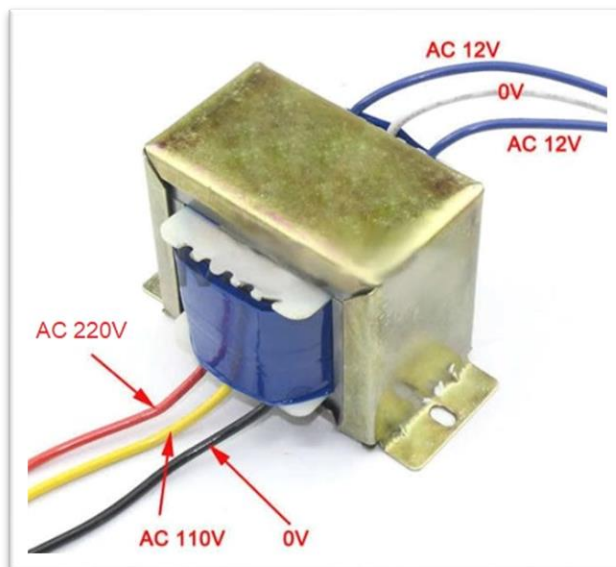


Fonte: Mercado Livre.

Esse material da fonte simétrica ainda necessita de um *plug* para tomada e condutores para conectar ao transformador, sendo necessário observar a ligação para a tensão 110V (127V) ou 220V, indicada no próprio transformador, ver Figura 3.14. A ligação do transformador está indicada na placa do circuito, Figura 3.15.

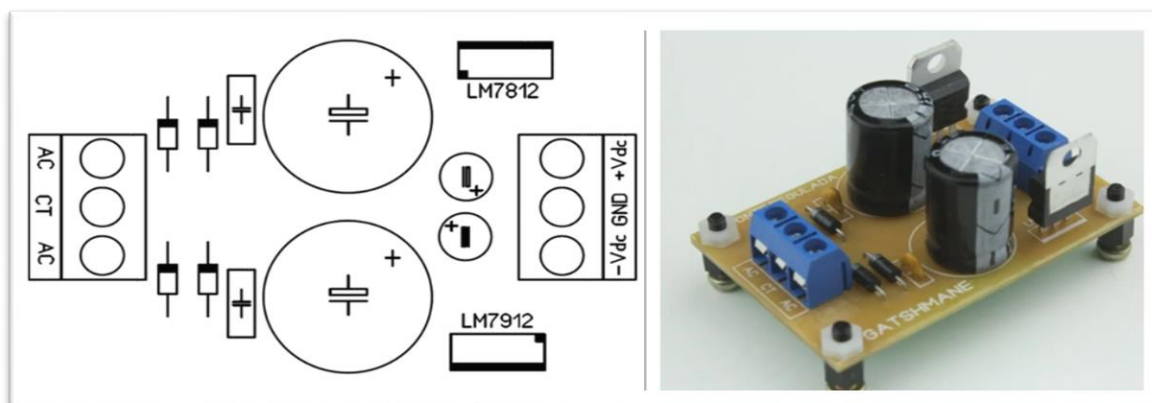
¹³ Para valores maiores de tensão verifique a ficha técnica (*datasheet*) do LM3914.

Figura 3.14 – Ligações no transformador.



Fonte: Mercado Livre.

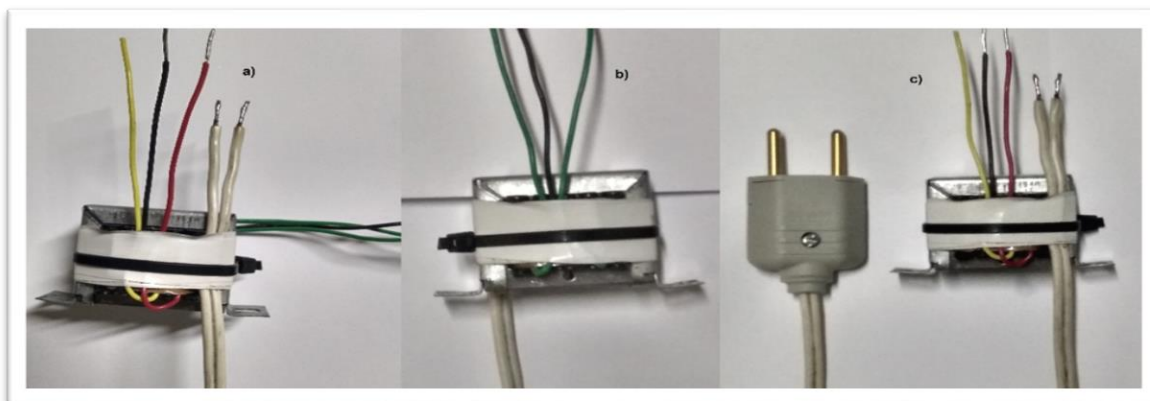
Figura 3.15 – Ligações na placa.



Fonte: Mercado Livre.

A fixação dos condutores com fita isolante e abraçadeira, conforme Figura 3.16, acomoda e reduz as possibilidades de rompimento entre o enrolamento interno e os dos condutores externos por tração mecânica. Na Figura 3.16, também pode-se observar em: (a) as extremidades estanhadas dos condutores do primário do transformador e dos condutores do *plug*; (b) os condutores do secundário do transformador; e (c) o *plug* montado, os condutores do primário e do *plug* estanhados e fixos pela fita e abraçadeira plástica.

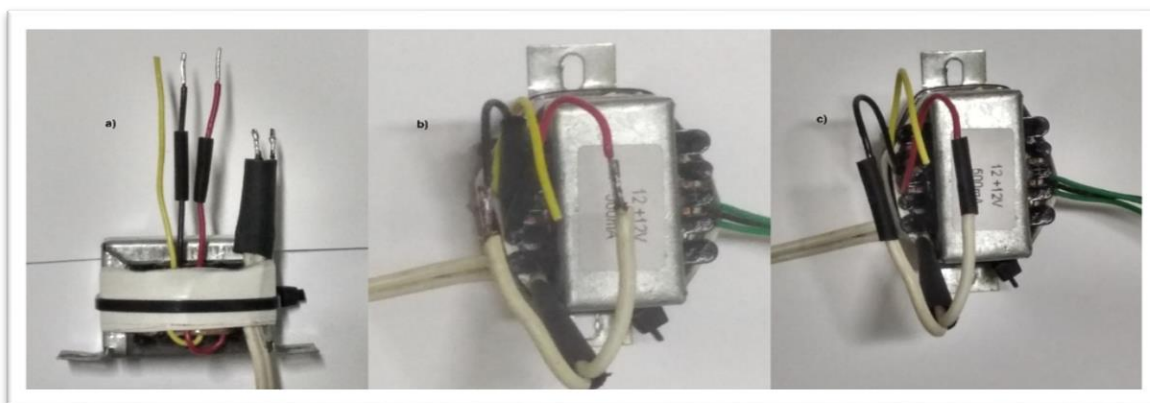
Figura 3.16 – Fixação dos condutores.



Fonte: Autor.

Devido a escolha de uso do espaguete termo retrátil para o isolamento dos condutores antes de soldar as extremadas dos condutores, é necessário cortar e colocar o espaguete termo retrátil. Na Figura 3.17, pode-se observar em: (a) os condutores do primário do transformador e dos condutores do *plug* com o isolante espaguete termo retrátil; (b) os condutores soldados; e (c) o isolante espaguete termo retrátil sobre a região soldada para ser aquecido.

Figura 3.17 – Soldagem dos condutores.



Fonte: Autor.

Após soldar os condutores e posicionar o isolante, é necessário aquecer o espaguete termo retrátil até modelar sobre o condutor soldado. Na Figura 3.18 pode-se observar em: (a) os condutores individuais do primário do transformador isolados com o isolante espaguete termo retrátil; (b) os condutores soldados envolvidos pelo segundo espaguete isolante; e (c) o segundo isolante espaguete termo retrátil modelado sobre os condutores.

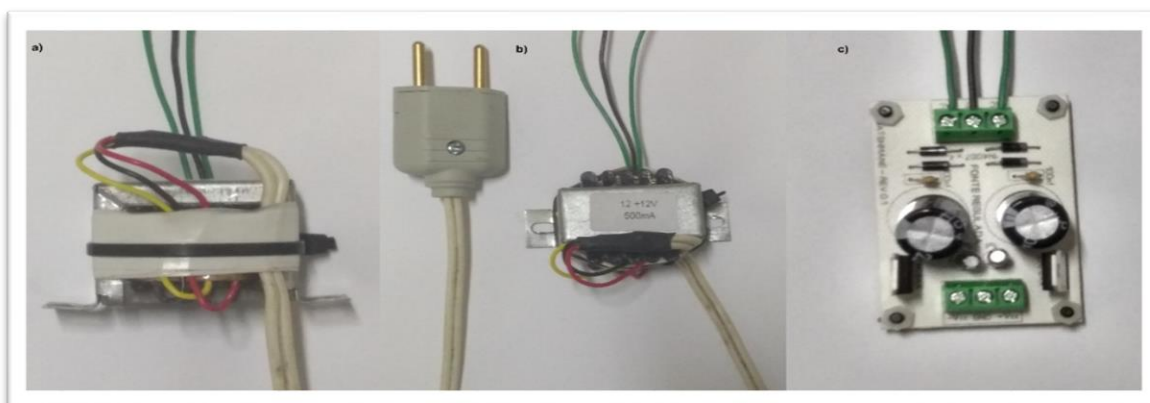
Figura 3.18 – Isolamento dos condutores.



Fonte: Autor.

Na Figura 3.19 pode-se observar em: (a) os condutores fixados e isolados; (b) o *plug* conectado ao condutor ligado ao primário; e (c) a placa do circuito da fonte simétrica.

Figura 3.19 – Placa retificadora.



Fonte: Autor.

A montagem dessa fonte simétrica ainda pode ser terceirizada a profissionais técnicos da área da eletrônica.

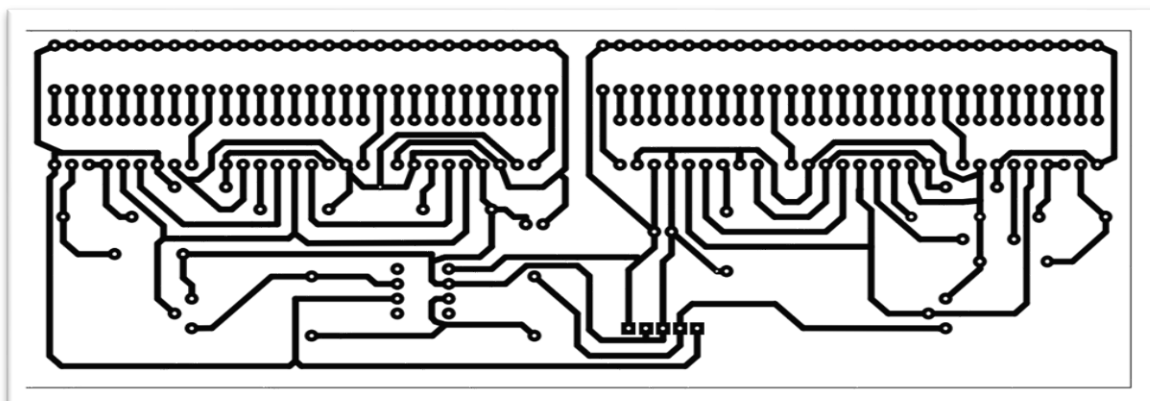
3.2.4 Montagem do Osciloscópio *Bargraph*

A simulação do circuito do *Osciloscópio Bargraph*, por sua vez, foi concebida antes da sua montagem, como uma forma de familiarizar o professor de física com o princípio de funcionamento do *Osciloscópio Bargraph*. Essa montagem inicia a partir do circuito simulado e compreende algumas etapas.

Após a confirmação do circuito pela simulação e testes, a próxima etapa consiste em gerar a placa de circuito impresso, ou PCI, Figura 3.20, para montar o circuito. Entre os processos artesanais de produção de PCI, que em geral não são comuns ao professor de física, uma opção é gerar um arquivo genérico, denominado arquivo Gerber (grb), usado nas diferentes fresadoras para confecção de PCI.

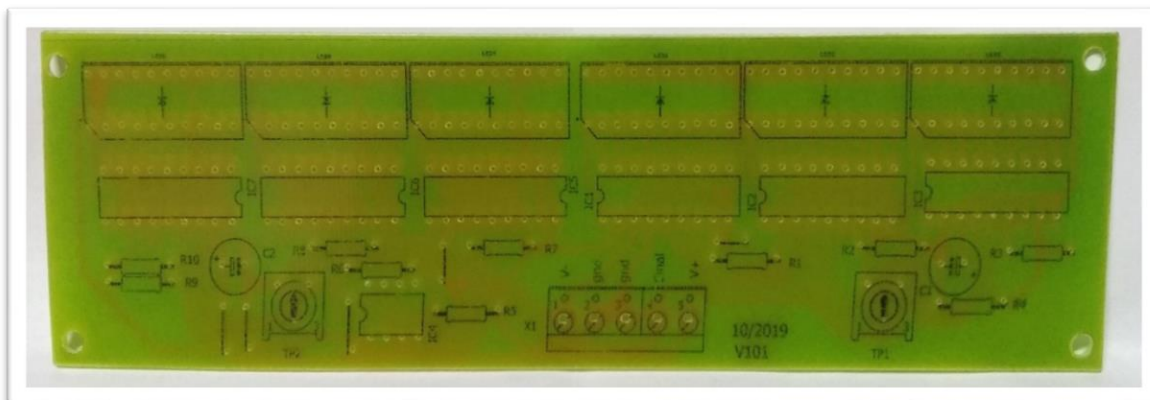
A empresa JLCPCB, acessível em <https://jlcpcb.com/>, confecciona PCI nas dimensões de 10 x 10cm, com um custo de US\$ 2.00 / 5pcs. Desse modo, é necessário gerar e enviar o arquivo Gerber da placa desejada para a empresa JLCPCB. O programa Proteus, usado na simulação, apresenta o recurso para gerar o arquivo Gerber solicitado pela empresa de PCI. Esse trabalho, de construir a PCI, também pode ser terceirizado a profissionais da área da eletrônica. A PCI apresenta o desenho dos componentes como forma de identificar onde eles devem ser colocados, ver Figura 3.21, para serem soldados na PCI.

Figura 3.20 – Placa de circuito impresso.



Fonte: Autor.

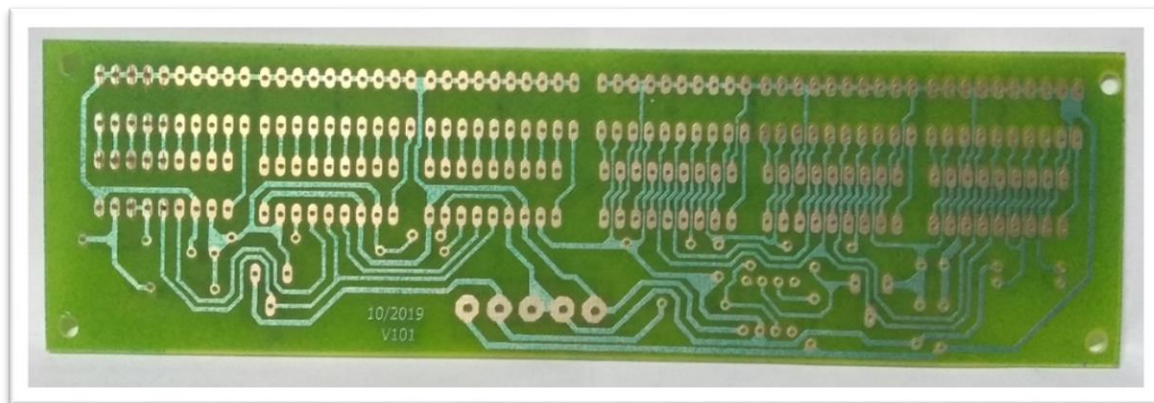
Figura 3.21 – PCI e desenho dos componentes.



Fonte: Autor.

A PCI também apresenta as trilhas (caminhos) do circuito elétrico, conforme Figura 3.22, e as ilhas onde são realizadas as soldas dos componentes.

Figura 3.22 – PCI e desenho das trilhas.



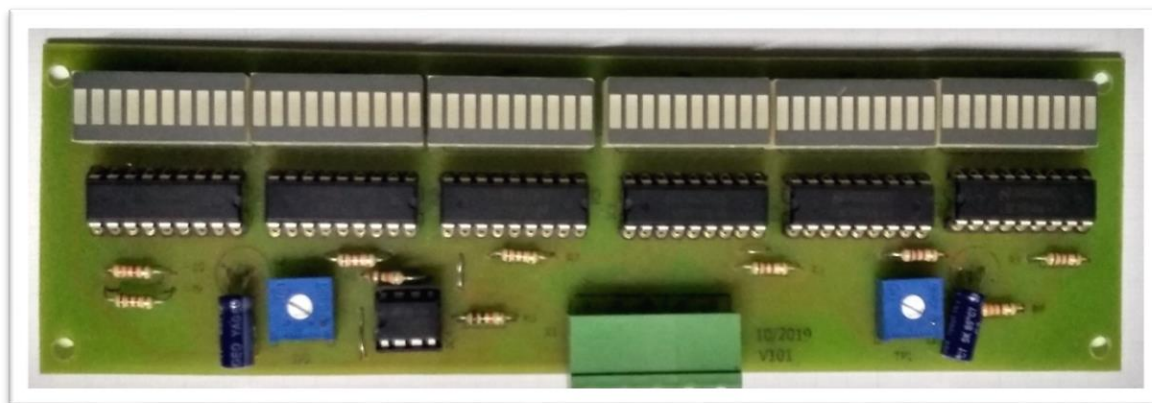
Fonte: Autor.

A lista de componentes eletrônicos pode ser identificada pelo arquivo de simulação, que apresenta:

- 6 *bargraph* vermelho;
- 6 CI LM3914;
- 6 resistores de 3,9k Ω - 1/8W;
- 4 resistores de 1,0k Ω - 1/8W;
- 2 resistores variável 1k Ω ;
- 2 capacitores 100 μ F / 16V;
- 1 CI 741;
- 2 terminais jacaré (ponta de prova);
- 50 cm de condutor (ponta de prova).

O Osciloscópio *Bargraph* com os componentes eletrônicos soldados é apresentado na Figura 3.23.

Figura 3.23 – Osciloscópio bargraph.



Fonte: Autor.

Essa montagem exige algumas habilidades com o processo de soldagem, mas pode ser terceirizada a profissionais na área eletrônica.

3.3 Metodologia

Retomando a entrada no programa do MNPEF e uma retrospectiva da vida profissional docente do Autor, em 2009, salienta-se as dificuldades apresentadas pelos estudantes na construção e interpretação gráfica, desde os primeiros gráficos usados nas aulas de física. Um cenário que se mostrou constante a cada ciclo letivo, influenciando a proposição do presente trabalho na busca por estratégias para utilizar recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos, além de um olhar especial para os circuitos de corrente alternada.

No que diz respeito aos circuitos de corrente alternada, as atividades com o *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*, descritas inicialmente como uma proposta de atividade prática experimental e direcionada para visualizar as inter-relações de correntes e tensões elétricas, em circuitos com resistores, capacitores e indutores em CA, de modo não arbitrário, baseado em Moreira (2011). Observa-se que, além das dificuldades que muitos estudantes apresentam, sobre a construção e interpretação de gráficos, na análise inter-relações de correntes e tensões elétricas em circuitos CA, a defasagem entre tensão e corrente nos circuitos indutivos ou capacitivo, ou seja, a nova informação é simplesmente passada para o estudante.

Assim, buscando lidar com as dificuldades dos alunos sobre a construção e interpretação de gráficos e tentando criar um espaço para uma aprendizagem

significativa sobre análise inter-relações de correntes e tensões elétricas em circuito CA, apresenta-se uma proposta de sequência didática com o *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*.

Essa proposta de sequência didática se propõe a estabelecer um processo através do qual a nova informação, ou novo conhecimento, não chegue ao estudante de uma forma arbitrária, conforme Moreira (2011). O que, nesse tema, geralmente ocorre quando usamos programas de simulação ou modelagem computacional e aplicativos que apresentam equações e gráficos prontos com a informação a ser interpretada pelo estudante.

Antes de descrever a atividade, de modo geral, vale lembrar que a atividade também está associada as etapas e modalidades da Educação Básica, em escolas públicas e privadas (BRASIL, 2014). Desde modo, o tema eletricidade associado as atividades do componente curricular: ciências físicas, no 9º ano do ensino fundamental e física, na 3ª série do ensino médio. Além dos componentes curriculares que abordam o tema eletricidade, nos diferentes cursos de ensino técnico de nível médio (BRASIL, 2016).

Cientes do reduzido número de aulas de física, (MOREIRA, 2014), e das variações de distribuições da carga horaria de física no Ensino Fundamental e Médio, em diferentes escolas, a sequência das atividades propostas é flexibilizada em até sete etapas, que podem ser síncronas ou assíncronas, conforme Tabela 3.1.

De modo que a primeira etapa está relacionada com as metodologias de ensino que consideram os conhecimentos que o aluno traz consigo, conhecimentos prévios, subsunçores e suas vivencias do dia a dia. Essa primeira etapa se propõe, mesmo que o professor conheça o rendimento de seus alunos, a identificar o que cada aluno, ou a turma no geral, compreende sobre tensão e corrente elétrica, resistores, indutores e capacitores para poder melhor conduzir o progresso da atividade de análise desses componentes em circuitos de corrente alternada.

Tabela 3.1 – Sequência de atividades.

