

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

Luís Paulo Basgalupe Moreira

**ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS: UTILIZANDO SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL PARA PREPARAR O USO DE CIRCUITOS REAIS**

Porto Alegre, 2014

Luís Paulo Basgalupe Moreira

**ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS: UTILIZANDO SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL PARA PREPARAR O USO DE CIRCUITOS REAIS**

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Prof. Dr. Marco Antonio Moreira e Coorientação da Profa. Dra. Flávia Maria Teixeira dos Santos, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre, 2014

A tarefa essencial do professor é despertar a alegria de trabalhar e de conhecer. (Albert Einstein)

Dedico este trabalho a meus pais, que nunca pouparam esforços para que eu vivesse uma educação de qualidade.

RESUMO

Aulas experimentais são indispensáveis para o adequado aprendizado de conteúdos de Física. Nos últimos anos, surgiram diversos *softwares* de simulação de experimentos de Física. A partir da utilização de *softwares*, busca-se verificar se o aluno consegue visualizar em atividades virtuais as situações que são reais. A proposta é trabalhar com atividades que possibilitem mostrar que é possível aprender circuitos elétricos utilizando *softwares* de simulação. Todas as atividades desenvolvidas são parte do produto didático e estão organizadas em um CD-ROM. Como referencial teórico, adota-se a Teoria dos Campos Conceituais, de Gerard Vergnaud. Para esse autor, o sujeito se apropria do conhecimento, que pode ser pensado e organizado em campos conceituais, ao longo de muito tempo, por meio de experiência, maturidade e aprendizagem. O projeto foi aplicado a alunos da disciplina de Física e Eletricidade, no Curso de Sistemas de Internet, do Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Pelotas, RS. Foram escolhidos os *softwares* Modellus e PhET (Physics Education Technology), os dois considerados *softwares* gratuitos. Em um primeiro momento, foram trabalhados circuitos elétricos a partir desses *softwares*. Na sequência, as atividades foram repetidas em um painel construído especialmente para esse fim com o objetivo de analisar o desempenho dos alunos em circuitos reais. A partir dos dados colhidos durante o trabalho, foi possível obter evidências de que houve uma aprendizagem significativa sugerindo que, de fato, as situações (VERGNAUD, 1990) é que dão sentido aos conceitos.

PALAVRAS-CHAVE: circuitos elétricos, simulação, laboratório.

ABSTRACT

Experimental classes are essential for the proper learning of physics content. In recent years emerged various software simulation experiments in physics. From the use of software try to verify if the student can view activities in virtual situations that are real. The proposal is to work with activities that enable show that it is possible to learn electric circuits using simulation software. All activities are part of the educational product and are organized on a CD-ROM. The theoretical approach we have adopted the Conceptual Fields Theory Gerard Vergnaud. For this author, the subject appropriates the knowledge, which can be thought of as organized in semantic fields over a long time, through experience, maturity and learning. The design was applied to students of Physics and Electronics, Travel in Internet Systems South of Rio Grande Federal Institute campus Pelotas, Brazil. Modellus the software and PhET (Physics Education Technology) were chosen, both considered free software. At first electrical circuits from these softwares were worked. Following the activities were repeated in a panel specially built for this purpose in order to analyze the performance of students in real circuits. From the data collected during the study it was possible to obtain evidence that there was a significant learning suggesting that, in fact, situations (VERGNAUD, 1990) is to give meaning to the concepts.