Sequência	Momento	Atividade: Tensão e corrente em circuitos CA	Objetivo
1º	Híbrida	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da atividade sobre tensão e corrente alternada (síncrono). • Verificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto (assíncrono: Formulário do Google – autoinstrucional). 	<p>Para professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar conhecimentos prévios da turma. <p>Para alunos: Verificar conhecimentos prévios sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • função seno/cosseno; • amplitude, frequência, período e suas unidades de medidas; • alternância no gráfico cartesiano; • diferentes formas de onda/sinal; • relação gráfico e osciloscópio; • valores instantâneos, eficaz, médio da onda senoidal, além de frequência, período e amplitude.
2º	Síncrona ou assíncrona	<p>Alternativa síncrona: 1ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - representação de funções gráficas.</p> <p>Alternativa assíncrona: 1ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - formulário do Google com vídeo do <i>osciloscópio bargraph</i> para representação de funções gráficas.</p>	<p>Para professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apresentar e tornar familiar o <i>osciloscópio bargraph</i>. <p>Para alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observar funções gráficas, com <i>osciloscópio bargraph</i>, e desenhar/representar graficamente em folha milimetrada.
3º	Síncrona ou assíncrona	<p>Alternativa síncrona: 2ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - representação de funções gráficas senoidal, com 180º de defasagem.</p> <p>Alternativa assíncrona: 2ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - formulário do Google com vídeo do <i>osciloscópio bargraph</i> para representação de funções gráficas senoidal, com 180º de defasagem.</p>	<p>Para professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar conhecimentos prévios sobre defasagem em gráficos. <p>Para alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observar funções gráficas simultâneas, com <i>osciloscópio bargraph</i>, e desenhar/representar graficamente em folha milimetrada.
4º	Síncrona ou assíncrona	<p>Alternativa assíncrona: 3ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - representação de funções gráficas da tensão e corrente no resistor (R).</p>	<p>Para professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expor o aluno ao novo conhecimento e verificar a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento

		<p>Alternativa assíncrona: 3ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - formulário do Google com vídeo do <i>osciloscópio bargraph</i> para representação de funções gráficas da tensão e corrente no resistor (R).</p>	<p>prévio que aparece nos gráficos do aluno.</p> <p>Para alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observar funções gráficas do comportamento da tensão e corrente em um resistor (R), com <i>osciloscópio bargraph</i>, e desenhar/representar em folha milimetrada.
5º	Síncrona ou assíncrona	<p>Alternativa assíncrona: 4ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - representação de funções gráficas da tensão e corrente no indutor (L).</p>	<p>Para professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expor o aluno ao novo conhecimento, sobre indutor (L) em CA, e verificar a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio que aparece nos gráficos do aluno. <p>Para alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observar funções gráficas do comportamento da tensão e corrente em um indutor (L), com <i>osciloscópio bargraph</i>, e desenhar/representar em folha milimetrada.
		<p>Alternativa assíncrona: 4ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - formulário do Google com vídeo do <i>osciloscópio bargraph</i> para representação de funções gráficas da tensão e corrente no indutor (L).</p>	
6º	Síncrona ou assíncrona	<p>Alternativa assíncrona: 5ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - representação de funções gráficas da tensão e corrente no capacitor (C).</p>	<p>Para professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expor o aluno ao novo conhecimento, sobre capacitor (C) em CA, e verificar a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio que aparece nos gráficos do aluno. <p>Para alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observar funções gráficas do comportamento da tensão e corrente em um capacitor (C), com <i>osciloscópio bargraph</i>, e desenhar/representar em folha milimetrada.
		<p>Alternativa assíncrona: 5ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - formulário do Google com vídeo do <i>osciloscópio bargraph</i> para representação de funções gráficas da tensão e corrente no capacitor (C).</p>	
7º	Síncrona ou assíncrona	<p>Conclusão e avaliação: ao término de cada atividade, ou entre cada atividade, o formulário do Google permite a observação dos resultados e a avaliação individual de cada aluno. Assim, a avaliação do resultado ocorre após cada atividade.</p> <p>Utilizar os recursos do aplicativo <i>Alternating Current with RLC</i> como ferramenta para visualizar as inter-relações de correntes e tensões elétricas nos circuitos CA.</p>	<p>Para professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar os resultados individuais e apresentar os resultados/desenhos coletivamente para discussão após cada atividade. • Apresentar o aplicativo <i>Alternating Current with RLC</i>. <p>Para alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discutir e corrigir/identificar o desenho gráfico correspondente e confirmação por meio de visualização da imagem gráfica do sinal gerado pelo gerador de funções no <i>osciloscópio</i> após cada atividade. • Interagir com o aplicativo <i>Alternating Current with RLC</i>.

Fonte: Autor.

Seguindo o cronograma apresentado anteriormente na Tabela 3.1, a seguir é apresentado um maior detalhamento de como se desenvolveram as atividades planejadas em forma de uma sequência didática.

3.3.1 Primeira atividade – apresentação.

Moreira (2006) comenta da importância do conhecimento prévio, pois, os modelos mentais são construídos a partir de conhecimentos que o indivíduo já tem em sua estrutura cognitiva e daquilo que ele percebe do novo conhecimento. Desse modo, a primeira etapa compreende muito mais que apresentar, de modo geral, a atividade aos estudantes. Essa etapa consiste em investigar, com base na importância da influência, aquilo que o aluno já sabe, de modo que o professor possa intervir ou simplesmente prosseguir com a atividade.

Essa primeira etapa introdutória da atividade, inicialmente montada em forma de questionário e aplicada presencialmente, deu início a discussão sobre o que os alunos entendem sobre componentes e circuitos RLC. Os detalhes de implementação e questões abordadas encontra-se no APÊNDICE G.3.1. Pretendendo-se, na sequência, chegar na análise das inter-relações entre correntes e tensões elétricas em circuito CA, sem mencionar qualquer relação de fase entre as grandezas para os alunos. Permitindo uma possibilidade de descoberta para o estudante sobre o novo conhecimento. Segundo Freire (2001), a atividade pretende ajudá-lo a reconhecer-se como arquiteto de sua própria prática cognoscitiva.

Assim, a atividade é conduzida para uma sequência de atividades assíncronas, no *Google Classroom*, usando um *Google Forms*, nomeado como “Formas gráficas 1”. Essa etapa também consiste em verificar os conhecimentos prévios dos estudantes voltadas para a elaboração e interpretação de gráficos direcionados para a eletricidade. Os detalhes de implementação e questões abordadas encontra-se no APÊNDICE G.3.1 e G.3.2.

3.3.2 Segunda atividade - verificação de conhecimentos prévios e "expositório".

A segunda atividade, que consiste em desenho de gráficos visualizados pelos alunos no *Osciloscópio Bargraph*, também tem como objetivo tornar o instrumento familiar para os alunos. Segundo Moreira (2006), no caso de material relativamente

não familiar, um organizador "expositório" é usado para prover subsunçores relevantes aproximados.

Essa segunda atividade, também assíncronas, no *Google Classroom*, usando um *Google Forms*, nomeado como "Formas gráficas 2". Esse formulário foi dividido em duas partes, em que cada uma apresenta quatro exercícios, onde o aluno deve observar o comportamento das barras gráficas e representá-lo graficamente. Essa divisão foi idealizada apenas para minimizar possíveis falhas no momento de anexar imagem dos gráficos dos alunos no formulário. O formulário dividido compreende um teste diagnóstico de concepções prévias dos alunos acerca do desenho e construção de gráficos. Essa atividade ainda possibilitou a identificação de algumas interpretações alternativas sobre a descrição gráfica das funções desenhadas pelos alunos. Os detalhes de implementação e questões abordadas encontram-se no APÊNDICE G.3.2.

3.3.3 Terceira atividade - "expositório" para prover subsunçores.

A partir dos desenhos dos gráficos ou das respostas gráficas dadas pelos alunos, a atividade foi direcionada à discussão e à correção. Esse processo ocorre na forma de visualização do sinal gerado pelo gerador de funções, juntamente com a oscilações no *Osciloscópio Bargraph* além da imagem gráfica do osciloscópio, em cada situação apresentada aos alunos.

Na sequência, a terceira atividade é proposta aos alunos e consiste na análise do comportamento de duas oscilações simultaneamente, com o uso de dois *Osciloscópios Bargraph*. Essa terceira atividade, também é assíncrona, no *Google Classroom*, usando um *Google Forms*, nomeado como "Formas gráficas 3". Esse formulário apresenta um exercício, onde o aluno deve observar o comportamento das barras gráficas e representá-las graficamente. Como resposta o aluno anexa uma imagem/foto do seu gráfico. Os detalhes de implementação e questões abordadas encontra-se no APÊNDICE G.3.3.

3.3.4 Quarta atividade - tensão e corrente no resistor (R).

Na terceira atividade também é possível a identificação de algumas interpretações alternativas sobre defasagem gráfica das funções desenhadas pelos alunos. As respostas gráficas dos alunos na terceira atividade foram direcionadas à

discussão e à correção, por meio de visualização do sinal gerado pelo gerador de funções, juntamente com as oscilações no *Osciloscópio Bargraph* além da imagem gráfica do osciloscópio, nessa oscilação simultânea apresentada aos alunos.

Considerando que existia alguma estrutura cognitiva, a qual, pudessem ser ancorados conceitos de fase, ou defasagem entre funções, foi proposta a quarta atividade. Essa atividade foi proposta como investigação do comportamento da tensão e da corrente, usando a ideia das duas oscilações, ou dois *Osciloscópios Bargraph*, em que, um identificaria a oscilação da tensão e o outro da corrente em um resistor (R). Foi aplicada usando formulário do Google, com vídeo do *Osciloscópio Bargraph*, para representação de funções gráficas da tensão e corrente no resistor (R). Os detalhes de implementação e questões abordadas encontra-se no APÊNDICE G.3.4G e G.3.6.

3.3.5 Quinta atividade - tensão e corrente no indutor (L).

A quarta atividade também possibilita identificar algumas interpretações alternativas sobre a relação de fase entre tensão e corrente no resistor, observados os gráficos desenhados pelos alunos. Essas respostas são direcionadas à discussão e à correção, por meio de visualização do sinal gerado pelo gerador de funções, juntamente com as oscilações no *Osciloscópio Bargraph*, além da imagem gráfica do osciloscópio, nessa oscilação simultânea de tensão e corrente apresentada aos alunos.

Na sequência, a quinta e sexta atividades são propostas como investigação do comportamento da tensão e corrente no indutor (L) e no capacitor (C), respectivamente, seguindo o modelo da atividade com resistor. A quinta atividade foi assíncrona, no *Google Classroom*, usando um *Google Forms*, com vídeo do *Osciloscópio Bargraph* para representação de funções gráficas da tensão e corrente no Indutor (L). Nessa atividade, o aluno observa o comportamento das barras gráficas de tensão e de corrente e representa-o graficamente. Como resposta o aluno anexa uma imagem/foto do seu gráfico. Os detalhes de implementação e questões abordadas encontra-se no APÊNDICE G.3.5 e G.3.6.

3.3.6 Sexta atividade - tensão e corrente no capacitor (C).

Antes de iniciar a sexta atividade, as respostas dos alunos da quinta atividade são direcionadas à discussão e à correção, por meio de visualização do sinal gerado

pelo gerador de funções, juntamente com a oscilações no *Osciloscópio Bargraph*, além da imagem gráfica do osciloscópio.

A sexta atividade é proposta como investigação do comportamento da tensão e corrente em um capacitor (C), seguindo a modelo assíncrona, no *Google Classroom*, usando um *Google Forms*, com vídeo do *osciloscópio bargraph* para representação de funções gráficas da tensão e corrente no capacitor (C). Novamente o aluno deve observar o comportamento das barras gráficas relacionadas à tensão e à corrente e representá-las graficamente. Como resposta o aluno anexa uma imagem/foto do seu gráfico. Os detalhes de implementação e questões abordadas encontra-se no APÊNDICE G.3.6.

3.3.7 Sétima atividade – discussão e conclusão.

Essas respostas gráficas dos alunos da sexta atividade são direcionadas à discussão e à correção, por meio de visualização do sinal gerado pelo gerador de funções, juntamente com a oscilações no *Osciloscópio Bargraph*, além da imagem gráfica do osciloscópio.

Uma nova ferramenta, o aplicativo *Alternating Current with RLC*, é apresentada aos alunos para visualizar as inter-relações entre correntes e tensões elétricas em circuitos usando resistores, capacitores e indutores alimentados por CA. De modo a fazer uma segunda análise dos resultados observados pelo *Osciloscópio Bargraph* nas atividades anteriores. Os detalhes de implementação e questões abordadas encontra-se no APÊNDICE G.3.7.

4 RESULTADOS

Na primeira atividade de investigação de conhecimentos dos alunos sobre o tema, foi possível identificar uma maior dificuldade no reconhecimento de informações relacionados ao indutor. A Tabela 4.1 apresenta o resultado do questionário aplicado para uma turma de alunos do curso Técnico em Eletrotécnica Integrado ao Ensino Médio. As questões 6 e 9 são direcionadas ao indutor conforme o questionário apresentado no APÊNDICE G.3.1.

Tabela 4.1 – Relatório respostas do questionário RLC.

Aluno	Pontuação total (%)	Respostas corretas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	60	9	A	A	C	D	C	B	C	B	B
B	73	11	A	C	C	C	A	B	C	B	A
C	53	8	A	C	A	C	A	A	C	B	A
D	80	12	A	C	C	C	B	A	C	B	B
E	87	13	A	C	C	C	B	A	C	B	A
F	80	12	A	C	C	C	B	D	C	B	B
G	100	15	A	C	C	C	B	B	C	B	A
H	100	15	A	C	C	C	B	B	C	B	A
I	40	6	A	C	D	C	A	C	C	B	B
Notas da sala	75	11	100	89	78	78	56	44	100	100	56

Fonte: Autor.

Quanto a utilização do gerador de funções associado às atividades, os testes realizados com alguns modelos serviram para destacar a facilidade de uso do JDS6600. Esse gerador é comercializado juntamente com cabos e pontas de prova, além de oferecer o recurso das várias funções gráficas e uma interface de utilização muito intuitiva. Dispõe também de um visor/tela apresentando a forma gráfica para visualizar as funções selecionadas e comparar com os gráficos dos alunos nos momentos de discussão e correção de atividades.

A primeira atividade com *Osciloscópio Bargraph* foi realizada presencialmente, com 12 alunos observando diretamente as oscilações no instrumento. Nessa atividade já foi possível identificar interpretações alternativas para o sinal senoidal apresentado

nas barras gráficas. A Figura 4.1 apresenta respostas de dois alunos, em que, as oscilações das barras gráficas, do sinal senoidal, são desenhadas como uma oscilação alternada de formato triangular, por um dos alunos.

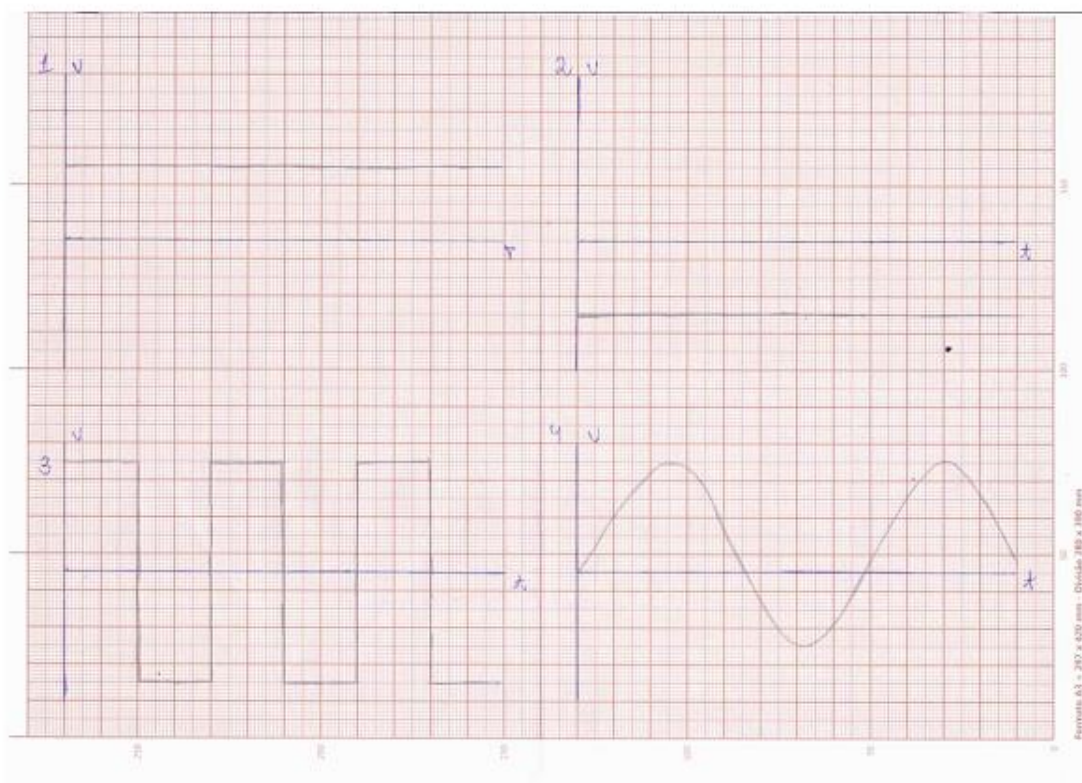
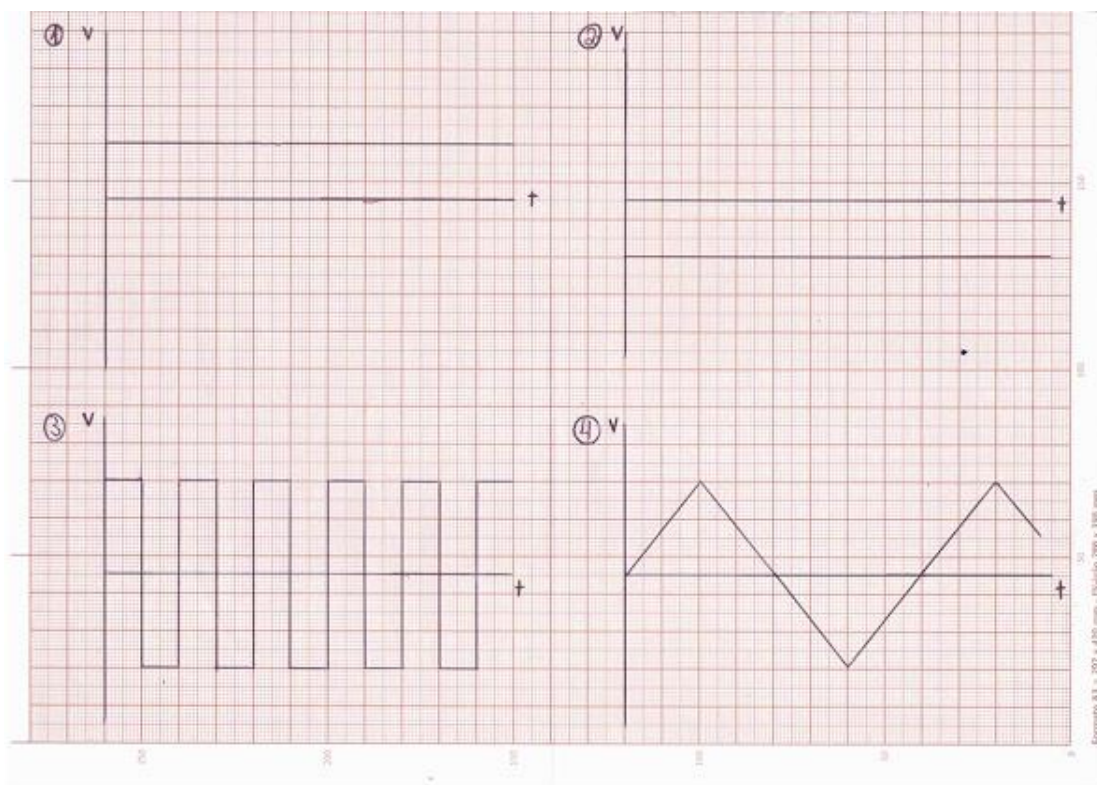
Devido às medidas sanitárias (pandemia de Covid-19), juntamente com as aulas remotas na rede pública, a mesma atividade foi realizada com outro grupo, composto por 25 alunos, em modalidade de ensino a distância (EAD), em março de 2020. Na primeira atividade com o *Osciloscópio Bargraph*, apresentou-se a oscilação de um sinal de onda alternada de formato quadrado/retangular. Nessa atividade mais de 64% dos alunos representaram o sinal alternado de forma quadrada/retangular, nas interpretações alternativas surgem um sinal senoidal e um sinal triangular. Em todos os casos a alternância foi representada.

Na segunda interação visual com as barras gráficas apresentou-se a oscilação de um sinal de onda quadrada/retangular sem alternância. Nessa atividade 68% dos alunos representaram o sinal quadrada/retangular, 32% representaram apenas o ciclo positivo de um sinal senoidal. Em todos os casos a “não alternância” foi representada.

A terceira interação visual com as barras gráficas apresentou a oscilação de um sinal de meia onda. Nessa atividade 68% dos alunos representaram o sinal meia onda, um grupo representou um sinal amortecido/decrescente, outro representou um sinal senoidal no quadrante positivo, sem alternância, seguidos de outro que representaram o sinal de onda completa. Novamente, em todos os casos a “não alternância” foi representada.

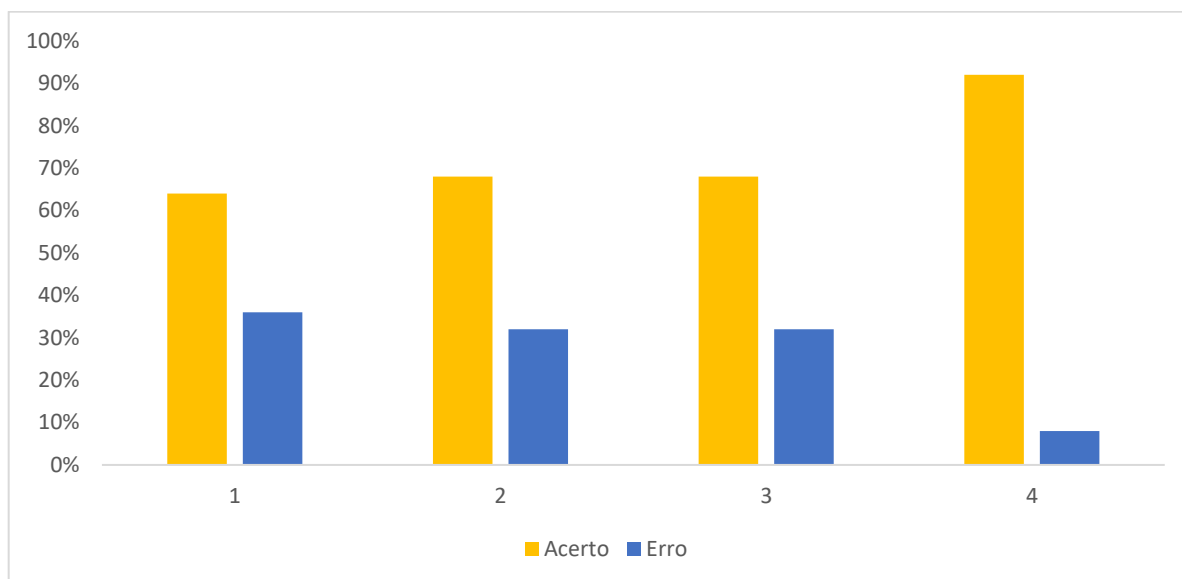
A quarta atividade de interação visual, com as barras gráficas, apresentou a oscilação de um sinal contínuo e constante. Nessa atividade dois alunos apresentaram uma interpretação alternativa para o sinal elétrico contínuo e constante nas barras gráficas. O resultado de acertos e interpretações alternativas desse processo é apresentado na Figura 4.2.

Figura 4.1 – Respostas da primeira atividade.



Fonte: Autor.

Figura 4.2 – Exemplo de respostas utilizando o *Osciloscópio Bargraph*.



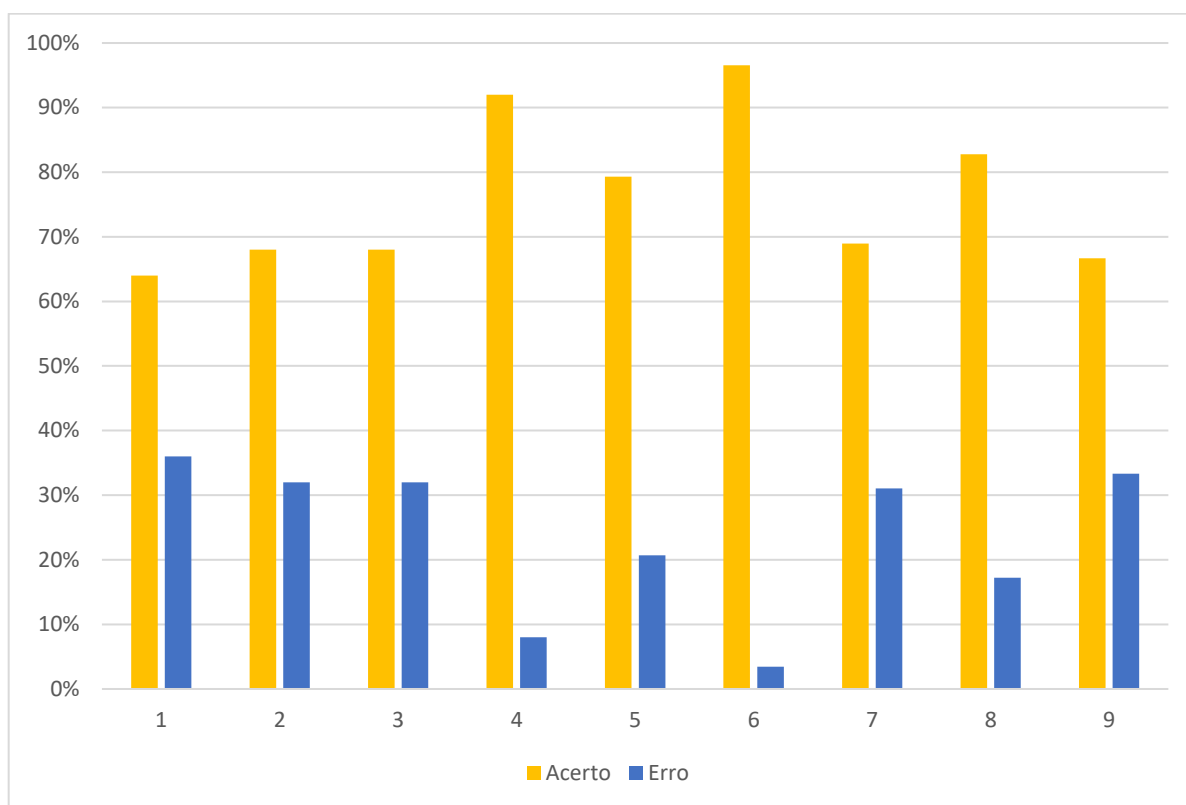
Fonte: Autor.

O resultado apresentado na Figura 4.2 está relacionado somente com as atividades de interação visual com o *Osciloscópio Bargraph* realizadas em modalidade síncrona, com oscilações gráficas introdutórias voltadas ao reconhecimento ou não da propriedade da alternância nos gráficos. Essas primeiras atividades de interação visual com o instrumento destinadas a verificação dos conhecimentos prévios e "expositório" para prover subsunçores (MOREIRA 2006) foi dividida em três etapas, sendo: a primeira etapa composta por quatro interações (1 a 4), a segunda etapa composta por mais quatro interações (5 a 8), a terceira etapa composta pela nona, e última, interação.

Na sequência das aulas e atividades, ou segunda etapa, quatro alunos começaram a participar, frente às medidas regionais relacionadas à pandemia de Covid-19, e medidas de retomada de aulas por parte da Secretaria de Educação do RS e da escola. Posteriormente o grupo passa a contar com 29 alunos chegando em seguida a 30 alunos.

Em continuidade, as atividades de 5 a 8 estão relacionadas a forma de onda, ou oscilação, de modo que a questão 6 corresponde ao sinal alternado senoidal, que obteve uma interpretação alternativa do sinal praticamente nula. A interação 9 está relacionada a defasagem de 180° entre dois sinais senoidais, em que as interpretações alternativas também percebem a defasagem, porém diferente de 180° . O resultado de acertos e interpretações alternativas desse processo é apresentado na Figura 4.3.

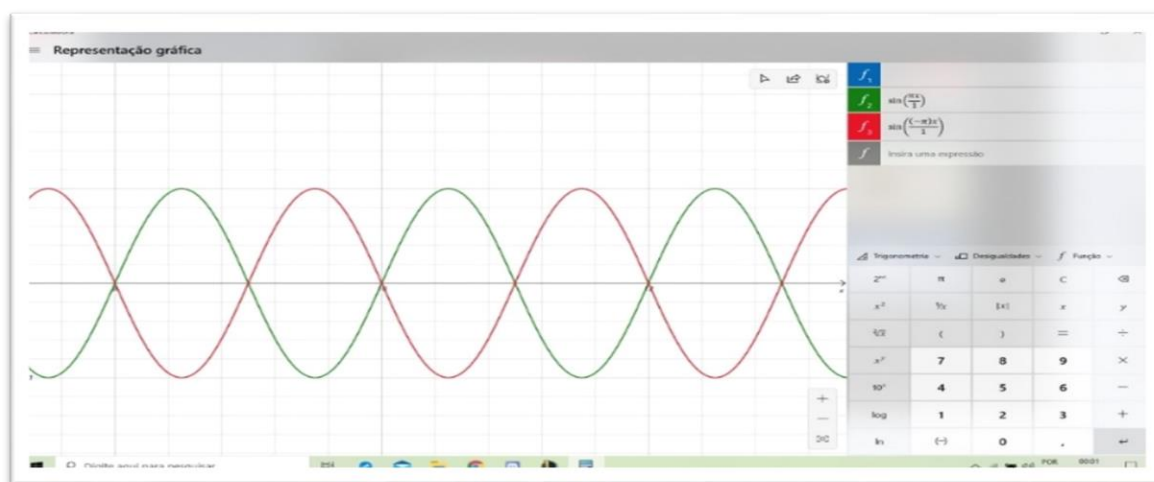
Figura 4.3 – Resultados de interação com *Osciloscópio Bargraph*.



Fonte: Autor.

Os momentos coletivos de correção, discussão das respostas ou simplesmente a visualização das respostas trouxeram para o coletivo dos alunos ferramentas/calculadoras gráficas, conforme Figura 4.4, que alguns alunos usaram para fazer determinados gráficos.

Figura 4.4 – Resposta de aluno utilizando calculadora gráfica.

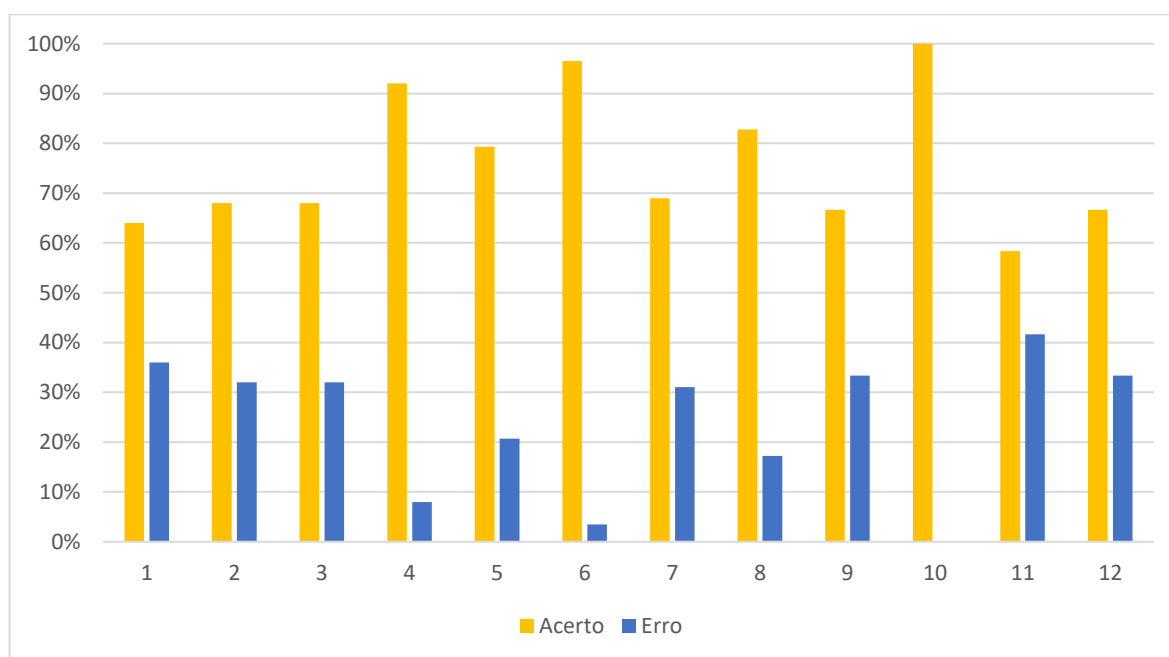


Fonte: Autor.

Por fim, considerando que existia alguma estrutura cognitiva ao qual se pudesse ancorar conceitos de fase, ou defasagem, entre funções, foi proposta a investigação do comportamento da tensão e da corrente, usando a ideia das duas oscilações, ou dois *Osciloscópios Bargraph*, em que, um identificaria a oscilação da tensão e o outro da corrente CA no circuito com apenas um resistor (R), um indutor (L) e um capacitor (C).

Essa atividade aplicada usando formulário do Google, com vídeo do *Osciloscópio Bargraph* para representação de funções gráficas da tensão e corrente nos circuitos, tem seu resultado representado nas colunas 10, 11 e 12 da Figura 4.5. Em que, a coluna 10 representa o resultado dos alunos sobre a análise das inter-relações entre correntes e tensões elétricas no circuito resistivo, a coluna 11 no circuito indutivo e a coluna 12 no circuito capacitivo.

Figura 4.5 – Resultados das atividades com *Osciloscópio Bargraph*.



Fonte: Autor.

As últimas atividades foram concluídas por 12 alunos devido às medidas adotadas frente à pandemia Covid-19. A avaliação enquanto sistema de ensino e aprendizagem escolar, para o aluno, se deu em cada uma das atividades, de modo individual, pela própria realização da tarefa. Além das ferramentas de recuperação e atividades compensatórias da infrequência.

5 CONCLUSÕES

A proposição do *Osciloscópio Bargraph* originou-se nas dificuldades dos alunos em trabalhar com gráficos, identificadas pelo autor no início de sua vida docente, e com certeza por outros professores ao longo da história do sistema de educação, sem deixar de destacar alguns autores referenciados ao logo desse trabalho.

Mesmo com um grupo modesto de alunos, já nos resultados iniciais das atividades com o *Osciloscópio Bargraph*, sem a exigência de formalismo matemático dos conceitos físicos, os resultados obtidos condizem com o verificado na Conferência Mundial de Ciências da Educação - WCES 2015, e no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) 2018, o uso de gráficos é o "calcanhar de Aquiles" dos estudantes. Lidar com esse "calcanhar de Aquiles" dos estudantes de modo a auxiliá-los no desenvolvimento das habilidades necessárias para a interpretação de gráficos, em geral, e posteriormente possibilitar a descrição do comportamento da tensão e da corrente em circuitos de CA, foi um dos resultados alcançados pelo trabalho proposto.

A introdução do *Osciloscópio Bargraph* nas aulas de Física, juntamente com a sequência didática das atividades 1 a 8, resultou na correta interpretação da maioria dos alunos do comportamento da alternância ou não alternância, além da amplitude dos diferentes sinais. Nessa sequência didática desenvolvida com uso do *Osciloscópio Bargraph* a sexta atividade, destacada por se tratar do sinal alternado senoidal, obteve uma interpretação alternativa praticamente nula, pois, entre algumas respostas erradas foi possível identificar o engano dos alunos no momento de anexar o arquivo. Contudo, esses equívocos, ao anexar as respostas, foram contabilizados como erro no resultado da Figura 4.5.

A nona questão, além de investigar a interpretação dos alunos sobre defasagem, pois, trata-se de uma oscilação senoidal defasada de 180° , incidia no objetivo de auxiliar no desenvolvimento das habilidades de interpretação de gráficos, buscando gerar um "expositório" e prover subsunçores para o novo conhecimento. Nessa atividade 10 alunos, no montante de 30 alunos, representaram corretamente o sinal senoidal alternado, porém com uma defasagem diferente de 180° .

Após inserir o *Osciloscópio Bargraph* nas aulas para auxiliar no desenvolvimento das habilidades de interpretação de gráficos e representação gráfica de funções que variam no tempo, o objetivo das três últimas atividades está voltado

para a análise inter-relações de correntes e tensões elétricas em circuitos contendo resistores, capacitores e indutores alimentados em CA. Em relação ao circuito de corrente alternada, esse foi o objetivo principal da sequência didática de atividades.

Na atividade de gráficos com tensão e corrente CA no resistor, 100% dos alunos representaram a relação de fase corretamente. Lembrando que somente 12 alunos chegaram até as últimas atividades devido às medidas sanitárias (pandemia de Covid-19). Na atividade de gráficos com tensão e corrente CA no indutor cinco alunos não representaram a defasagem de 90° entre tensão e corrente, e na atividade de gráficos com tensão e corrente CA no capacitor, quatro alunos não representaram corretamente a defasagem entre tensão e corrente. Em meio às interpretações alternativas foi apresentado como resposta uma defasagem de 180° , representada nos gráficos dos alunos, nessas atividades.

Mesmo dentro das medidas sanitárias (pandemia de Covid-19) a análise de observação e representação gráfica do comportamento da tensão e corrente nos circuitos CA resistivos (R), indutivo (L) e capacitivo (C) foi alcançada pelo trabalho. O que permite considerar que os estudantes envolvidos compreendem esse assunto, logo, existente na estrutura de seus conhecimentos, referente ao estudo dos circuitos de corrente alternada.

A sequência de atividades com o *Osciloscópio Bargraph* não foi comparada com um segundo grupo de alunos, de modo a verificar-se uma diferença de resultado no aprendizado entre turmas. Contudo, com base na atividade posterior, ou fechamento da sequência de atividades, o espaço de “discussão e conclusão” onde foi apresentado aos alunos o aplicativo *Alternating Current with RLC* como ferramenta de visualizar as inter-relações de correntes e tensões elétricas em circuitos usando resistores, capacitores e indutores em circuito CA, a conjectura sobre aprendizado significativo surge na facilidade em que os alunos comentam, o novo conhecimento, sobre os gráficos com defasagem apresentados na interação com o aplicativo.

Sem uma turma de alunos expostos apenas ao ensino tradicional (grupo de controle) para comparação com os alunos que trabalharam com as atividades do *Osciloscópio Bargraph* (grupo experimental) não se dispõe de uma análise de melhorias estatísticas do desempenho dos estudantes. Contudo, é possível afirmar que os alunos mostraram desenvoltura, ponto de vista qualitativo, na capacidade de interagir, argumentar e lidar com o significado do novo conhecimento que lhes é apresentado pelo aplicativo *Alternating Current with RLC*. Essa pequena positividade

no fechamento das atividades com o *Osciloscópio Bargraph* não deve considerar somente a sequência didática com o instrumento visto que os alunos estavam experimentando uma grande interação entre si e com o professor dentro das medidas sanitárias (pandemia de Covid-19) no ambiente escolar.

A proposta de construir e usar o *Osciloscópio Bargraph* não exclui as necessidades de laboratórios didáticos de física na educação ou escola, justamente o contrário. Ao capacitar os estudantes para a interpretação e construção de gráficos por meio da interação da sequência didática, o presente trabalho instiga os alunos a usarem instrumentos de laboratório com maior complexidade como, por exemplo, o osciloscópio.

As primeiras dificuldades no desenvolvimento do *Osciloscópio Bargraph*, ou os primeiros desafios, surgem durante a orientação com a diferença entre as nomenclaturas técnicas, no contexto da eletricidade e engenharia, e as adotadas pela física. A palavra “impedância”, por exemplo, juntamente com as expressões “baixa impedância” ou “alta impedância” precisavam de alguns segundos para o “processamento mental da informação”. A nomenclatura técnica dos diferentes circuitos eletrônicos levou tempo para uma compreensão natural, pois, circuitos como: amplificador inversor, somador, integrador, *snubber*, *Schmitt trigger* e outros, em geral, não fazem parte do cotidiano do professor de física do ensino médio, nem mesmo de sua formação.

Nos desafios de: conhecer um programa para a simulação de circuitos; implementar simulações; comprar componentes; montar protótipos em matriz de contatos (protoboard); montar circuitos em placas perfuradas; gerar arquivos para fabricação de placa de circuito impresso; montar e soldar componentes; entre outras tarefas, desenvolveu-se a partir de todo esse conjunto de trabalhos um enorme aprendizado que o professor leva para a sala de aula de física. O aprendizado profissional com a experiência desse pequeno contato com a eletrônica voltada ao experimento didático pode ser uma das ferramentas para mudarmos a frase: “estamos no século XXI, mas a Física ensinada não passa do século XIX”. Sem esquecer, é claro, que a teoria eletromagnética faz parte dessa Física do século XIX, além de “movimentar” o mundo contemporâneo.

Como possibilidade de trabalhos futuros, o *Osciloscópio Bargraph* pode ser aplicado para a verificação do comportamento da tensão e da corrente no processo de carga e descarga do capacitor, por exemplo. Além disso, existe uma variedade de

situações em que as barras gráficas podem ser associadas a sensores como, por exemplo: sensores de temperatura, ligados ao sistema para visualizar o equilíbrio térmico entre dois corpos; fotossensores, para indicar a intensidade luminosa, refração e difração; sensores de carga, para representar diferentes intensidades de forças, ou equilíbrio de forças. Para tais aplicação é necessário que a grandeza medida seja convertida em tensão pelo sensor e assim esse sinal pode ser verificado pela amplitude indicada no *Osciloscópio Bargraph*.

REFERÊNCIAS

A Batalha das Correntes (*The Current War*), Direção: Alfonso Gomez-Rejon, Produção: *Film Rites*, Brasil, *Diamond Films*, 2019. Disponível em: <https://diamondfilms.com/br/ficha-tecnica/34-a-batalha-das-correntes> Acesso em novembro de 2019.

ALEXANDER, C. K.; SADIKU, M. N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

ARAUJO, I. S., VEIT, E. A. e MOREIRA, M. A.. **Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática**. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2004, vol.26, n.2, pp.179-184. ISSN 1806-9126. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172004000200013> Acesso em novembro de 2018.

BARROS, C. e PAULINO, W. P. **Ciências Física e Química**. 3ª ed. São Paulo: Ática, 2008.

BRASIL, **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília, 2014. Disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base> Acesso em novembro de 2018.

BRASIL, **Ministério da Educação. Catálogo Nacional de Cursos Técnicos (CNCT)**. Brasília, 2016. Disponível em <http://cnct.mec.gov.br/> Acesso em novembro de 2018.