KEYWORDS: electrical circuits, simulation, laboratory.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TRABALHOS ENCONTRADOS NA LITERATURA EM 2004.....	26
TABELA 2 – TRABALHOS ENCONTRADOS NA LITERATURA EM 2005.....	27
TABELA 3 – TRABALHOS ENCONTRADOS NA LITERATURA EM 2006.....	27
TABELA 4 – TRABALHOS ENCONTRADOS NA LITERATURA EM 2007.....	28
TABELA 5 – TRABALHOS ENCONTRADOS NA LITERATURA EM 2008.....	28
TABELA 6 – TRABALHOS ENCONTRADOS NA LITERATURA EM 2009.....	29
TABELA 7 – TRABALHOS ENCONTRADOS NA LITERATURA EM 2010.....	30
TABELA 8 – DISTRIBUIÇÃO DOS TRABALHOS.....	40
TABELA 9 – PRÉ-TESTE 2010/1	64
TABELA 10 – PÓS-TESTE 2010/1	65
TABELA 11 – NÍVEL DE DIFICULDADE DA ATIVIDADE MANUAL.....	66
TABELA 12 – NÍVEL DE DIFICULDADE DA ATIVIDADE NO COMPUTADOR	66
TABELA 13 – A PRIMEIRA ATIVIDADE AJUDOU NA SEGUNDA.....	67
TABELA 14 – SE AS ATIVIDADES TIVESSEM SIDO REALIZADAS NA ORDEM INVERSA	67
TABELA 15 – AS ATIVIDADES AJUDARAM NO APRENDIZADO DOS CONTEÚDOS CIRCUITO SÉRIE E CIRCUITO PARALELO	68
TABELA 16 – CONSEGUE REPETIR OS EXPERIMENTOS EM UM PAINEL REAL	68
TABELA 17 – SE ACHA EM CONDIÇÕES DE RESOLVER QUALQUER PROBLEMA DE CIRCUITO SÉRIE E CIRCUITO PARALELO	68
TABELA 18 – CONTEÚDO EM QUE TEVE MAIOR FACILIDADE.....	69
TABELA 19 – OS CONTEÚDOS SE RELACIONAM	69

TABELA 20 – A APRENDIZAGEM OCORRERIA DA MESMA FORMA SE NÃO HOUVESSE AS SIMULAÇÕES	70
TABELA 21 – SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS UTILIZANDO A SIMULAÇÃO	70
TABELA 22 – SOBRE O ESTUDO DOS CONTEÚDOS FORA DA SALA DE AULA	71
TABELA 23 – A SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS UTILIZANDO O PHET COMPARADO COM O MODELLUS.....	71
TABELA 24 – A SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS NESTES TIPOS DE SOFTWARES OU PLATAFORMAS.....	72
TABELA 25 – A VISUALIZAÇÃO DO REAL A PARTIR DA SIMULAÇÃO	72
TABELA 26 – SOBRE AULAS UTILIZANDO SIMULAÇÕES	72
TABELA 27 – NAS ATIVIDADES UTILIZANDO O PHET	73
TABELA 28 – UTILIZAÇÃO DO PAINEL COMPARADO COM O USO DO PHET	73
TABELA 29 – ATIVIDADE REALIZADA EM PRIMEIRO LUGAR	74
TABELA 30 – A PRIMEIRA ATIVIDADE AJUDOU NA SEGUNDA.....	74
TABELA 31 – ATIVIDADE MAIS TRABALHOSA.....	74
TABELA 32 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PAINEL	75
TABELA 33 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET.....	75
TABELA 34 – SOBRE O CIRCUITO MISTO.....	75
TABELA 35 – SOBRE O CIRCUITO MISTO.....	76
TABELA 36 – SOBRE O CIRCUITO MISTO.....	76
TABELA 37 – SOBRE O CIRCUITO MISTO E O APRENDIZADO.....	77
TABELA 38 – SOBRE A APRENDIZAGEM UTILIZANDO O MODELLUS.....	78
TABELA 39 – SOBRE A APRENDIZAGEM UTILIZANDO O PHET	79
TABELA 40 – SOBRE A APRENDIZAGEM UTILIZANDO O PAINEL DE CIRCUITOS.....	80