BRASIL, **Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Educacionais Anísio Teixeira (INEP)**. Brasília, 2018. Disponível em https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/documentos/2019/relatorio_PISA_2018_preliminar.pdf Acesso em novembro de 2018.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 15º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CUTNELL, J. D. e JOHNSON, K. W.. **Física. Volume 2**, 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

DORNELES, P. F. T. **Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos Físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional *Modellus***. Dissertação de Mestrado em Física – Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, 2005 Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/6982> Acesso em novembro de 2018

DORNELES, P. F.T.; ARAUJO, I. S. e VEIT, E A.. **Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. Parte II: circuitos RLC**. Rev. Bras. Ensino Fís. 2008, vol.30, n.3, pp.3308.1-3308.16. ISSN 1806-9126. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172008005000008>. Acesso em novembro de 2018

DORNELES, P. F.T.; ARAUJO, I. S. e VEIT, E. A.. **Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: parte I - circuitos elétricos simples**. Rev. Bras. Ensino Fís. 2006, vol.28, n.4, pp.487-496. ISSN 1806-9126. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172006000400011>. Acesso em novembro de 2018

FLOYD, T. L. **Sistemas Digitais Fundamentos e Aplicações**. 9ª ed. Bookman, 2007.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia; Saberes Necessário à Prática Educativa**. 20 ed. Paz e Terra, 2001.

GIRARDI, D.. **Física no Celular. V Escola Brasileira de Ensino de Física**, Blumenau, 2018. Disponível em: <https://ebef.ufsc.br/material/> Assistido em agosto de 2018.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física**. Volume 3, 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009 e 2016.

HAYT, JÚNIOR, H. W.; BUCK, J. A. **Eletromagnetismo**, 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

MACHADO, K. D.. **Teoria do Eletromagnetismo**. Volume 2, 1ª ed. Ponta Grossa: URPGr, 2002.

MALVINO, A.; BATES, D. **Eletrônica**, Volume 2, 8ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
MARKUS, O.. **Circuitos Elétricos: Corrente Contínua e Corrente Alternada**. 9ª ed. São Paulo: Érica, 2004.

MARTON, I. L. A.. **Desenvolvimento de um protótipo de bancada para medição e análise do fator de potência utilizando osciloscópio aplicado ao ensino de física**. Maringá, 2017. Disponível em <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3868> Acesso em novembro de 2018.

MOREIRA, M. A. **A teoria da Aprendizagem Significativa e sua aplicação em sala de aula**. Brasília, Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Porto Alegre, 2010. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/apsigcritport.pdf> Acesso em novembro de 2018.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: um Conceito Subjacente**. Porto Alegre, 2011. Disponível em https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos/Aprendizagem%20Significativa.pdf Acesso em novembro de 2018.

MOREIRA, M. A. **Grandes Desafios para o Ensino da Física na Educação Contemporânea**. Revista do Professor de Física, vol.1, n.2, p.13–24, 2017. DOI: 10.26512/rpf.v1i2.7069. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view>. Acesso em novembro de 2018.

MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, 2016. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6> Acesso em novembro de 2018.

MOREIRA, M. A. **Uma análise crítica do ensino de Física**. Estud. av., São Paulo, vol. 32, n. 94, p.73-80, dez. 2018. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>. Acesso em novembro de 2018.

MUNARI, A. **Jean Piaget; coleção educadores MEC**. Recife, Massangana, 2010.
PERTENCE JR, A. **Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos: Eletrônica Analógica**, 8ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

RIO GRANDE DO SUL. **Secretaria da Educação (SEDUC RS). Educação começa capacitação de professores na área da Robótica**. Porto Alegre. 2019. Disponível em: <https://educacao.rs.gov.br/educacao-comeca-capitacao-de-professores-na-area-da-robotica> Acesso em junho de 2019.

RIO GRANDE DO SUL. **Secretaria da Educação (SEDUC RS). Matrizes de Referência para o Ensino Híbrido da Rede Estadual de Ensino**. Porto Alegre. 2020. Disponível em: <https://educacao.rs.gov.br/matriz-de-referencia> Acesso em março de 2020.

SADIKU, M. N. O., MUSA, S. M. e ALEXANDER, C. K.. **Análise de Circuitos Elétricos com Aplicação**. 1ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

SAWIN, J. L. **Estado do Mundo: Escolhendo Melhor a Energia**, cap 2, p 28-51, Salvador, UMA, 2004.

SCARPAT JR, A. **Uma proposta de atividades investigativas com o uso de um software simulador de circuitos elétricos em sala de aula**. 2017. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto Federal do Espírito Santo, Cariacica, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/382> Acesso em novembro de 2018.

SEARS, F.; ZEMANNSKY, M. W. e YOUNG, H.D. **Eletricidade e Magnetismo**. Volume 3, 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

TIPLER, P.A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Volume 3, 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S.; MOSS, G. L.. **Sistemas Digitais Princípios e Aplicações**, 11ª ed. São Paulo: PEARSON, 2014.

UZUN. M. S. SEZEN. N. e BULBUL. A.. **Investigating Student's Abilities Related to Graphing Skill Modelagem – Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 2012, vol.46, 2012, pp.2942-2946 Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812017235> Acesso em novembro de 2018.

VEIT, E. A. e TEODORO, V. D.. **Modelagem no Ensino: Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Rev. Bras. Ensino Fís. 2002, vol.24, n.2, pp.87-96. ISSN 1806-9126. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172002000200003>. Acesso em novembro de 2018.

VEIT. E. A.. **Modelagem computacional no Ensino de Física, Contribuição à mesa redonda sobre informática no ensino de Física – XVI SNEF**, 2005 Disponível em:

http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/SNEF_RIO/Modelagem_computacional_no_Ensino_de_Fisica_XVI_SNEF.pdf Acesso em novembro de 2018.

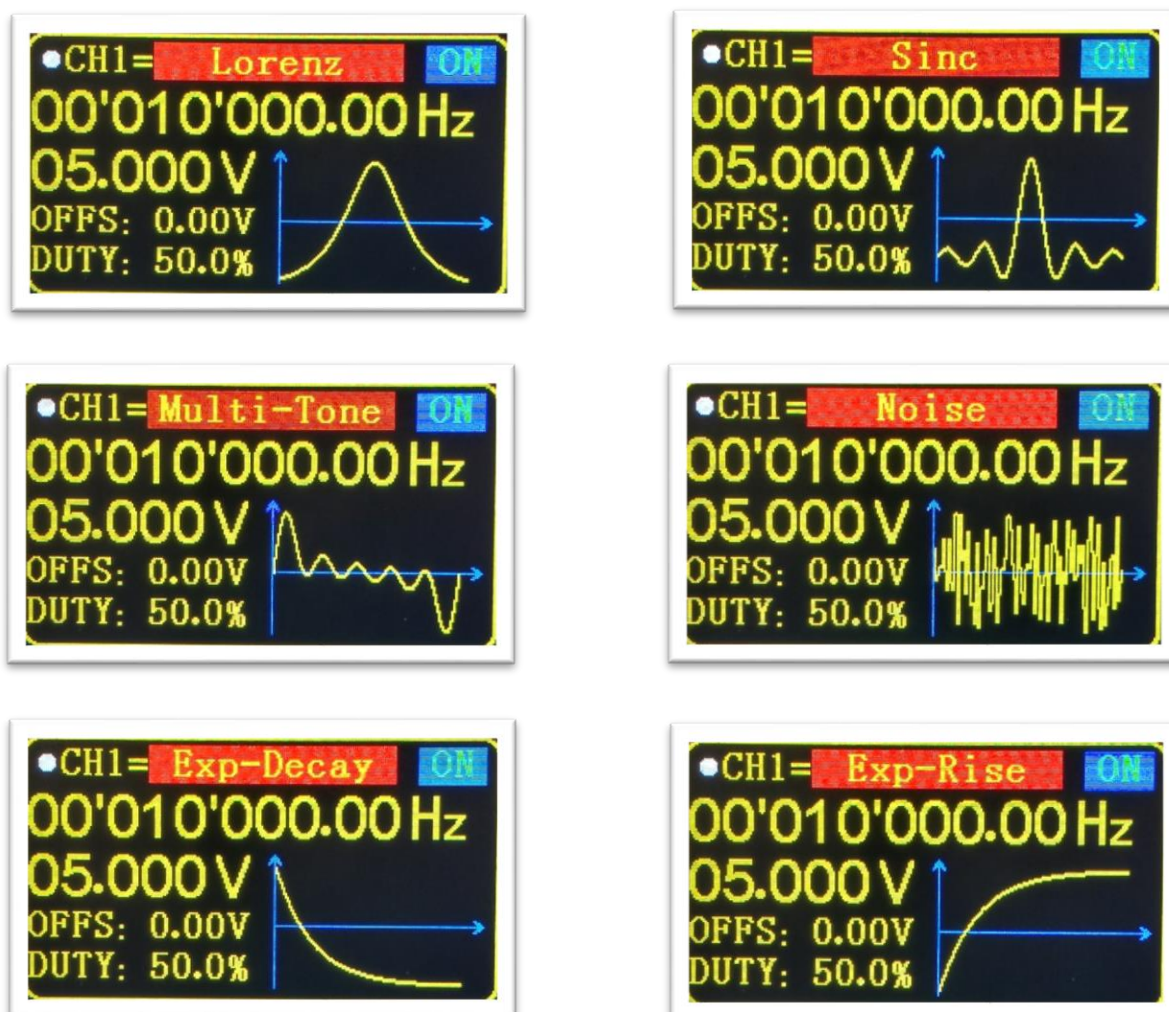
YOUNG, H. D. e FREEDMAN, M. W. **Eletromagnetismo**. Volume 3, 12^a ed. São Paulo: Pearson, 2009.

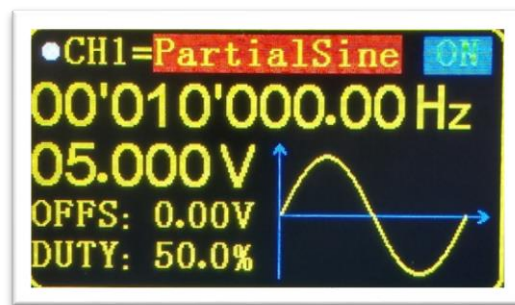
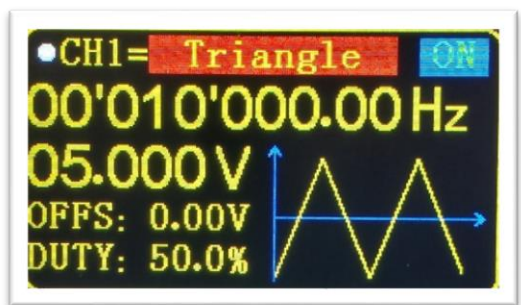
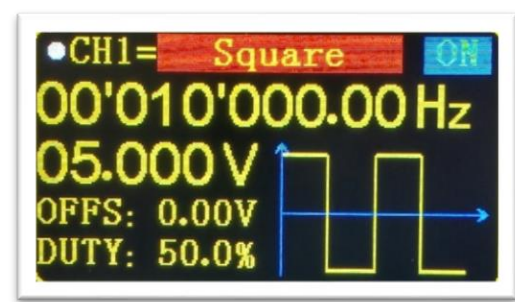
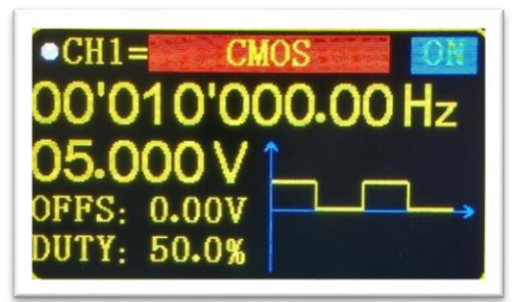
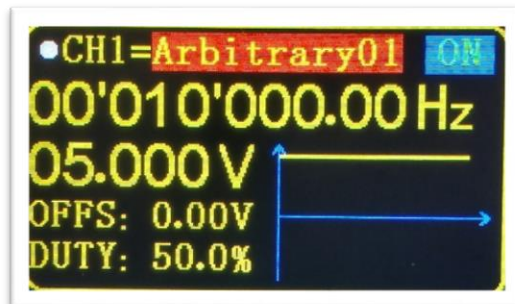
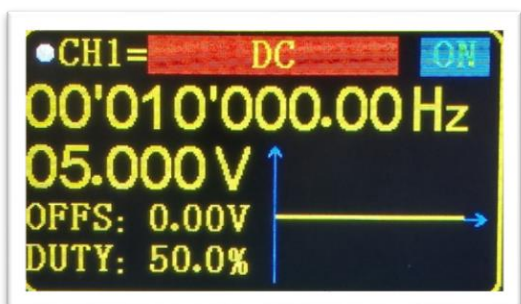
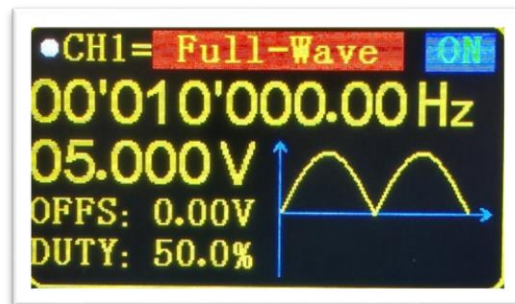
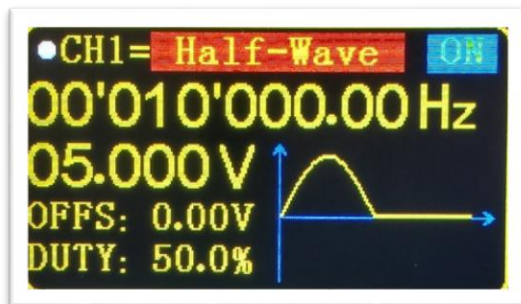
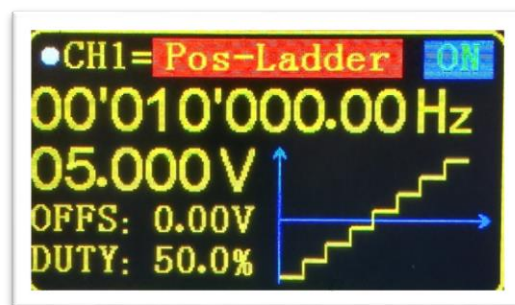
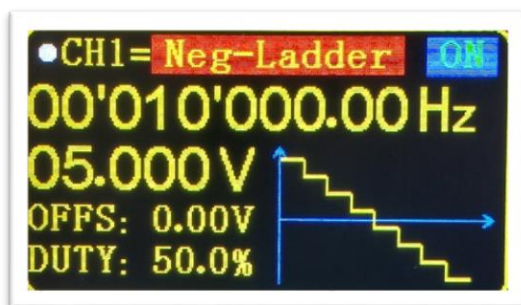
APÊNDICES

APÊNDICE A: FUNÇÕES DO GERADOR DE FUNÇÕES JDS6600

O gerador de funções JDS6600 dispõe de uma tela gráfica que apresenta as diferentes formas de sinal e seus parâmetros, diferente de outros modelos. Essas formas disponíveis para seleção são apresentadas nas sequências de imagem da Figura A.1.

Figura A.1 – *Display* e formas de onda do gerador de funções JDS6600

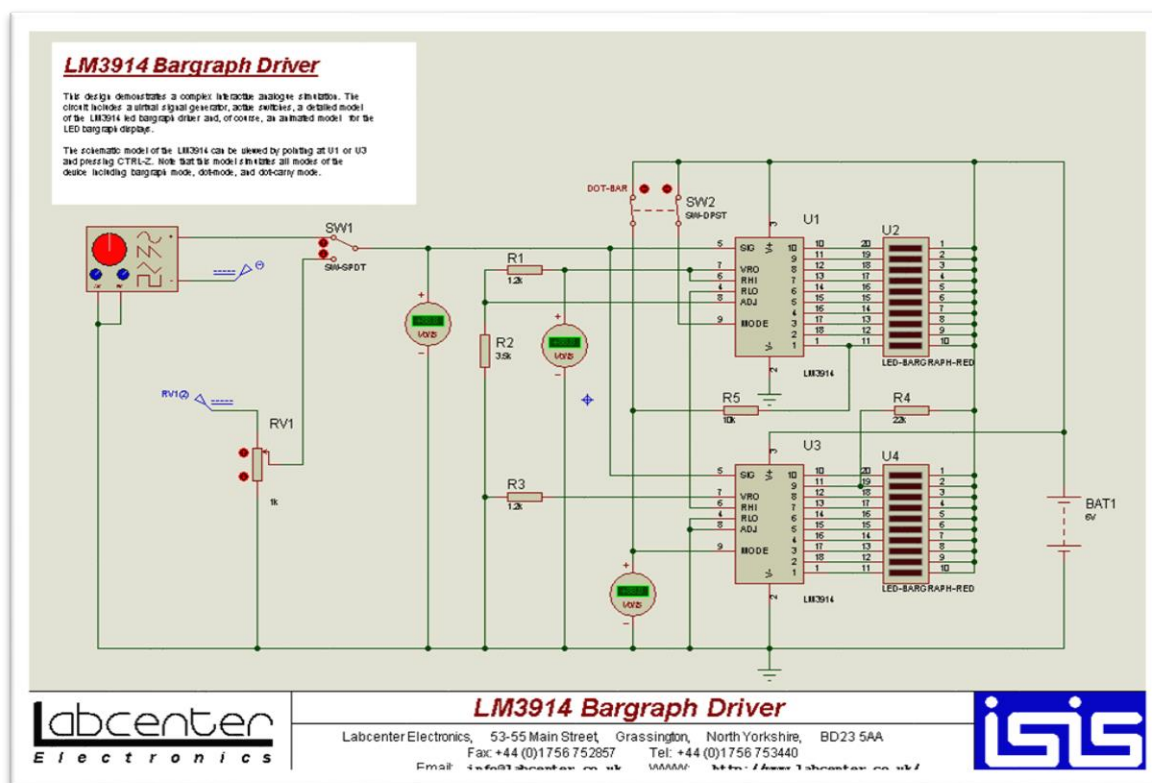




APÊNDICE B: BARGRAPH-LM3914 NO PROTEUS.

O programa *Proteus*, desenvolvido pela empresa inglesa *Labcenter Electronics*, disponível em: <http://www.labcenter.com/index.cfm>, apresenta um conjunto de ferramentas que agrega o ambiente de simulação de circuitos eletrônicos. Entre as simulações disponíveis na biblioteca de exemplos do programa *Proteus* encontre-se a “lm3914”, conforme Figura B.1. Essa simulação é encontrada na sequência de pastas: *samples – interactive simulation – animated circuit – lm3914.DSN*.

Figura B.1 – Simulação do Bargraph-LM3914 do Proteus.



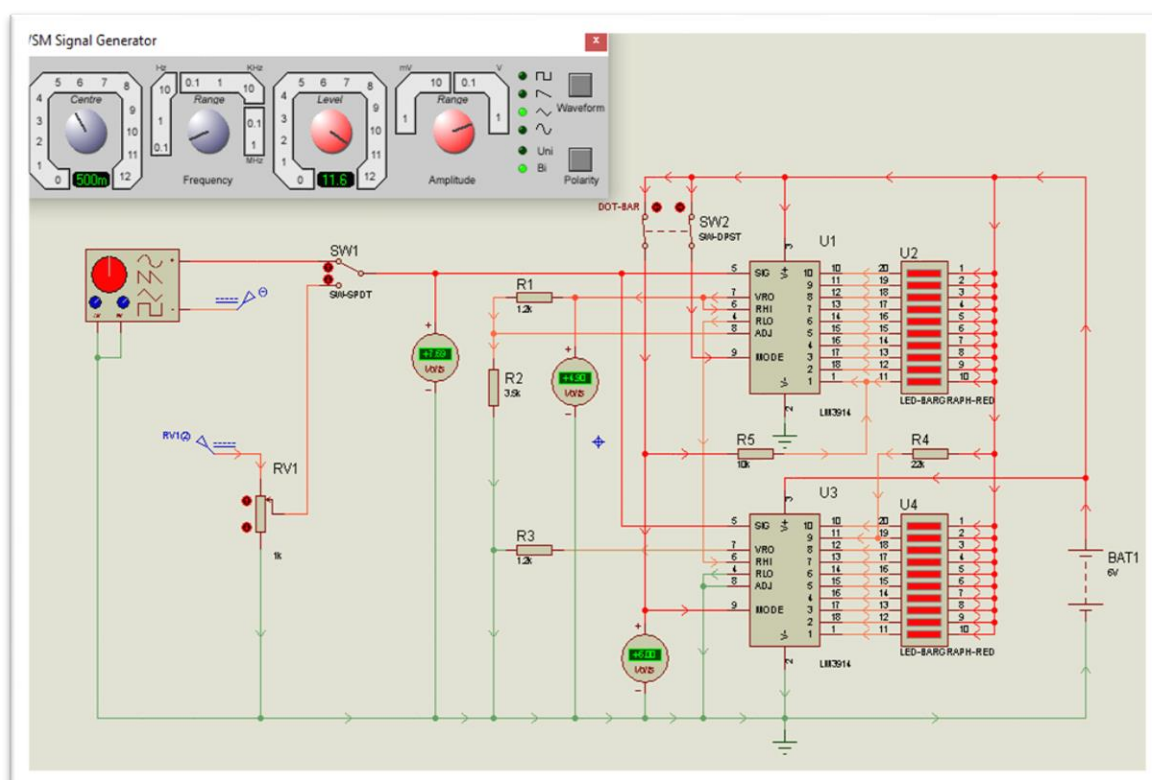
Fonte: captura de imagem feita pelo Autor.