TABELA 41 – SOBRE OS CIRCUITOS ELÉTRICOS. SE FOR CONTINUAR A TRABALHAR	80
TABELA 42 – PRÉ-TESTE 2010/2	82
TABELA 43 – PÓS-TESTE 2010/2	83
TABELA 44 – NÍVEL DE DIFICULDADE DA ATIVIDADE MANUAL.....	84
TABELA 45 – NÍVEL DE DIFICULDADE DA ATIVIDADE NO COMPUTADOR	84
TABELA 46 – A PRIMEIRA ATIVIDADE AJUDOU NA SEGUNDA.....	85
TABELA 47 – SE AS ATIVIDADES TIVESSEM SIDO REALIZADAS NA ORDEM INVERSA O DESEMPENHO SERIA MELHOR	85
TABELA 48 – AS ATIVIDADES AJUDARAM NO APRENDIZADO DOS CONTEÚDOS CIRCUITO SÉRIE E CIRCUITO PARALELO	85
TABELA 49 – PODEM REPETIR AS ATIVIDADES EM UM PAINEL REAL	86
TABELA 50 – NOVA VISÃO NO ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS	86
TABELA 51 – SE ACHA EM CONDIÇÕES DE RESOLVER QUALQUER PROBLEMA DE CIRCUITO SÉRIE E CIRCUITO PARALELO	86
TABELA 52 – CONTEÚDO EM QUE TEVE MAIOR FACILIDADE.....	87
TABELA 53 – OS DOIS CONTEÚDOS SE RELACIONAM DE ALGUMA MANEIRA.....	87
TABELA 54 – A APRENDIZAGEM OCORRERIA DA MESMA FORMA SE NÃO HOUVESSE AS SIMULAÇÕES	87
TABELA 55 – UTILIZAÇÃO DA SIMULAÇÃO PARA RESOLVER PROBLEMAS	88
TABELA 56 – SOBRE O ESTUDO DOS CONTEÚDOS FORA DA SALA DE AULA	88
TABELA 57 – A SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS UTILIZANDO O PHÉT COMPARADO COM O MODELLUS.....	89
TABELA 58 – A SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS NESSES TIPOS DE <i>SOFTWARES</i> OU PLATAFORMAS	89
TABELA 59 – VISUALIZAÇÃO DO REAL A PARTIR DA SIMULAÇÃO	90
TABELA 60 – SOBRE AULAS UTILIZANDO SIMULAÇÕES	90

TABELA 61 – NA ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET	91
TABELA 62 – NA ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET	91
TABELA 63 – NA ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET	91
TABELA 64 – CÁLCULO DE GRANDEZAS NOS EXERCÍCIOS	92
TABELA 65 – RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS.....	92
TABELA 66 – NAS ATIVIDADES REALIZADAS	92
TABELA 67 – SOBRE O CIRCUITO SÉRIE	93
TABELA 68 – SOBRE O CIRCUITO PARALELO.....	93
TABELA 69 – SOBRE O CIRCUITO SÉRIE E PARALELO EM PAINEL REAL.....	93
TABELA 70 – UTILIZAÇÃO DO PAINEL COMPARADA COM O USO DO PHET	94
TABELA 71 – ATIVIDADE REALIZADA EM PRIMEIRO LUGAR	94
TABELA 72 – A PRIMEIRA ATIVIDADE AJUDOU NA SEGUNDA.....	95
TABELA 73 – ATIVIDADE MAIS TRABALHOSA.....	95
TABELA 74 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PAINEL	95
TABELA 75 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET	96
TABELA 76 – SOBRE O CIRCUITO MISTO.....	96
TABELA 77 – SOBRE O CIRCUITO MISTO.....	96
TABELA 78 – SOBRE O CIRCUITO MISTO.....	97
TABELA 79 – SOBRE O CIRCUITO MISTO.....	97
TABELA 80 – SOBRE O APRENDIZADO NO CIRCUITO MISTO	98
TABELA 81 – SOBRE A APRENDIZAGEM UTILIZANDO O MODELLUS.....	99