Na sequência, a Figura B.2, mostra um instante da simulação ativa. A simulação ativa apresenta um gerador de sinal, que permite alterar as propriedades das formas de onda, assim como a própria forma de onda. Além de apresentar botões, como o *DOT-BAR* para acionamento de um modo ponto ou em barra. A interação com essa simulação contribuiu para o desenvolvimento do *Osciloscópio Bargraph para o Ensino*

de Física ajudando na compreensão do esquema elétrico e funcionamento do circuito *Bargraph-LM3914* ligado em sequência/cascata. Nessa montagem os LEDs são acionados progressivamente de cima para baixo conforme recebe o sinal na entrada (pino 5). A simulação está disponível em:

https://drive.google.com/file/d/1_8c1qrpWqdl9WFxX2Pzm8ZhUjfnLe29s/view?usp=sharing.

Figura B.2 – Simulação ativa com *Bargraph-LM3914* do Proteus.



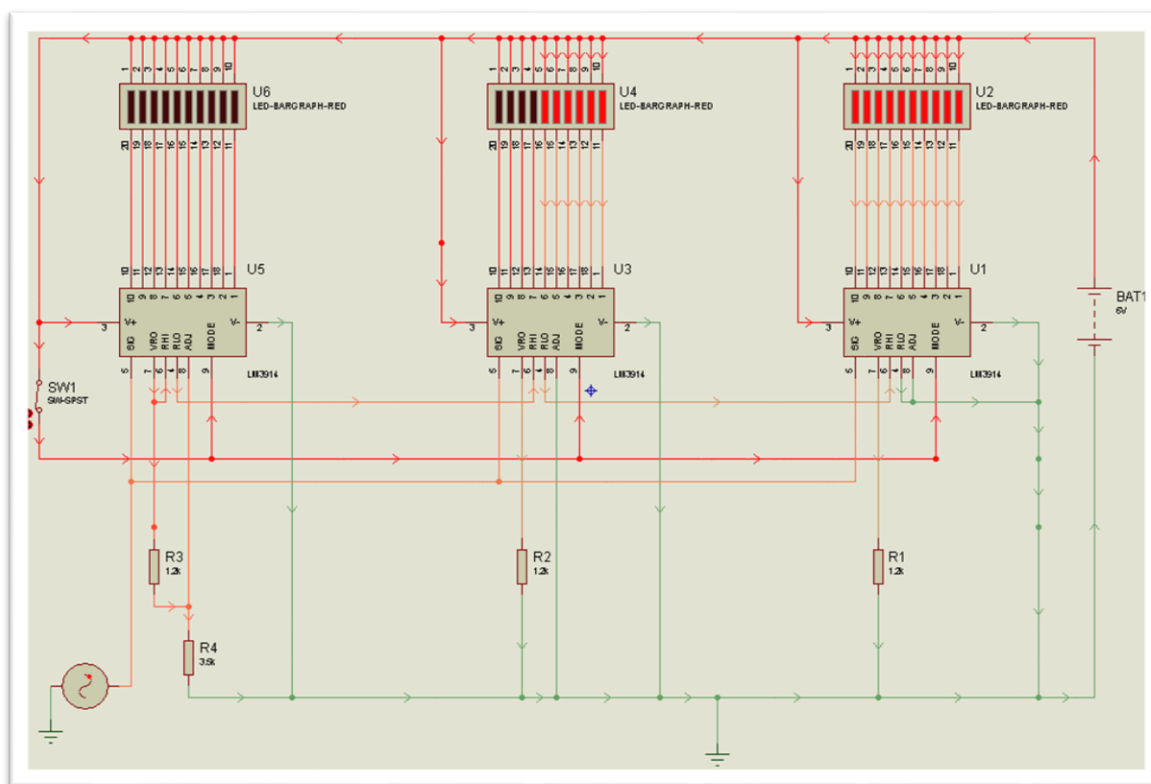
Fonte: captura de imagem feita pelo Autor.

APÊNDICE C: SIMULAÇÃO COM TRÊS *BARGRAPH-LM3914*.

A interação com a simulação “lm3914”, APÊNDICE B, os testes com o *VU meter* adquirido no Mercado Livre, e os circuitos da ficha técnica do LM3914 da *Texas Instruments*, contribuíram para a compreensão, alteração e montagem do circuito da simulação da Figura C.1. Nessa montagem os LEDs são acionados progressivamente da direita para esquerda conforme a amplitude do sinal de entrada (pino 5) aumenta, de maneira semelhante, quando a amplitude diminui os LEDs são desligados progressivamente. A simulação está disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1ZydON3f0cgX-UzQXg7fLC8pZ3bC0XwmG/view?usp=sharing>.

Figura C.1 – Simulação dos 3 *Bargraph-LM3914* no Proteus Simulação ativa.



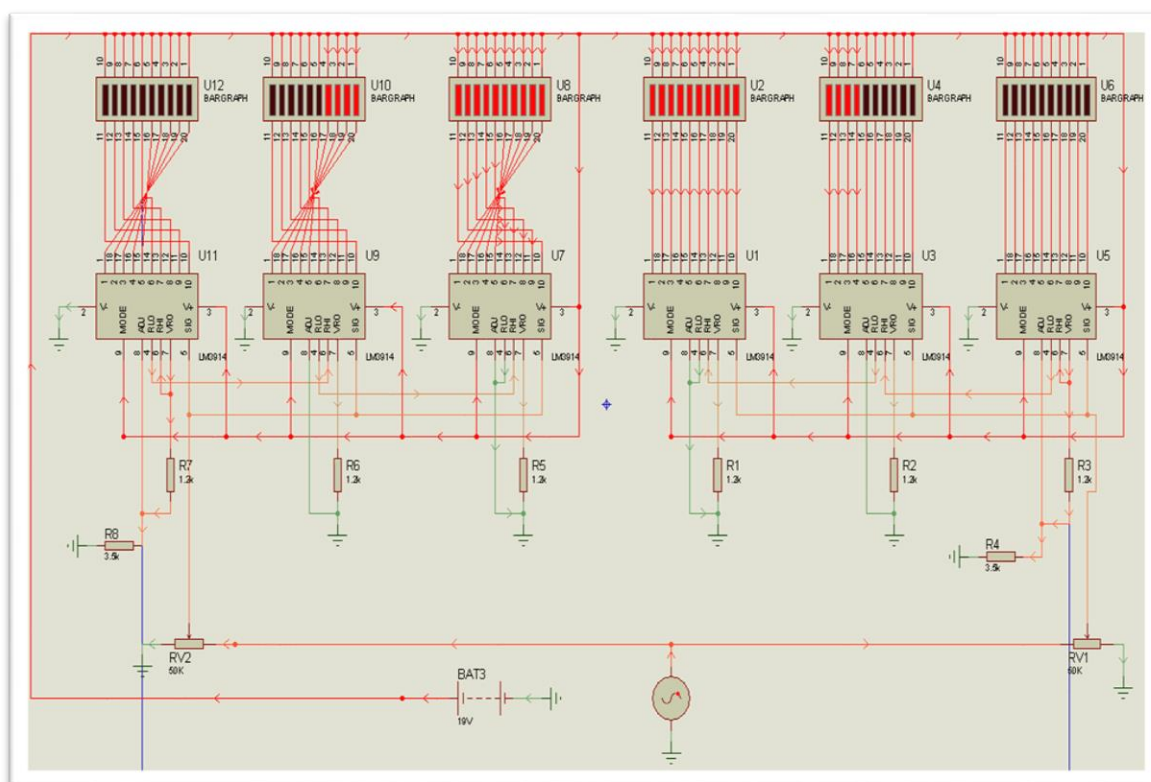
Fonte: captura de imagem feita pelo Autor.

APÊNDICE D: SIMULAÇÃO DO OSCILOSCÓPIO *VU BARGRAPH*.

Nessa montagem, Figura D.1, os LEDs são acionados progressivamente do centro para direita e para a esquerda, conforme o aumento da amplitude do sinal de entrada (pino 5). A simulação está disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1xfX5vBidex0Tm7RE46ocKKhpbVTRUyyj/view?usp=sharing>.

Figura D.1 – Simulação dos 2 conjuntos de 3 *Bargraph*-LM3914.

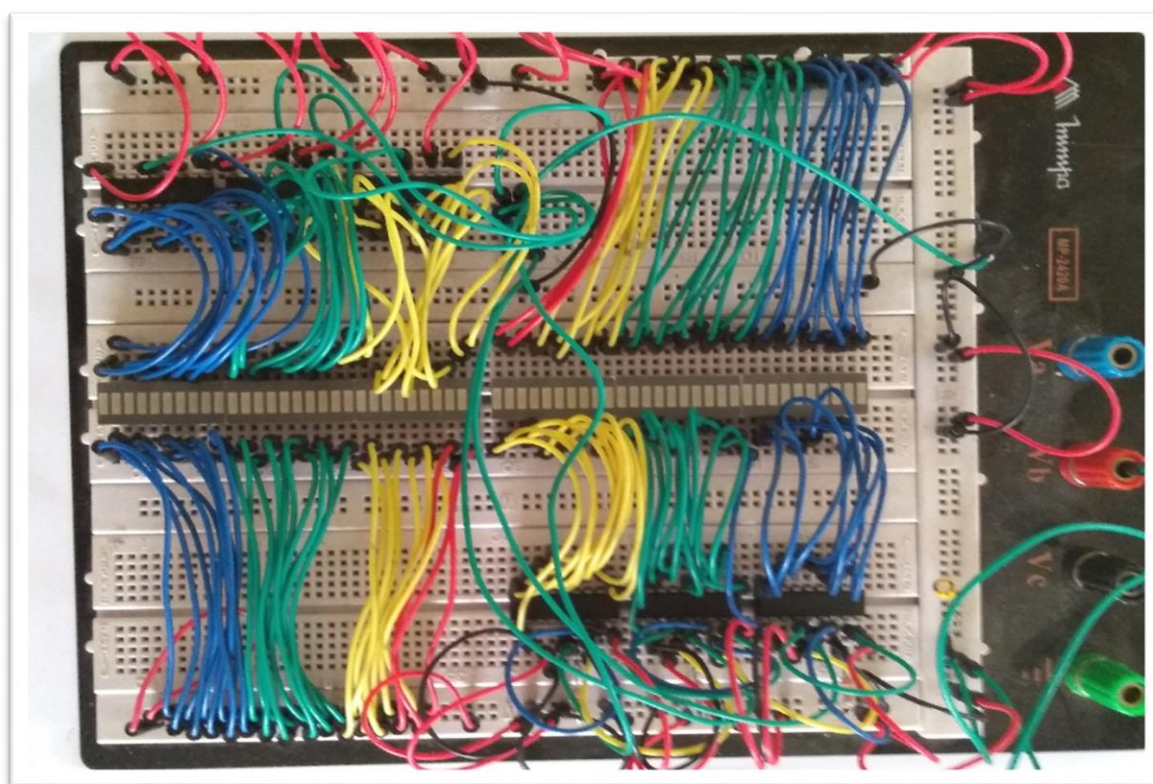


Fonte: captura de imagem feita pelo Autor.

APÊNDICE E: PRIMEIRA MONTAGEM NA PLACA DE TESTE

A primeira montagem de teste necessitou de *bargraph*, LM3915, resistores conforme quantidades na simulação do APÊNDICE D, além da matriz de contatos (*proto-board, ou breadboard*), condutores, conforme Figura E.1, fonte de tensão e do gerador de funções para testes.

Figura E.1 – Montagem *VU Bargraph* na placa de ensaio.



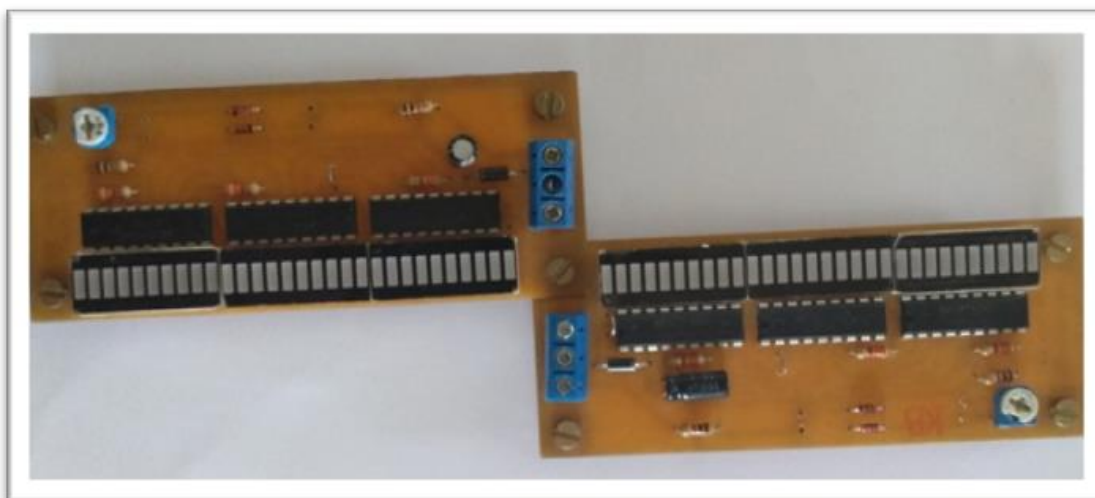
Fonte: captura de imagem feita pelo Autor.

Esse tipo de protótipo demanda muito trabalho, tempo e habilidade de montagem do circuito na matriz de contatos. Essa etapa do desenvolvimento poderia ser suprimida com a aquisição do circuito *VU Meter*, disponível comercialmente, conforme APÊNDICE F, porém, tendo em vista a graduação do Autor, sem contanto com montagens eletrônicas, e a busca por uma formação qualificada, essa etapa foi bastante enriquecedora.

APÊNDICE F: MONTAGEM OSCILOSCÓPIO *VU BARGRAPH*

O *VU Meter* usado para indicar nível de sinal em equipamentos de áudio, por meio de barras, é comercializado em vários tamanhos (conjuntos de *bargraph*). A Figura F.1 apresenta dois *VU Meter*, com três conjuntos *bargraph-LM3914*, comprados no Mercado Livre para fins de teste. Como os *VU Meter* são projetados para sinalizarem o nível de sinal em um único sentido, ou seja, de zero a um valor máximo em módulo, fez-se necessário modificar o circuito, removendo os capacitores, resistores e diodos destinados à função comercial. A combinação de dois conjuntos, conforme a Figura F.1, corresponde ao osciloscópio *VU Bargraph* simétrico, da simulação do APÊNCIDE D, ou seja, sinaliza simetricamente do centro para as extremidades.

Figura F.1 – Montagem osciloscópio *VU Bargraph*.



Fonte: captura de imagem feita pelo Autor.

APÊNDICE G – PRODUTO EDUCACIONAL



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



PRODUTO EDUCACIONAL

OSCILOSCÓPIO *BARGRAPH* PARA O ENSINO DE FÍSICA Circuitos de Corrente Alternada

Adriano Valdemar Lenhart

Prof. Dr. Ronaldo Waschburger
Orientador

Profa. Dra. Aline Cristiane Pan
Coorientador

Tramandaí
Setembro de 2021

SUMÁRIO

G.1 APRESENTAÇÃO	118
G.2 OSCILOSCÓPIO <i>BARGRAPH</i>	119
G.2.1 MONTAGEM DO OSCILOSCÓPIO <i>BARGRAPH</i>	119
G.2.2 USANDO O OSCILOSCÓPIO <i>BARGRAPH</i>	122
G.2.2.1 <i>Ajustes do gerador de funções</i>	122
G.2.2.2 <i>Calibrando o osciloscópio bargraph</i>	123
G.2.2.3 <i>Vídeos dos sinais do gerador de funções</i>	123
G.2.2.4 <i>Vídeos da inter-relação entre tensão e corrente em circuito CA</i>	126
G.3 ORIENTAÇÕES E PLANEJAMENTOS	127
G.3.1 PRIMEIRA ATIVIDADE – APRESENTAÇÃO	130
G.3.2 SEGUNDA ATIVIDADE - VERIFICAÇÃO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS E "EXPOSITÓRIO"	133
G.3.3 TERCEIRA ATIVIDADE - "EXPOSITÓRIO" PARA PROVER SUBSUNÇORES.	140
G.3.4 QUARTA ATIVIDADE - TENSÃO E CORRENTE NO RESISTOR (R)	143
G.3.5 QUINTA ATIVIDADE - TENSÃO E CORRENTE NO INDUTOR (L).....	143
G.3.6 SEXTA ATIVIDADE - TENSÃO E CORRENTE NO CAPACITOR (C)	143
G.3.7 SÉTIMA ATIVIDADE – DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	148

LISTA DE FIGURAS

FIGURA G.2.1.1 – DIAGRAMA DO <i>OSCILOSCÓPIO BARGRAPH</i>	120
FIGURA G.2.1.2 – PCI, FACE COM TRILHAS E ILHAS.	120
FIGURA G.2.1.3 – <i>OSCILOSCÓPIO BARGRAPH</i>	121
FIGURA G.2.1.4 – FONTE SIMÉTRICA.	122
FIGURA G.2.2.1.1 – GERADOR DE FUNÇÕES JDS6600.	123
FIGURA G.2.2.3.1 – ONDA QUADRA.	124
FIGURA G.2.2.3.2 – ONDE QUADRA DESLOCADA, NÍVEL CC.	124
FIGURA G.2.2.3.3 – MEIA ONDA.	124
FIGURA G.2.2.3.4 – ONDA CONSTANTE.	125
FIGURA G.2.2.3.5 – ONDA COMPLETA, RETIFICADA.	125
FIGURA G.2.2.3.6 – ONDA SENOIDAL.	125
FIGURA G.2.2.3.7 – ONDA QUADRADA EM DEGRAUS DESCENDENTES.	126
FIGURA G.2.2.3.8 – ONDA QUADRADA EM DEGRAUS ASCENDENTES.	126
FIGURA G.3.1 – GOOGLE <i>FORMS</i>	130
FIGURA G.3.1.1 – QUESTÕES SOBRE RESISTORES, CAPACITORES E INDUTORES.	131
FIGURA G.3.1.2 – QUESTÕES SOBRE RESISTORES, CAPACITORES E INDUTORES.	132
FIGURA G.3.2.1 – FORMAS GRÁFICAS 1.	134
FIGURA G.3.2.2 – FORMAS GRÁFICAS 1.	135
FIGURA G.3.2.3 – FORMAS GRÁFICAS 1.	136
FIGURA G.3.2.4 – FORMAS GRÁFICAS 2.	137
FIGURA G.3.2.5 – FORMAS GRÁFICAS 2.	138
FIGURA G.3.2.6 – FORMAS GRÁFICAS 2.	139
FIGURA G.3.2.7 – FORMAS GRÁFICAS 2.	140
FIGURA G.3.3.1 – FORMAS GRÁFICAS 3.	141
FIGURA G.3.3.2 – FORMAS GRÁFICAS 3.	142
FIGURA G.3.6.1 – ANÁLISE DA TENSÃO E CORRENTE EM CA.	144
FIGURA G.3.6.2 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO GOOGLE <i>FORMS</i>	145
FIGURA G.3.6.3 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO GOOGLE <i>FORMS</i>	146
FIGURA G.3.6.4 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO GOOGLE <i>FORMS</i>	147
FIGURA G.3.6.5 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO GOOGLE <i>FORMS</i>	147
FIGURA G.3.7.1 – APLICATIVO <i>ALTERNATING CURRENT WITH RLC</i>	149

FIGURA G.3.7.2 – INTER-RELAÇÃO TENSÃO E CORRENTE NO <i>DESMOS</i>	150
FIGURA G.3.7.3 – MODELAGEM COMPUTACIONAL NO <i>MODELLUS</i>	150
FIGURA G.3.7.4 – MODELAGEM COMPUTACIONAL NO <i>MODELLUS</i> INTERATIVA.	151

LISTA DE TABELAS

TABELA G.3.1 – SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES.	127
--	-----

G.1 APRESENTAÇÃO

Uma das habilidades requeridas para a compreensão de conteúdos de Física é a construção e interpretação de gráficos. Um gráfico é uma grande quantidade de informação que pode ser resumida. Ser capaz de extrair informações de um gráfico é uma habilidade de cientistas e professores, porém muitas vezes pouco compreendida pelos estudantes (ARAUJO, 2004).

Uma vez ciente das dificuldades dos estudantes na interpretação e construção gráfica, e das complexidades conceituais em circuitos elétricos simples e do tipo RLC, o produto educacional *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física* aborda o ensino da relação de fase entre tensão e corrente elétrica nos circuitos com resistores (R), indutores (L) e capacitores (C) nos quais a fonte de tensão, ou de corrente, varia com o tempo, os chamados de circuitos CA, com excitação senoidal.

Além da importância do estudo dos gráficos como ferramenta básica para representar, relacionar grandezas em praticamente todos os assuntos e da dificuldade observada, nos estudantes em geral, quando esses necessitam construí-los ou interpretá-los, o uso das barras gráficas do *Osciloscópio Bargraph para o Ensino de Física*, atuando em **baixa frequência**, é proposto como uma ferramenta adicional, para uma melhor compreensão do comportamento físico dos circuitos RLC, em CA.

Essa atividade com o *Osciloscópio Bargraph* considera possíveis dificuldades de aprendizagem, relacionadas a interpretação de gráficos no estudo de circuitos CA, apresentadas pelos alunos em que se propõe auxiliá-los na superação de tais obstáculos a partir da interação dos alunos com uma interface de medição em forma de barras instantâneas, associadas as grandezas elétricas, tensão e corrente, podendo conduzir a uma aprendizagem significativa da inter-relação da tensão e corrente elétrica em circuitos CA.