TABELA 82 – SOBRE A APRENDIZAGEM UTILIZANDO O PHET	100
TABELA 83 – SOBRE A APRENDIZAGEM UTILIZANDO O PAINEL DE CIRCUITOS.....	101
TABELA 84 – SOBRE O CIRCUITOS ELÉTRICOS. SE FOR CONTINUAR A TRABALHAR.....	101
TABELA 85 – PRÉ-TESTE 2011/1	103
TABELA 86 – PÓS-TESTE 2011/1	104
TABELA 87 – PRIMEIRA ATIVIDADE REALIZADA.....	105
TABELA 88 – NÍVEL DE DIFICULDADE DA ATIVIDADE MANUAL.....	105
TABELA 89 – NÍVEL DE DIFICULDADE DA ATIVIDADE NO COMPUTADOR	105
TABELA 90 – A PRIMEIRA ATIVIDADE AJUDOU NA SEGUNDA.....	106
TABELA 91 – DESEMPENHO COM AS ATIVIDADES NA ORDEM INVERSA.....	106
TABELA 92 – APRENDIZADO DOS CONTEÚDOS CIRCUITO SÉRIE E CIRCUITO PARALELO	107
TABELA 93 – CONSEGUE REPETIR OS EXPERIMENTOS EM UM PAINEL REAL	107
TABELA 94 – SIMULAÇÕES EM COMPUTADOR AJUDARAM A TER UMA NOVA VISÃO	107
TABELA 95 – RESOLVER QUALQUER PROBLEMA DE CIRCUITO SÉRIE E CIRCUITO PARALELO	108
TABELA 96 – CONTEÚDO QUE TEVE MAIOR FACILIDADE	108
TABELA 97 – OS DOIS CONTEÚDOS SE RELACIONAM DE ALGUMA MANEIRA.....	109
TABELA 98 – A APRENDIZAGEM OCORRERIA DA MESMA FORMA SEM SIMULAÇÕES	109
TABELA 99 – SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS UTILIZANDO A SIMULAÇÃO	109
TABELA 100 – ESTUDO DOS CONTEÚDOS FORA DA SALA DE AULA	110
TABELA 101 – PHET COMPARADO COM O MODELLUS	110
TABELA 102 – A SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS NESSES TIPOS DE <i>SOFTWARES</i> OU PLATAFORMAS	111

TABELA 103 – VISUALIZAÇÃO DO REAL A PARTIR DA SIMULAÇÃO.....	111
TABELA 104 – SOBRE AULAS UTILIZANDO SIMULAÇÕES.....	111
TABELA 105 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET.....	112
TABELA 106 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET.....	112
TABELA 107 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET.....	112
TABELA 108 – ATIVIDADES EM QUE SE NECESSITA CALCULAR ALGUMA GRANDEZA.....	113
TABELA 109 – ATIVIDADES EM QUE SE NECESSITA RESOLVER ALGUM PROBLEMA.....	113
TABELA 110 – ATIVIDADES REALIZADAS.....	114
TABELA 111 – SOBRE O CIRCUITO SÉRIE.....	114
TABELA 112 – SOBRE O CIRCUITO PARALELO.....	114
TABELA 113 – SOBRE O CIRCUITO SÉRIE E PARALELO EM PAINEL REAL.....	115
TABELA 114 – UTILIZAÇÃO DO PAINEL COMPARADO COM O USO DO PHET.....	115
TABELA 115 – A PRIMEIRA ATIVIDADE AJUDOU A SEGUNDA.....	116
TABELA 116 – SOBRE A ATIVIDADE UTILIZANDO O PAINEL.....	116
TABELA 117 – SOBRE O CIRCUITO PARALELO.....	116
TABELA 118 – SOBRE O CIRCUITO PARALELO.....	117
TABELA 119 – SOBRE O CIRCUITO PARALELO.....	117
TABELA 120 – SOBRE O CIRCUITO MISTO.....	118
TABELA 121 – SOBRE A APRENDIZAGEM UTILIZANDO O PHET.....	119
TABELA 122 – SOBRE A APRENDIZAGEM UTILIZANDO O PAINEL DE CIRCUITOS.....	120
TABELA 123 – SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS. SE FOR CONTINUAR A TRABALHAR.....	120

TABELA 124 – PRÉ-TESTE 2011/2	122
TABELA 125 – PÓS-TESTE 2011/2.....	122
TABELA 126 – A PRIMEIRA ATIVIDADE REALIZADA.....	123
TABELA 127 – NÍVEL DE DIFICULDADE DA ATIVIDADE MANUAL.....	124
TABELA 128 – NÍVEL DE DIFICULDADE DA ATIVIDADE NO COMPUTADOR	124
TABELA 129 – A PRIMEIRA ATIVIDADE AJUDOU NA SEGUNDA	125
TABELA 130 – REALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES NA ORDEM INVERSA.....	125
TABELA 131 – APRENDIZADO DOS CONTEÚDOS CIRCUITO SÉRIE E CIRCUITO PARALELO.....	125
TABELA 132 – REPETIR OS EXPERIMENTOS EM UM PAINEL REAL.....	126
TABELA 133 – UMA NOVA VISÃO NO ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS	126
TABELA 134 – RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE CIRCUITO SÉRIE E CIRCUITO PARALELO	127
TABELA 135 – CONTEÚDO EM QUE TEVE MAIOR FACILIDADE	127
TABELA 136 – OS DOIS CONTEÚDOS SE RELACIONAM.....	127
TABELA 137 – APRENDIZAGEM OCORRERIA DA MESMA FORMA SE NÃO HOUVESSEM AS SIMULAÇÕES.....	128
TABELA 138 – SOBRE O ESTUDO FORA DA SALA DE AULA	128
TABELA 139 – SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS UTILIZANDO O PHET COMPARADA COM O USO DO MODELLUS	129
TABELA 140 – SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS NESSES TIPOS DE <i>SOFTWARES</i> OU PLATAFORMAS	130
TABELA 141 – A VISUALIZAÇÃO DO REAL A PARTIR DA SIMULAÇÃO.....	130
TABELA 142 – SOBRE AULAS UTILIZANDO SIMULAÇÕES	130
TABELA 143 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET	131
TABELA 144 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET	131

TABELA 145 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET	131
TABELA 146 – ATIVIDADES EM QUE É NECESSÁRIO CALCULAR ALGUMA GRANDEZA	132
TABELA 147 – ATIVIDADES EM QUE É NECESSÁRIO RESOLVER ALGUM PROBLEMA	132
TABELA 148 – VISUALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES.....	133
TABELA 149 – SOBRE O CIRCUITO SÉRIE	133
TABELA 150 – SOBRE O CIRCUITO PARALELO.....	133
TABELA 151 – SOBRE O CIRCUITO SÉRIE E PARALELO EM PAINEL REAL	134
TABELA 152 – UTILIZAÇÃO DO PAINEL COMPARADA COM O USO DO PHET	135
TABELA 153 – ATIVIDADE REALIZADA EM PRIMEIRO LUGAR.....	135
TABELA 154 – A PRIMEIRA ATIVIDADE AJUDOU NA SEGUNDA	135
TABELA 155 – ATIVIDADE MAIS TRABALHOSA	136
TABELA 156 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PAINEL	136
TABELA 157 – ATIVIDADE UTILIZANDO O PHET	136
TABELA 158 – SOBRE O CIRCUITO MISTO	137
TABELA 159 – SOBRE O CIRCUITO MISTO	137
TABELA 160 – SOBRE O CIRCUITO MISTO	137
TABELA 161 – SOBRE O CIRCUITO MISTO	138
TABELA 162 – SOBRE O APRENDIZADO NO CIRCUITO MISTO.....	138
TABELA 163 – APRENDIZAGEM UTILIZANDO O MODELLUS.....	139
TABELA 164 – A APRENDIZAGEM UTILIZANDO O PHET.....	139
TABELA 165 – APRENDIZAGEM UTILIZANDO O PAINEL DE CIRCUITOS.....	140