No que diz respeito aos circuitos de corrente alternada, as atividades com o *Osciloscópio Bargraph*, descritas inicialmente como uma proposta de atividade prática experimental e direcionada para visualizar as inter-relações de correntes e tensões elétricas, em circuitos com resistores, capacitores e indutores em CA, de modo não arbitrário, baseado em Moreira (2011). Observa-se que, além das dificuldades que muitos estudantes apresentam, sobre a construção e interpretação de gráficos, na análise inter-relações de correntes e tensões elétricas em circuitos CA, a defasagem

entre tensão e corrente nos circuitos indutivos ou capacitivo, ou seja, a nova informação é simplesmente passada para o estudante.

Essa proposta de sequência didática se propõe a estabelecer um processo através do qual a nova informação, ou novo conhecimento, não chegue ao estudante de uma forma arbitrária, conforme Moreira (2011). O que, nesse tema, geralmente ocorre quando usamos programas de simulação ou modelagem computacional e aplicativos que apresentam equações e gráficos prontos com a informação a ser interpretada pelo estudante.

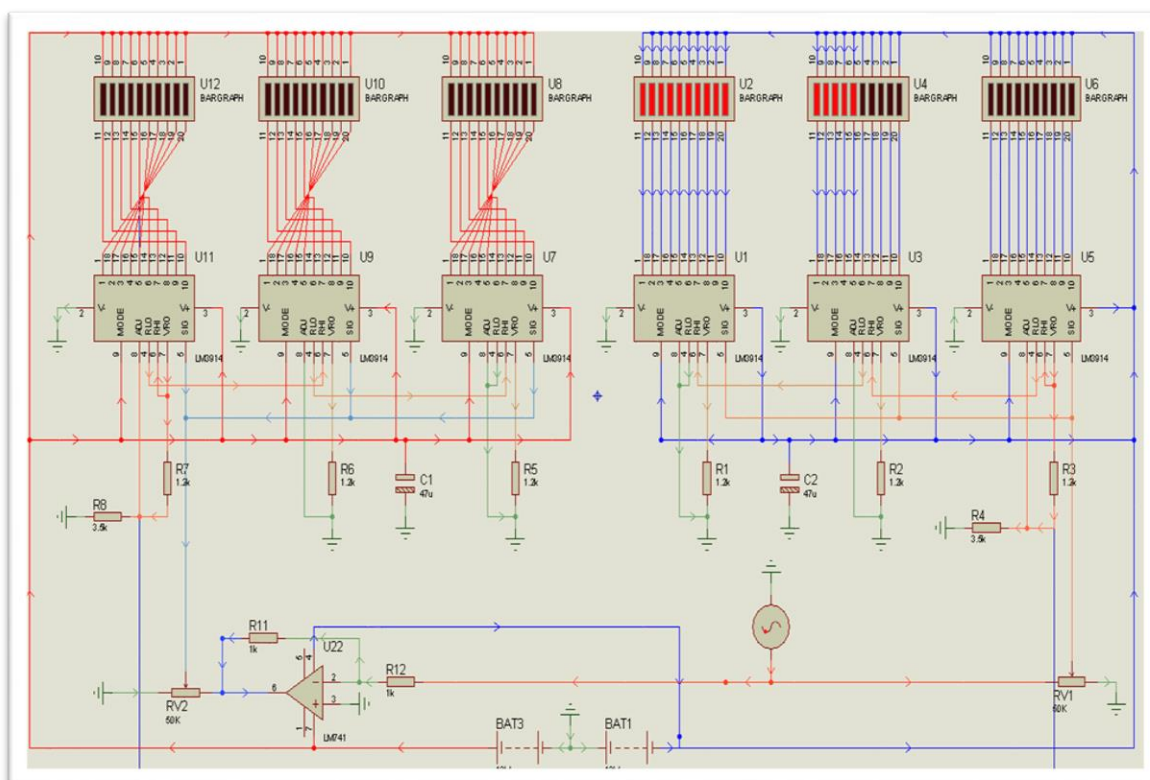
G.2 OSCILOSCÓPIO *BARGRAPH*

Na sequência descreve-se como montar o Osciloscópio *Bargraph*, mesmo estando disponível, nas seções decorrentes. todo o material necessário para aplicar esse produto educacional na forma de sequência didática.

G.2.1 MONTAGEM DO OSCILOSCÓPIO *BARGRAPH*

Maiores detalhes do processo de desenvolvimento e montagem do Osciloscópio *Bargraph* estão descritos no texto da dissertação, contudo as informações disponíveis nessa seção permitem sua montagem. A Figura G.2.1.1 apresenta uma imagem da simulação, do diagrama elétrico, montado no programa *Proteus*, estando o arquivo de simulação disponível em: https://drive.google.com/file/d/1zN490QLabBvQi_yXEDoRLLTTffTaufk9/view?usp=sharing.

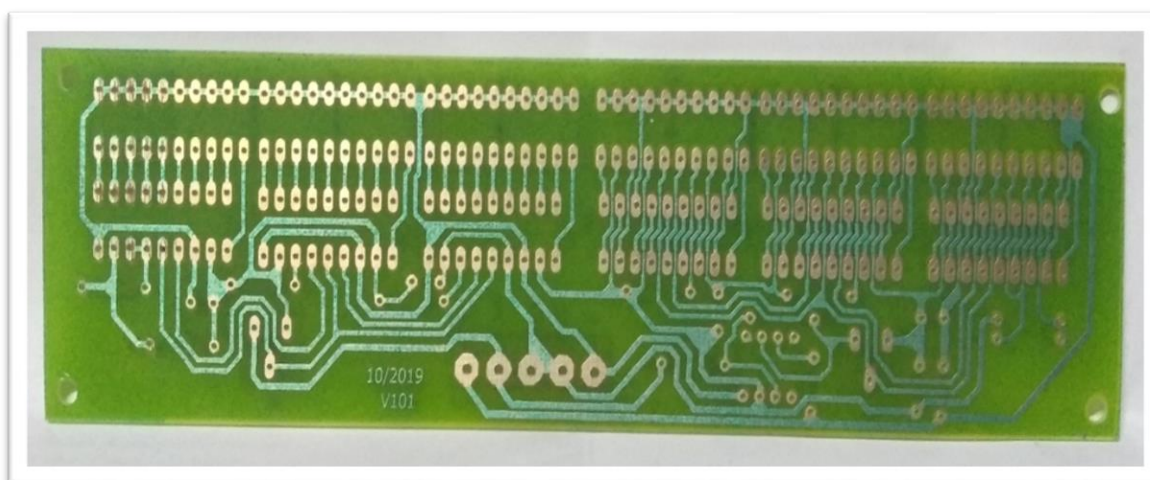
Figura G.2.1.1 – Diagrama do *Osciloscópio Bargraph*.



Fonte: captura de imagem feita pelo Autor.

A placa de circuito impresso (PCI), ver Figura G.2.1.2, produzida a partir do circuito de simulação, apresenta as trilhas e as ilhas do circuito em uma face. Na outra, a disposição dos componentes como forma de identificar a posição para a soldagem.

Figura G.2.1.2 – PCI, face com trilhas e ilhas.



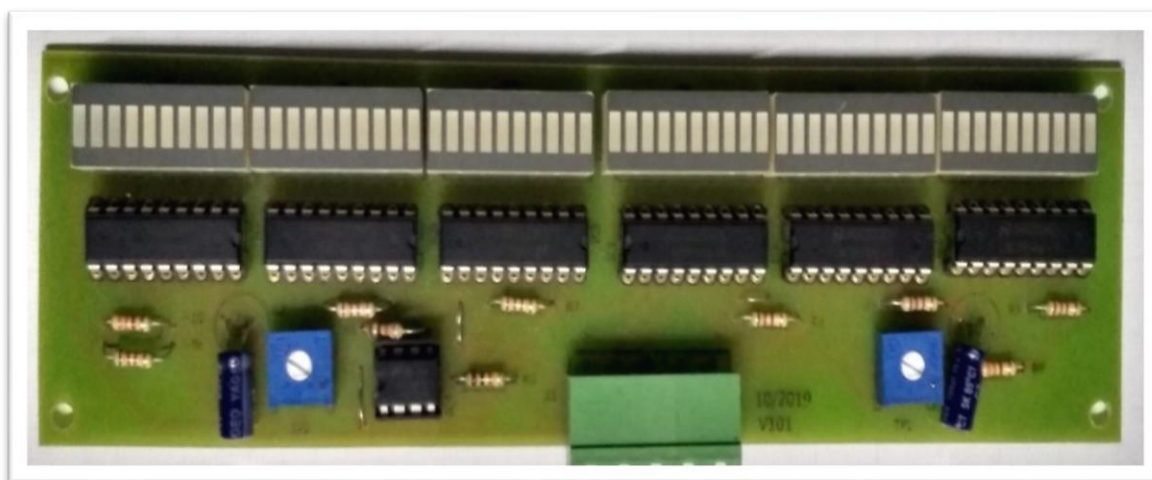
Fonte: Imagem editado pelo Autor.

A lista de componentes eletrônicos pode ser identificada pelo arquivo de simulação, que apresenta:

- 6 *bargraph* vermelho;
- 6 CI LM3914;
- 6 resistores de $3,9k\Omega$ - 1/8W;
- 4 resistores de $1,0k\Omega$ - 1/8W;
- 2 resistores variável $1k\Omega$;
- 2 capacitores $100\mu\text{F}$ / 16V;
- 1 CI 741;
- 2 terminais jacaré (ponta de prova);
- 50 cm de condutor (ponta de prova).

O *Osciloscópio Bargraph*, com os componentes eletrônicos soldados, é apresentado na Figura G.2.1.3.

Figura G.2.1.3 – *Osciloscópio Bargraph*.

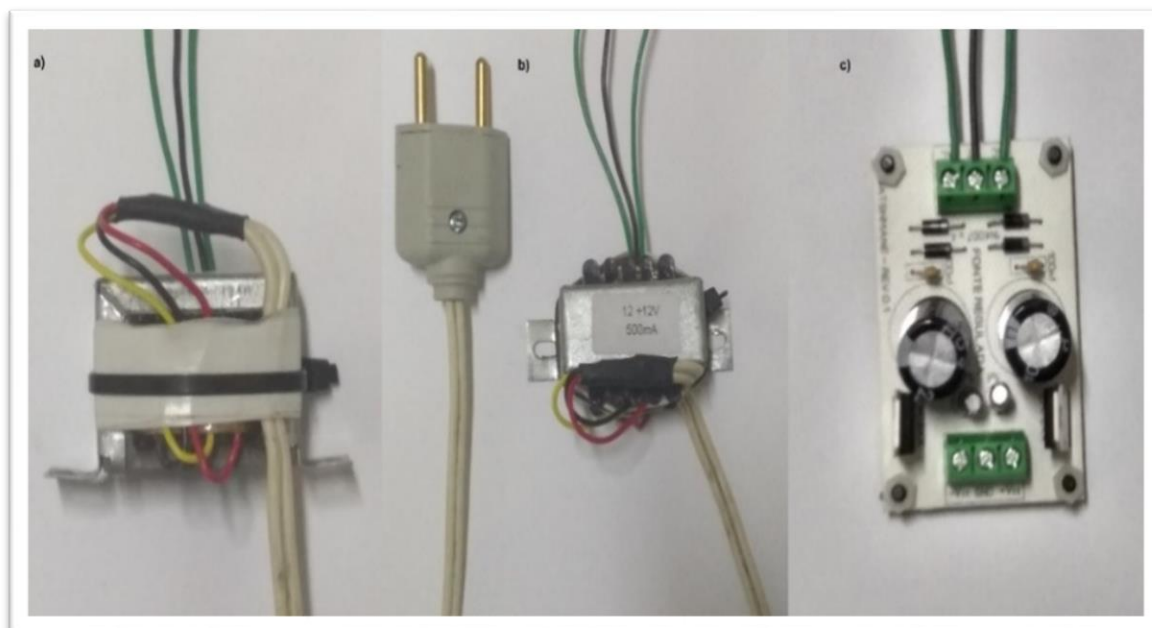


Fonte: Autor.

O *Osciloscópio Bargraph* necessita de uma fonte de tensão simétrica de 12V (+12V e -12V). Essa fonte pode ser conectada à tomada ou substituída por arranjo com duas baterias de 9V, em ambos os casos a amplitude do sinal de entrada deve ser inferior ao da fonte. Na Figura G.2.1.4 pode-se observar a fonte simétrica, em que: (a) são os condutores fixados e isolados; (b) é o *plug* conectado ao condutor ligado ao primário do transformador; (c) é a placa retificadora com o circuito da fonte simétrica.

A estrutura montada na PCI do *Osciloscópio Bargraph* pode ter seu *display* de barras gráficas acoplado a uma superfície plana, mostrando assim somente as barras de LEDs. A essa superfície pode-se adicionar uma escala, ou folha milimetrada, com a indicação dos eixos no plano cartesiano. Os vídeos indicados na sequência mostram esse detalhe com mais evidência.

Figura G.2.1.4 – Fonte simétrica.



Fonte: Imagem editado pelo Autor.

G.2.2 usando o osciloscópio *Bargraph*

G.2.2.1 ajustes do gerador de funções

O uso do *Osciloscópio Bargraph*, nos experimentos apresentados nesse trabalho, requer a utilização de um gerador de função, ou dispositivo semelhante. A Figura G.2.2.1.1 apresenta a imagem do gerador de funções adotado, trata-se de um modelo simples com funcionalidades comuns a outros modelos e marcas.

Figura G.2.2.1.1 – Gerador de funções JDS6600.



Fonte: AliExpress.

O gerador de funções foi ajustado com amplitude de 5V, frequência de 0,1Hz, e diferentes formas de onda, conforme a atividade desenvolvida. Após essa configuração, conecta-se o sinal de saída do gerador à entrada do *Osciloscópio Bargraph*. A ponteira negativa, preta, ao negativo do *Osciloscópio Bargraph* e a positiva, vermelha, à entrada de sinal (pino 5).

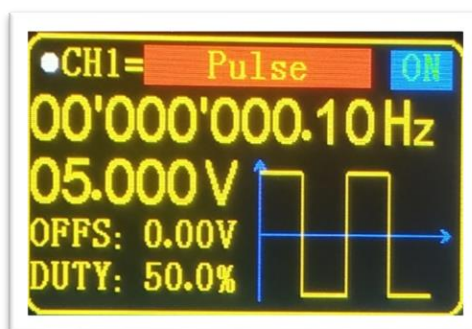
G.2.2.2 Calibrando o Osciloscópio *Bargraph*

Primeiramente será necessário calibrar o instrumento de medida fazendo com que as amplitudes negativas (vales) e positivas (picos) sejam simétricas. Com o gerador operando e conectado ao *Osciloscópio Bargraph*, deve-se verificar as amplitudes e ajustar, utilizando uma chave de fenda, o valor do resistor variável (*trimpot*), assim que as amplitudes estiverem simétricas a calibragem está concluída.

G.2.2.3 Vídeos dos sinais do gerador de funções

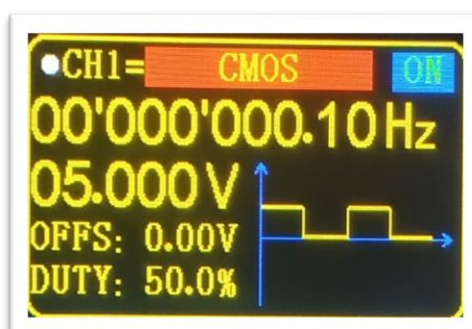
Devido às medidas adotadas frente à pandemia da Covid-19, as atividades de aula foram realizadas na modalidade de ensino a distância (EaD), o que levou à criação de vídeos sobre cada oscilação produzida no *Osciloscópio Bargraph*. Esses vídeos foram utilizados na mesma sequência em que são apresentados e disponibilizados, Figura G.2.2.3.1 a Figura G.2.2.3.8.

Figura G.2.2.3.1 – Onda quadra.



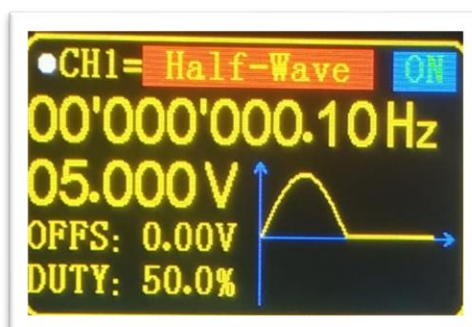
Fonte: Autor, disponível em: <https://youtu.be/oFX-WDmScDk>.

Figura G.2.2.3.2 – Onda quadra deslocada, nível CC.



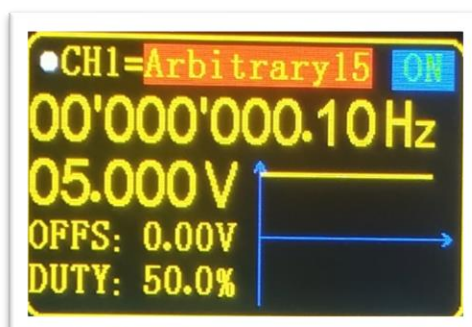
Fonte: Autor, disponível em: <https://youtu.be/6V18UG7dmMA>.

Figura G.2.2.3.3 – Meia onda.



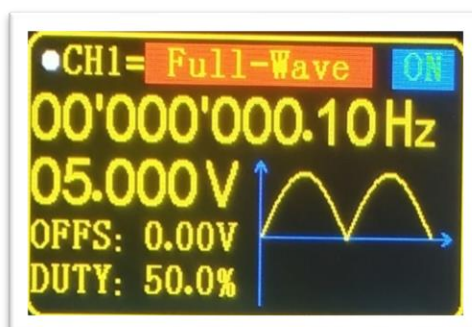
Fonte: Autor, disponível em: <https://youtu.be/yzX8SO8cuSU>.

Figura G.2.2.3.4 – Onda constante.



Fonte: Autor, disponível em: <https://youtu.be/heBjkMfj3Z4>.

Figura G.2.2.3.5 – Onda completa, retificada.



Fonte: Autor, disponível em: <https://youtu.be/EiwG6p3Ye1U>

Figura G.2.2.3.6 – Onda senoidal.



Fonte: Autor, disponível em: <https://youtu.be/84ygPmgNrBM>.

Figura G.2.2.3.7 – Onda quadrada em degraus descendentes.



Fonte: Autor, disponível em: <https://youtu.be/HMvpucx2llg>.

Figura G.2.2.3.8 – Onda quadrada em degraus ascendentes.



Fonte: Autor, disponível em: <https://youtu.be/cl4F5g09hIQ>.

G.2.2.4 Vídeos da inter-relação entre tensão e corrente em circuito CA

Para realizar a análise da inter-relação entre tensão e corrente em circuito constituídos apenas por resistência R , indutância L e capacitância C , alimentados em CA, são necessários dois conjuntos de *Osciloscópio Bargraph*. A tensão é medida diretamente sobre os terminais do componente, e a corrente é determinada pela Lei de Ohm ($i = v/R$), a partir da medida de tensão sobre um resistor de 1Ω e $10W$ conectado em série.

Antes de apresentar os sinais de tensão e corrente defasados, foi introduzido um vídeo com o objetivo de criar um "expositório", (MOREIRA 2006), buscando promover assim subsunçores para a compreensão do assunto. Nesse vídeo existem dois sinais defasados de 180° , ou seja, a percepção que o comportamento de duas grandezas pode ser diferente em um mesmo instante de tempo está subentendido no exemplo. O vídeo está disponível em: <https://youtu.be/q8loNGyz2Qk>.

Na sequência de vídeos para representação da defasagem entre tensão e corrente tem-se, para o resistor R , o vídeo disponível em:

<https://youtu.be/WlfacHiL77c>; para o indutor L , o vídeo disponível em: <https://youtu.be/VuCa1az0B4g>; para o capacitor C , o vídeo disponível em: https://youtu.be/WIND6XxL_gs.

Os vídeos disponibilizados permitem o uso do recurso sem maiores dificuldades ou custos, contudo a construção do *Osciloscópio Bargraph* permite sua utilização em sala de aula presencial, possibilitando a interação dos alunos e variações nos experimentos.

G.3 ORIENTAÇÕES E PLANEJAMENTOS

Antes de descrever a atividade, de modo geral, vale lembrar que a atividade também está associada as etapas e modalidades da Educação Básica, em escolas públicas e privadas (BRASIL, 2014). Desde modo, o tema eletricidade associado as atividades do componente curricular: ciências físicas, no 9º ano do ensino fundamental e física, na 3ª série do ensino médio. Além dos componentes curriculares que abordam o tema eletricidade, nos diferentes cursos de ensino técnico de nível médio (BRASIL, 2016).

Cientes do reduzido número de aulas de física, (Moreira ,2014), e das variações de distribuições da carga horaria de física no Ensino Fundamental e Médio, em diferentes escolas, a sequência das atividades propostas é flexibilizada em até sete etapas, que podem ser síncronas ou assíncronas, conforme Tabela G.3.1.

Tabela G.3.1 – Sequência de atividades.

Sequência	Momento	Atividade: Tensão e corrente em circuitos CA	Objetivo
1º	Híbrida	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da atividade sobre tensão e corrente alternada (síncrono). • Verificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto (assíncrono: Formulário do Google – autoinstrucional). 	<p>Para professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar conhecimentos prévios da turma. <p>Para alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • da função seno/cosseno; • de amplitude, frequência, período e suas unidades de medidas; • da alternância no gráfico cartesiano; • das diferentes formas de onda/sinal; • da relação gráfico e osciloscópio; • dos valores instantâneos, eficaz, médio da onda senoidal, além de frequência, período e amplitude.

2º	Síncrona ou assíncrona	Alternativa síncrona: 1ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - representação de funções gráficas.	Para professor: <ul style="list-style-type: none"> • apresentar e tornar familiar o <i>osciloscópio bargraph</i>.
		Alternativa assíncrona: 1ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> usando formulário do Google com vídeo do <i>osciloscópio bargraph</i> para representação de funções gráficas.	Para alunos: <ul style="list-style-type: none"> • Observar funções gráficas, com <i>osciloscópio bargraph</i>, e desenhar/representar graficamente em folha milimetrada.
3º	Síncrona ou assíncrona	Alternativa síncrona: 2ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - representação de funções gráficas senoidal, com 180º de defasagem.	Para professor: <ul style="list-style-type: none"> • Verificar conhecimentos prévios sobre defasagem em gráficos.
		Alternativa assíncrona: 2ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> usando formulário do Google, com vídeo do <i>osciloscópio bargraph</i> para representação de funções gráficas senoidal, com 180º de defasagem.	Para alunos: <ul style="list-style-type: none"> • Observar funções gráficas simultâneas, com <i>osciloscópio bargraph</i>, e desenhar/representar graficamente em folha milimetrada.
4º	Síncrona ou assíncrona	Alternativa assíncrona: 3ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - representação de funções gráficas da tensão e corrente no resistor (R).	Para professor: <ul style="list-style-type: none"> • Expor o aluno ao novo conhecimento e verificar a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio aparece nos gráficos do aluno.
		Alternativa assíncrona: 3ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> usando formulário do Google, com vídeo do <i>osciloscópio bargraph</i> para representação de funções gráficas da tensão e corrente no resistor (R).	Para alunos: <ul style="list-style-type: none"> • Observar funções gráficas do comportamento da tensão e corrente em um resistor (R), com <i>osciloscópio bargraph</i>, e desenhar/representar em folha milimetrada.
5º	Síncrona ou assíncrona	Alternativa assíncrona: 4ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - representação de funções gráficas da tensão e corrente no indutor (L).	Para professor: <ul style="list-style-type: none"> • Expor o aluno ao novo conhecimento, sobre indutor (L) em CA, e verificar a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio aparece nos gráficos do aluno.
		Alternativa assíncrona: 4ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> usando formulário do Google, com vídeo do <i>osciloscópio bargraph</i> para representação de funções gráficas da tensão e corrente no indutor (L).	Para alunos: <ul style="list-style-type: none"> • Observar funções gráficas do comportamento da tensão e corrente em um indutor (L), com <i>osciloscópio bargraph</i>, e desenhar/representar em folha milimetrada.
6º	Síncrona ou assíncrona	Alternativa assíncrona: 5ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> - representação de funções gráficas da tensão e corrente no capacitor (C).	Para professor: <ul style="list-style-type: none"> • Expor o aluno ao novo conhecimento, sobre capacitor (C) em CA, e verificar a interação entre o novo

		<p>Alternativa assíncrona: 5ª atividade com <i>osciloscópio bargraph</i> usando formulário do Google, com vídeo do <i>osciloscópio bargraph</i> para representação de funções gráficas da tensão e corrente no capacitor (C).</p>	<p>conhecimento e o conhecimento prévio aparece nos gráficos do aluno.</p> <p>Para alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observar funções gráficas do comportamento da tensão e corrente em um capacitor (C), com <i>osciloscópio bargraph</i>, e desenhar/representar em folha milimetrada.
7º	Síncrona ou assíncrona	<p>Conclusão e avaliação: ao término de cada atividade, ou entre cada atividade, o formulário do Google permite a observação dos resultados e a avaliação individual de cada aluno. Assim, a avaliação do resultado ocorre após cada atividade.</p> <p>Utilizar os recursos do aplicativo <i>Alternating Current with RLC</i> como ferramenta para visualizar as inter-relações de correntes e tensões elétricas nos circuitos CA.</p>	<p>Para professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar os resultados individuais e apresentar os resultados/desenhos coletivamente para discussão após cada atividade. • Apresentar o aplicativo <i>Alternating Current with RLC</i>. <p>Para alunos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • discussão e correção/identificação do desenho gráfico correspondente e confirmação por meio de visualização da imagem gráfica do sinal gerado pelo gerador de funções no <i>osciloscópio</i> após cada atividade. • Interação com o aplicativo <i>Alternating Current with RLC</i>.

Fonte: Autor.

De modo que a primeira etapa está relacionada com as metodologias de ensino que consideram os conhecimentos que o aluno traz consigo, conhecimentos prévios, subsunçores e suas vivências do dia a dia. Essa primeira etapa se propõe, mesmo que o professor conheça o rendimento de seus alunos, a identificar o que cada aluno, ou a turma no geral, compreende sobre tensão e corrente elétrica, resistores, indutores e capacitores para poder melhor conduzir o progresso da atividade de análise desses componentes em circuitos de corrente alternada.

Inicialmente cita-se a Plataforma Educar ou *G Suíte for Education* das escolas públicas que faz parte dos serviços do Google (*Google Workspace*), que teve sua utilização maximizada com às medidas adotadas frente à pandemia Covid-19, em função das salas de aulas EaD. Esse recurso, além de ser de acesso gratuito para professores e alunos, não necessita de instalação de programa, podendo ser acessado via navegador, sendo assim, está disponível para computadores, *tablets* e *smartphones*, sem ocupar espaço de memória no dispositivo.

O pacote de recurso inclui o Google *Forms*, conforme Figura G.3.1, que possibilita a elaboração de formulários para um grande grupo de estudantes. Os

dados são coletados e salvos na nuvem, e a ferramenta ainda possibilita a análise das respostas com uma visualização bastante amigável.

Figura G.3.1 – Google Forms.

The image shows a Google Forms editor interface. At the top, there are two tabs: 'Perguntas' (Questions) and 'Respostas' (Responses). The main area displays a form titled 'Formulário sem título' (Untitled form) with a subtitle 'Descrição do formulário' (Form description). Below this, a question is being edited: 'Pergunta sem título' (Untitled question). The question type is set to 'Múltipla escolha' (Multiple choice). The question text is 'Opção 1' (Option 1), and there is a prompt to 'Adicionar opção ou adicionar "Outro"' (Add option or add "Other"). The form is set to be 'Obrigatória' (Required). On the right side, there is a vertical toolbar with icons for adding, deleting, and editing questions, as well as a list of question types.

Fonte: Autor.

Seguindo o cronograma apresentado anteriormente na Tabela G.3.1, a seguir é apresentado um maior detalhamento de como se desenvolveram as atividades planejadas em forma de uma sequência didática.

G.3.1 Primeira atividade – apresentação.

Moreira (2006) comenta da importância do conhecimento prévio, pois, os modelos mentais são construídos a partir de conhecimentos que o indivíduo já tem em sua estrutura cognitiva e daquilo que ele percebe do novo conhecimento. Desse modo, a primeira etapa compreende muito mais que apresentar, de modo geral, a atividade aos estudantes. Essa etapa consiste em investigar, com base na importância da influência, aquilo que o aluno já sabe, de modo que o professor possa intervir ou simplesmente prosseguir com a atividade.

A primeira etapa introdutória e investigativa de conhecimentos prévios sobre o tema, circuitos RLC alimentados por CA (Corrente Alternada), da atividade trata-se de um questionário com múltiplas escolhas, conforme as Figura G.3.1.1 e Figura G.3.1.2.

Figura G.3.1.1 – Questões sobre resistores, capacitores e indutores.

1. A indutância está associada ao

- (A) Resistor
- (B) Capacitor
- (C) Indutor
- (D) Nenhuma resposta certa

2. A resistência elétrica está associada ao

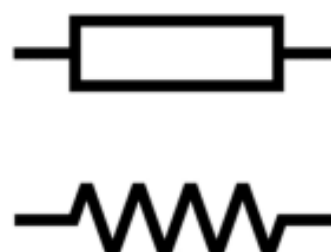
- (A) Resistor
- (B) Indutor
- (C) Capacitor
- (D) nenhuma resposta certa

3. A capacitância está associada ao

- (A) Resistor
- (B) Indutor
- (C) Capacitor
- (D) Nenhuma resposta certa

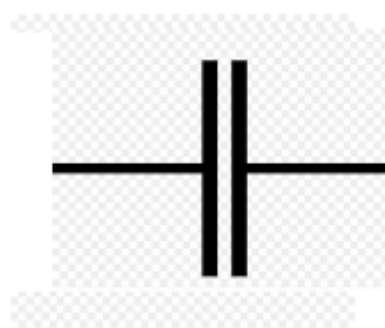
4. O símbolo da imagem representa:

- (A) Um indutor.
- (B) Um capacitor.
- (C) Um resistor.
- (D) Nenhuma resposta certa.



5. O símbolo da imagem representa:

- (A) Um indutor.
- (B) Um capacitor.
- (C) Um resistor.
- (D) Nenhuma resposta certa.



Fonte: Autor.

Figura G.3.1.2 – Questões sobre resistores, capacitores e indutores.

6. O símbolo da imagem representa:

- (A) Um resistor.
- (B) Um indutor.
- (C) um capacitor.
- (D) nenhuma resposta certa.



7. O componente eletrônico da imagem é um:

- (A) Capacitor.
- (B) Indutor.
- (C) Resistor.
- (D) Nenhuma resposta certa.



8. O componente eletrônico da imagem é um:

- (A) Resistor.
- (B) Capacitor.
- (C) Indutor.
- (D) Nenhuma resposta certa.



9. O componente eletrônico da imagem é um:

- (A) Indutor.
- (B) Resistor.
- (C) Capacitor.
- (D) Nenhuma resposta certa.



Fonte: Autor.

Assim, a atividade é conduzida para uma sequência de atividades assíncronas, no *Google Classroom*, usando um *Google Forms*, nomeado como “Formas gráficas 1”. Essa etapa também consiste em verificar os conhecimentos prévios dos estudantes voltadas para a elaboração e interpretação de gráficos direcionados para a eletricidade. Os detalhes de implementação e questões abordadas encontra-se na próxima seção.

G.3.2 Segunda atividade - verificação de conhecimentos prévios e "expositório".

A segunda atividade, que consiste em desenho de gráficos visualizados pelos alunos no *Osciloscópio Bargraph*, também tem como objetivo tornar o instrumento familiar para os alunos. Segundo Moreira (2006), no caso de material relativamente não familiar, um organizador "expositório" é usado para prover subsunçores relevantes aproximados.

Na sequência, o *Osciloscópio Bargraph* é utilizado para auxiliar os estudantes na compreensão e interpretação de gráficos com variação temporal e também para tornar o instrumento mais familiar aos alunos. Esse formulário foi dividido em duas partes, em que cada uma apresenta quatro exercícios, onde o aluno deve observar o comportamento das barras gráficas e representá-lo graficamente. Essa divisão foi idealizada apenas para minimizar possíveis falhas no momento de anexar imagem dos gráficos dos alunos no formulário. O formulário dividido compreende um teste diagnóstico de concepções prévias dos alunos acerca do desenho e construção de gráficos.

Assim, a atividade é conduzida para uma sequência assíncrona, no *Google Classroom*, usando um *Google Forms*, nomeado como “Formas gráficas 1”, Os quatro exercícios contêm instruções sobre a atividades e vídeos numerados de 1 a 4 e os respectivos vídeos são descritos, juntamente com o link de acesso, na Seção G.2.2.3, Figura G.2.2.3.1 até Figura G.2.2.3.4. Essa etapa também consiste em verificar os conhecimentos prévios dos estudantes voltadas para a elaboração e interpretação de gráficos direcionada para eletricidade.

Figura G.3.2.1 – Formas gráficas 1.

Formas gráficas 1.

*Obrigatório

1. E-mail *

Os gráficos são uma tentativa de se expressar visualmente dados ou valores numéricos, de maneiras diferentes, de modo a facilitar sua compreensão. Um exemplo é o gráfico de uma onda sonora. Experimente o link para modificar o tom (frequência) e volume (amplitude) do som: https://javalab.org/en/sound_wave_en/



Desenhando
gráficos

Essa atividade consiste em observar uma oscilação, no vídeo, para desenhar um gráfico no plano cartesiano.

2. A) 1º) Observe a oscilação na barra gráfica do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte o gráfico correspondente a oscilação observada. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo" *

Arquivos enviados:

Fonte: Autor.

Figura G.3.2.2 – Formas gráficas 1.

Gráfico 1



MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

OSCILOSCÓPIO BARGRAPH

UFRGS LITORAL UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

CSF COMUNIDADE DE ESTUDOS DE FÍSICA

Represente graficamente a oscilação observada.

<http://youtube.com/watch?v=oFX-WDmScDk>

3. B) 1º) Observe a oscilação na barra gráfica do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte o gráfico correspondente a oscilação observada. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo" *

Arquivos enviados:

Gráfico 2



MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

OSCILOSCÓPIO BARGRAPH

UFRGS LITORAL UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

CSF COMUNIDADE DE ESTUDOS DE FÍSICA

Represente graficamente a oscilação observada.

<http://youtube.com/watch?v=6V18UG7dmMA>

4. C) 1º) Observe a oscilação na barra gráfica do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte o gráfico correspondente a oscilação observada. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo" *

Arquivos enviados:

Fonte: Autor.

Figura G.3.2.3 – Formas gráficas 1.

Gráfico 3



<http://youtube.com/watch?v=yzX8SO8cuSU>

5. D) 1º) Observe a oscilação na barra gráfica do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte o gráfico correspondente a oscilação observada. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo" *

Arquivos enviados:

Gráfico 4



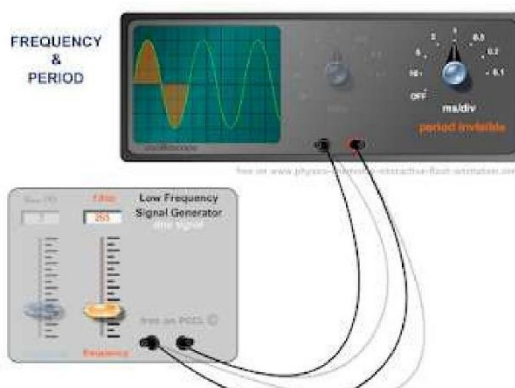
<http://youtube.com/watch?v=heBjkMfj3Z4>

Fonte: Autor.

A continuação da segunda atividade, também assíncronas usando o *Google Forms*, nomeado como “Formas gráficas 2”, ver Figura G.3.2.4 até Figura G.3.2.7. Nessa tarefa, o aluno deve observar o comportamento das barras gráficas e representá-lo graficamente no plano cartesiano. O formulário compreende também em um teste diagnóstico de concepções prévias dos estudantes acerca do desenho e construção de gráficos. Os quatro exercícios contêm instruções sobre a atividades e vídeos numerados de 5 a 8 e os respectivos vídeos são descritos, juntamente com o *link* de acesso, na Seção G.2.2.3.

Figura G.3.2.5 – Formas gráficas 2.

Use esse link para observar a variação da frequência. http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/oscilloscope_description_tutorial_frequency_period_sine_voltage_AC.htm



Desenhando gráficos

Essa atividade consiste em observar uma oscilação, no vídeo, para desenhar um gráfico no plano cartesiano.

2. A) 1º) Observe a oscilação na barra gráfica do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte o gráfico correspondente a oscilação observada. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo" *

Arquivos enviados:

Gráfico 5

<http://youtube.com/watch?v=EiwG6p3Ye1U>

Fonte: Autor.

Figura G.3.2.6 – Formas gráficas 2.

3. B) 1º) Observe a oscilação na barra gráfica do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte o gráfico correspondente a oscilação observada. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo" *

Arquivos enviados:

Gráfico 6



4. C) 1º) Observe a oscilação na barra gráfica do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte o gráfico correspondente a oscilação observada. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo" *

Arquivos enviados:

Gráfico 7



Fonte: Autor.

Figura G.3.2.7 – Formas gráficas 2.

5. D) 1º) Observe a oscilação na barra gráfica do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte o gráfico correspondente a oscilação observada. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo" *

Arquivos enviados:

Gráfico 8



Fonte: Autor.

A partir das respostas gráficas dos alunos, a atividade foi direcionada à discussão e à correção. Esse processo pode ocorrer na forma de visualização do sinal gerado pelo gerador de funções juntamente com as medidas do *Osciloscópio Bargraph*, além da imagem gráfica do osciloscópio.

G.3.3 Terceira atividade - "expositório" para prover subsunçores.

Na sequência, a terceira atividade é proposta aos alunos e consiste na análise do comportamento de duas oscilações simultaneamente, com o uso de dois *Osciloscópio Bargraph*. A terceira tarefa, também é assíncrona usando um *Google Forms*, nomeada como "Formas gráficas 3", é apresentada nas Figura G.3.3.1 e Figura G.3.3.2. A atividade contém uma breve explicação sobre Corrente Alternada (CA) e instruções para a resolução, na Secção G.2.2.3 está disponível o *link* de acesso ao vídeo.

Figura G.3.3.1 – Formas gráficas 3.

Formas gráficas 3.

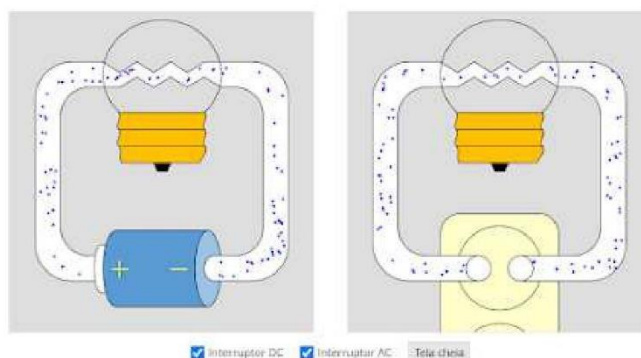
Corrente alternada, AC

*Obrigatório

1. E-mail *

Corrente alternada, AC. Na corrente alternada (AC), os elétrons apenas oscilam. Isso ocorre porque a tensão do circuito muda periodicamente. Como a fonte de alimentação doméstica é CA, não há indicação de polaridade na tomada. A frequência de alimentação CA do Brasil é 60Hz. Em outras palavras, o processo de retorno ao estado original alterando a voltagem é repetido 60 vezes por segundo. Os produtos eletrônicos que usam alimentação CA não precisam de uma marca de polaridade, portanto, você não precisa se preocupar com a polaridade (+) ou (-) ao conectá-los. Use esse link para observar uma ilustração desse comportamento.

https://javalab.org/en/dc_and_ac_en/



A tensão alternada CA: No vídeo abaixo, temos uma retomada sobre frequência, período e tensão ou corrente alternada. Logo abaixo do vídeo, experimente a simulação disponível pelo link, que deve rodar no seu navegador.



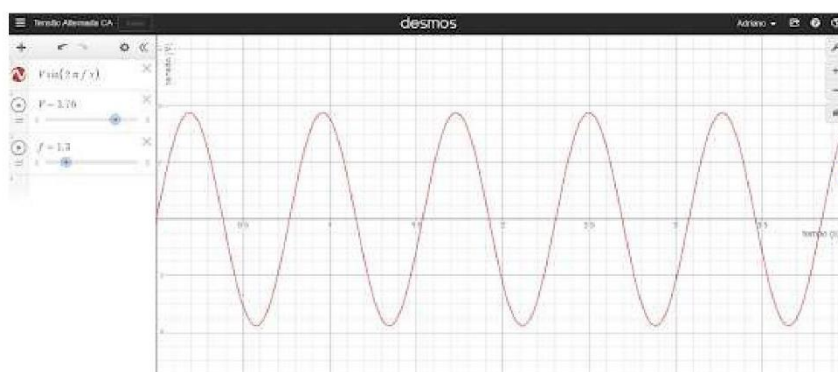
v=RSc3IXOkdRk

<http://youtube.com/watch?>

Fonte: Autor.

Figura G.3.3.2 – Formas gráficas 3.

Use esse link para observar o comportamento do gráfico com variação da amplitude (V) e da frequência (f). <https://www.desmos.com/calculator/pqna9r63sn?lang=pt-BR>



Desenhando
gráficos

Essa atividade consiste em observar uma oscilação, no vídeo, para desenhar 2 gráficos no plano cartesiano.

2. 1º) Observe a oscilação de duas tensões alternadas (CA) nas barras gráficas do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte um gráfico correspondente com as 2 oscilações observadas. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo" *

Arquivos enviados:

Gráfico 9



[v=q8loNGyz2Qk](https://www.youtube.com/watch?v=q8loNGyz2Qk)

<http://youtube.com/watch?>

Fonte: Autor.

A partir das respostas gráficas dos alunos, a atividade foi direcionada à discussão e à correção. Esse processo pode ocorrer na forma de visualização do sinal gerado pelo gerador de funções juntamente com as medidas do *Osciloscópio Bargraph*, além da imagem gráfica do osciloscópio.

G.3.4 Quarta atividade - tensão e corrente no resistor (R).

Considerando que existia alguma estrutura cognitiva, a qual, pudessem ser ancorados conceitos de fase, ou defasagem entre funções, foi proposta a quarta atividade. Essa atividade foi proposta como investigação do comportamento da tensão e da corrente, usando a ideia das duas oscilações, ou dois *Osciloscópios Bargraph*, em que, um identificaria a oscilação da tensão e o outro da corrente em um resistor (R).

Foi aplicada usando formulário do Google, com vídeo do *Osciloscópio Bargraph*, para representação de funções gráficas da tensão e corrente no resistor (R). Os detalhes de implementação e questões abordadas encontra-se nas próximas seção G.3.6.

G.3.5 Quinta atividade - tensão e corrente no indutor (L).

Essa atividade foi proposta como investigação do comportamento da tensão e da corrente, usando a ideia das duas oscilações, ou dois *Osciloscópios Bargraph*, em que, um identificaria a oscilação da tensão e o outro da corrente em um indutor (L). A atividade contém uma exemplificação do circuito com Corrente Alternada (CA) e instruções para a resolução. Os detalhes de implementação e questões abordadas encontra-se nas próximas seção G.3.6.