TABELA 166 – CONTINUIDADE DE TRABALHOS COM CIRCUITOS ELÉTRICOS	140
TABELA 167 – SOBRE A DISCIPLINA DE FÍSICA E ELETRICIDADE TRABALHADA DURANTE O SEMESTRE	141
TABELA 168 – DENTRE OS CONTEÚDOS TRABALHADOS.....	142
TABELA 169 – DENTRE OS MÉTODOS TRABALHADOS, O QUE PROPORCIONOU UM MELHOR ENTENDIMENTO DOS CONTEÚDOS.....	142
TABELA 170 – DENTRE OS MÉTODOS TRABALHADOS, O QUE FOI DE MAIS FÁCIL MANUSEIO	143
TABELA 171 – DENTRE AS FORMAS DE ESTUDAR CIRCUITOS ELÉTRICOS.....	143
TABELA 172 – SOBRE AS FORMAS DE ESTUDAR CIRCUITOS ELÉTRICOS.....	143
TABELA 173 – SOBRE A AVALIAÇÃO	144
TABELA 174 – SOBRE TER DOIS PROFESSORES, CONSIDEREI	144
TABELA 175 – SOBRE A DISCIPLINA FÍSICA E ELETRICIDADE ESTAR NO PROGRAMA DO CURSO	146
TABELA 176 – SOBRE OS CONTEÚDOS DESENVOLVIDOS NA DISCIPLINA	147
TABELA 177 – SOBRE O SISTEMA DE AVALIAÇÃO.....	147
TABELA 178 – RELAÇÃO DOS CONTEÚDOS DA DISCIPLINA COM OUTRAS DISCIPLINAS DO CURSO	148
TABELA 179 – SOBRE O MATERIAL DIDÁTICO UTILIZADO AO LONGO DO SEMESTRE.....	148
TABELA 180 – ENCADEAMENTO DOS ASSUNTOS AO LONGO DO CURSO	149
TABELA 181 – SE TIVESSE QUE SE CONCEDER UM CONCEITO	149
TABELA 182 – SE TIVESSE QUE JUSTIFICAR O CONCEITO DADO.....	150
TABELA 183 – SOBRE O INTERESSE PELA DISCIPLINA	150
TABELA 184 – INTERESSE DA TURMA PELA DISCIPLINA	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tela do Modellus com a simulação do circuito série	56
Figura 2 – Circuito montado por alunos no PhET.....	57
Figura 3 – Manuseio do PhET pelos alunos.....	58
Figura 4 – Circuito montado por alunos no painel	59
Figura 5 – Manuseio do painel pelos alunos	59

SUMÁRIO

Capítulo 1 INTRODUÇÃO	19
Capítulo 2 REVISÃO DA LITERATURA	22
2.1 Circuitos elétricos em geral, de 2004 a 2010	23
2.2 Trabalhos envolvendo simulações	30
2.3 Trabalhos envolvendo experimentos em práticas de laboratório	31
2.4 Trabalhos envolvendo experimentos em práticas de laboratório e simulação	31
2.5 Síntese da primeira busca.....	32
2.6 A segunda busca – Aspectos pesquisados de 1979 a 2010	32
2.6.1 Período de 1979 a 1989	33
2.6.2 Período de 1990 a 1999	33
2.6.3 Período de 2000 a 2009	35
2.6.4 Período de 2010	38
2.7 Concentração dos trabalhos.....	40
2.8 Síntese da segunda busca	41
2.9 Síntese das duas buscas	42
Capítulo 3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	43
Capítulo 4 METODOLOGIA	47
4.1 Descrição metodológica	47
4.2 Procedimentos da realização da experimentação didática.....	53
Capítulo 5 DESCRIÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO DIDÁTICA E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES OBTIDAS.....	55
5.1 Descrição da experimentação didática.....	55
5.2 Análise de informações obtidas.....	63
5.2.1 Primeiro semestre de 2010	63
5.2.1.1 Comparação da atividade manual com atividade realizada no PhET durante o primeiro semestre de 2010.....	65