G.3.6 Sexta atividade - tensão e corrente no capacitor (C).

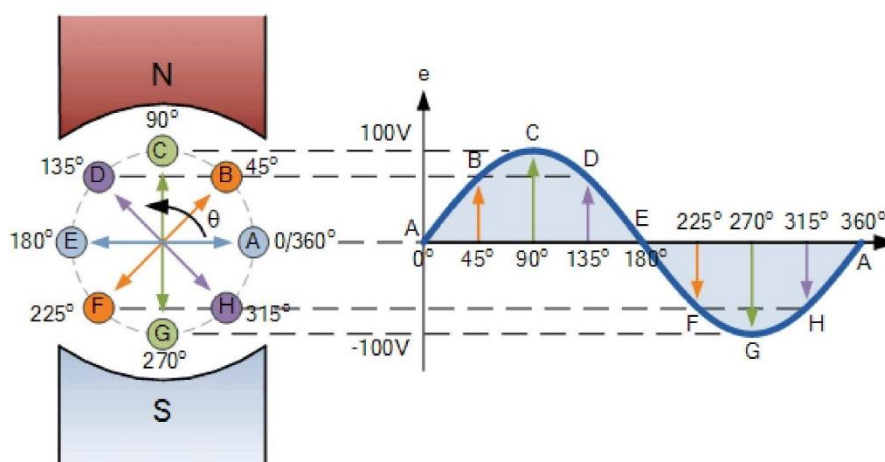
A quarta, quinta e sexta atividades são propostas como investigação do comportamento da tensão e corrente no resistor (R), no indutor (L) e no capacitor (C), seguindo a mesma sistemática, usando um Google *Forms*, com vídeos do *Osciloscópio Bargraph* para representação de funções gráficas da tensão e corrente. Conforme as Figura G.3.6.1 até Figura G.3.6.4, essa atividade também apresenta uma breve contextualização e instruções de como desenhar os gráficos a partir dos vídeos, os quais são mencionados na Secção G.2.2.3, com seus respectivos *links* de acesso.

Figura G.3.6.1 – Análise da tensão e corrente em CA.

*Obrigatório

1. E-mail *

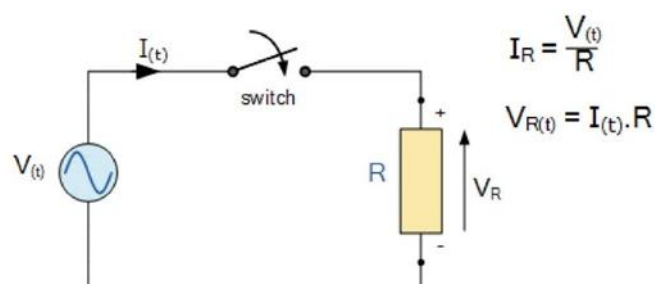
Uma das formas de onda usada em Engenharia Elétrica e Eletrônica é a forma de onda senoidal. Uma forma de onda alternada AC com base na função trigonométrica seno ou cosseno.



Tensão e corrente AC no resistor R

Observando o comportamento da tensão e corrente alternada em um resistor R.

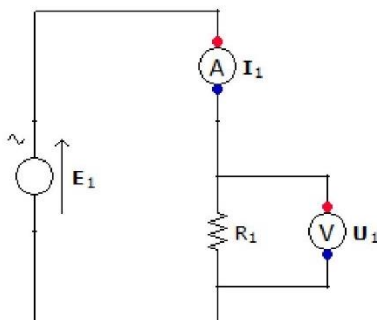
Análise do comportamento da tensão e da corrente alternada que flui através do resistor R.



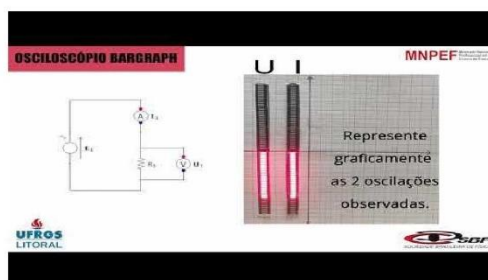
Fonte: Autor.

Figura G.3.6.2 – Inter-relação tensão e corrente no Google Forms.

2. No vídeo abaixo um voltímetro e um amperímetro de barras gráficas esta medindo a tensão e corrente respectivamente em um resistor R . 1º) Observe a oscilação da tensão e da corrente alternada (CA) nas barras gráficas do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte um gráfico correspondente com as 2 oscilações observadas. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo". *



Circuito resistivo com tensão CA



<http://youtube.com/watch?v=WlfacHiL77c>

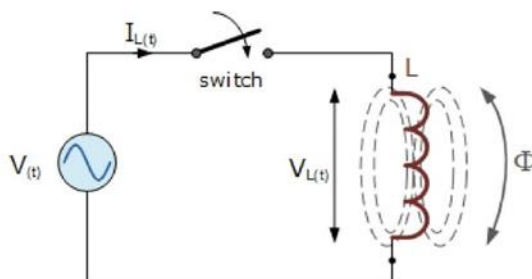
Tensão e corrente AC no indutor L

Observando o comportamento da tensão e corrente alternada em um indutor L.

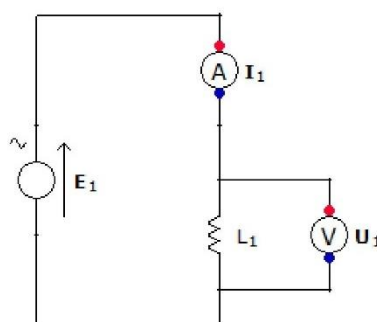
Fonte: Autor.

Figura G.3.6.3 – Inter-relação tensão e corrente no Google Forms.

Análise do comportamento da tensão e da corrente alternada que flui através do indutor L.

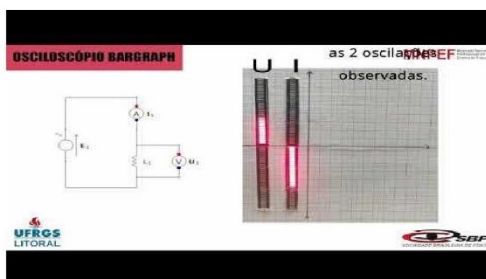


3. No vídeo abaixo um voltímetro e um amperímetro de barras gráficas esta medindo a tensão e corrente respectivamente em um indutor L. 1º) Observe a oscilação da tensão e da corrente alternada (CA) nas barras gráficas do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte um gráfico correspondente com as 2 oscilações observadas. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo". *



Arquivos enviados:

Circuito indutivo com tensão CA



<http://youtube.com/watch?v=VuCa1az0B4g>

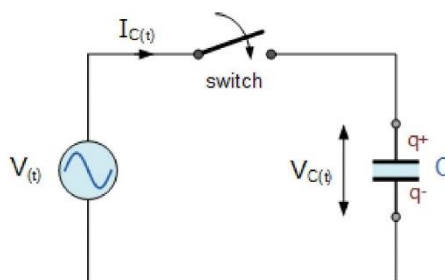
Tensão e corrente AC no capacitor C

Observando o comportamento da tensão e corrente alternada em um capacitor C.

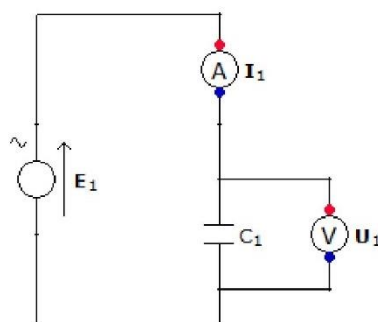
Fonte: Autor.

Figura G.3.6.4 – Inter-relação tensão e corrente no Google Forms.

Análise do comportamento da tensão e da corrente alternada que flui através do capacitor C.



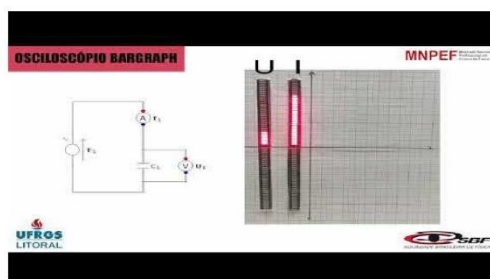
4. No vídeo abaixo um voltímetro e um amperímetro de barras gráficas esta medindo a tensão e corrente respectivamente em um capacitor C. 1º) Observe a oscilação da tensão e da corrente alternada (CA) nas barras gráficas do vídeo abaixo. 2º) Em uma folha (quadriculada) monte um gráfico correspondente com as 2 oscilações observadas. 3º) Com o telefone fotografe o seu gráfico e adicione a foto do gráfico no local "adicionar arquivo" . *



Fonte: Autor.

Figura G.3.6.5 – Inter-relação tensão e corrente no Google Forms.

Circuito capacitivo com tensão CA



[v=WIND6XxL_qs](https://www.youtube.com/watch?v=WIND6XxL_qs)

<http://youtube.com/watch?>

Fonte: Autor.

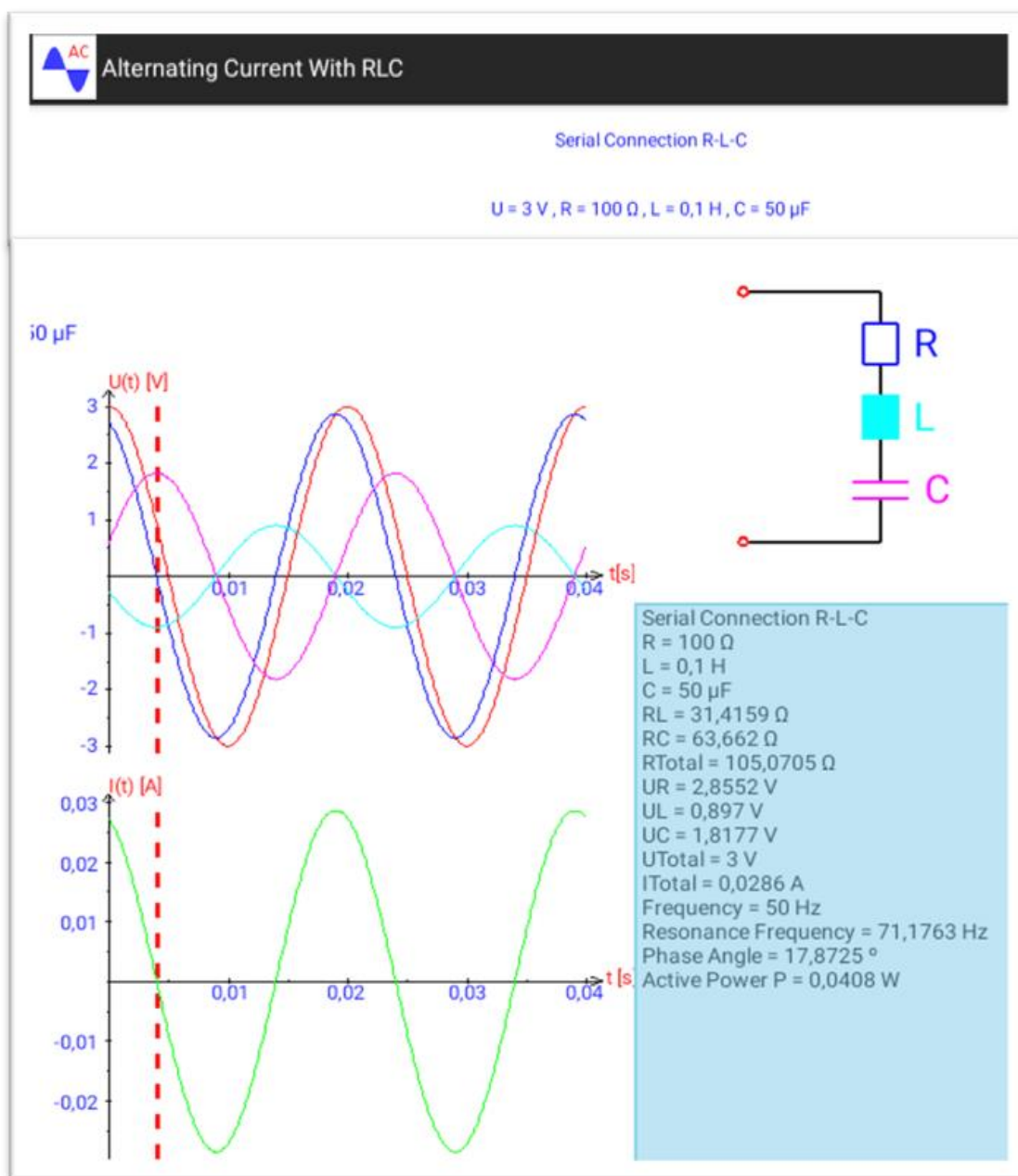
A partir das respostas gráficas dos alunos, a atividade foi direcionada à discussão e à correção, conforme a seção seguinte.

G.3.7 Sétima atividade – discussão e conclusão.

Essas respostas gráficas dos alunos da sexta atividade são direcionadas à discussão e à correção, por meio de visualização do sinal gerado pelo gerador de funções, juntamente com a oscilações no *Osciloscópio Bargraph*, além da imagem gráfica do osciloscópio.

Uma nova ferramenta, o aplicativo *Alternating Current with RLC*, conforme Figura G.3.7.1, é apresentada aos alunos para visualizar as inter-relações entre correntes e tensões elétricas em circuitos usando resistores, capacitores e indutores alimentados por CA. De modo a fazer uma segunda análise dos resultados observados pelo *Osciloscópio Bargraph* nas atividades anteriores.

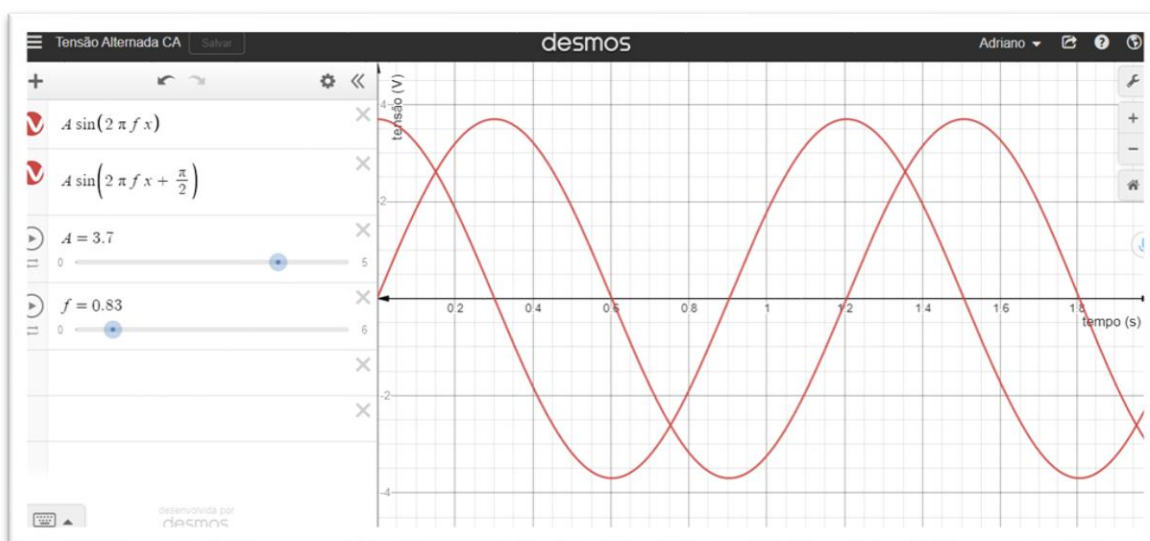
Todas as respostas gráficas dos alunos, em especial as da quarta, quinta e sexta atividades, podem ser direcionadas à discussão e à correção por meio de visualização do sinal gerado pelo gerador das funções, juntamente com o as medidas do *Osciloscópio Bargraph*, além da imagem gráfica do osciloscópio. Conduto, a ferramenta para o fechamento dessa etapa é o aplicativo *Alternating Current with RLC*, que permite visualizar as inter-relações entre correntes e tensões em circuitos com resistores, capacitores e indutores alimentados por CA. De modo a permitir o aluno fazer a sua análise dos resultados observados pelo *Osciloscópio Bargraph* nas atividades anteriores.

Figura G.3.7.1 – Aplicativo *Alternating Current with RLC*.

Fonte: Autor.

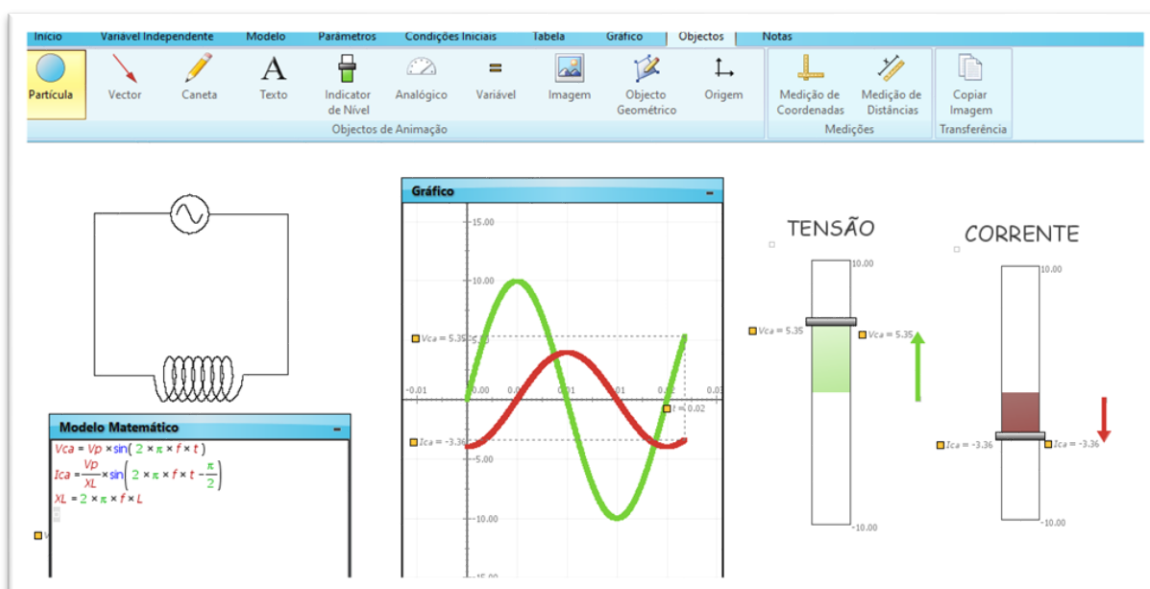
Como perspectiva de continuidade ou mais exploração do tema, as equações de tensão e corrente em cada componente também podem ser representadas graficamente no recurso da Calculadora Gráfica Desmos, além das simulações montadas no *Software* Modellus, respectivamente na Figura 2.23, Figura 2.24 e Figura G.3.7.4.

Figura G.3.7.2 – Inter-relação tensão e corrente no *Desmos*.



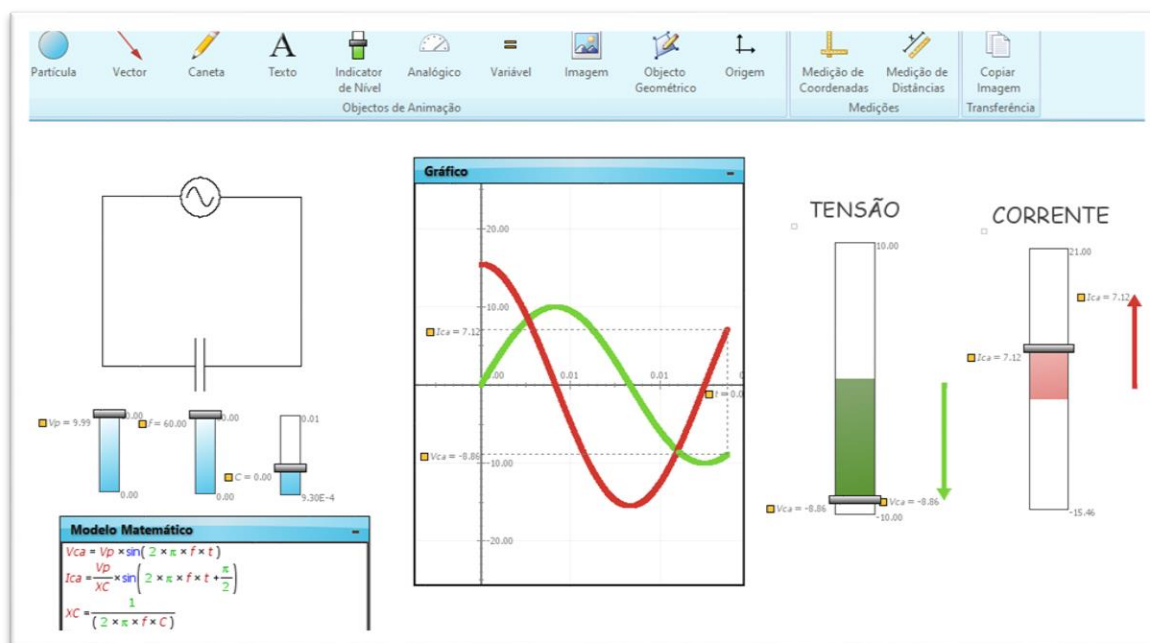
Fonte: Autor.

Figura G.3.7.3 – Modelagem computacional no *Modellus*.



Fonte: Autor.

Figura G.3.7.4 – Modelagem computacional no *Modellus* interativa.



Fonte: Autor.

A modelagem da Figura 2.24, Figura G.3.7.4 e outras equivalentes estão disponíveis em: <https://drive.google.com/drive/folders/1jFXUDFxOMBxWAwNEJVt3KXsfr9wUA6L?usp=sharing>.