5.2.1.2 Comparação da utilização das ferramentas de simulação Modellus e PhET após a realização das atividades no primeiro semestre de 2010	71
5.2.1.3 Comparação da utilização da ferramenta de simulação PhET com a utilização de painel de circuitos no primeiro semestre de 2010	73
5.2.2 Segundo semestre de 2010	81
5.2.2.1 Comparação da atividade manual com atividade realizada no PhET durante o segundo semestre de 2010	83
5.2.2.2 Comparação da utilização das ferramentas de simulação Modellus e PhET após a realização das atividades no segundo semestre de 2010	89
5.2.2.3 Comparação da utilização da ferramenta de simulação PhET com o painel de circuitos no segundo semestre de 2010	94
5.2.3 Primeiro semestre de 2011	102
5.2.3.1 Comparação da atividade manual com a atividade realizada no PhET durante o primeiro semestre de 2011	104
5.2.3.2 Comparação da utilização das ferramentas de simulação Modellus e PhET após a realização das atividades no primeiro semestre de 2011	110
5.2.3.3 Comparação da utilização da ferramenta de simulação PhET com o painel de circuitos no primeiro semestre de 2011	115
5.2.4 Segundo semestre de 2011	121
5.2.4.1 Comparação da atividade manual com a realizada no PhET durante o segundo semestre de 2011	123
5.2.4.2 Comparação da utilização das ferramentas de simulação Modellus e PhET após a realização das atividades no segundo semestre de 2011	129
5.2.4.3 Comparação da utilização da ferramenta de simulação PhET com o painel de circuitos no segundo semestre de 2011	134
5.3 Avaliação dos alunos sobre o desempenho da disciplina	141
5.3.1 Avaliação dos alunos sobre o desempenho da disciplina no primeiro semestre de 2011	141
5.3.2 Avaliação dos alunos sobre o desempenho da disciplina no segundo semestre de 2011	146
Capítulo 6 CONCLUSÃO	153

REFERÊNCIAS	156
ANEXOS	161
ANEXO A – TESTE DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS.....	162
APÊNDICES.....	167
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2010..	168
APÊNDICE B – MODELLUS – ATIVIDADE I – CIRCUITO SIMPLES	169
APÊNDICE C – MODELLUS – ATIVIDADE II – CIRCUITO SÉRIE	172
APÊNDICE D – PhET – ATIVIDADE III – CIRCUITO SÉRIE	175
APÊNDICE E – MODELLUS – ATIVIDADE IV – CIRCUITO PARALELO.....	177
APÊNDICE F – PhET ATIVIDADE V – CIRCUITO PARALELO.....	181
APÊNDICE G – PAINEL – ATIVIDADE VI – CIRCUITO PARALELO	183
APÊNDICE H – MODELLUS – ATIVIDADE VII – CIRCUITO MISTO.....	185
APÊNDICE I – MODELLUS – ATIVIDADE VIII – CIRCUITO MISTO.....	189
APÊNDICE J – PAINEL – ATIVIDADE IX – CIRCUITO MISTO.....	194
APÊNDICE K – PhET – ATIVIDADE X – CIRCUITO MISTO	197
APÊNDICE L – PhET – ATIVIDADE XI – CIRCUITO SÉRIE	200
APÊNDICE M – PhET – ATIVIDADE XII – CIRCUITO PARALELO.....	202
APÊNDICE N – PAINEL REAL – ATIVIDADE XIII – CIRCUITO MISTO.....	204
APÊNDICE O – ATIVIDADE MANUAL X ATIVIDADE REALIZADA NO PhET	205
APÊNDICE P – ATIVIDADE REALIZADA NO MODELLUS X ATIVIDADE REALIZADA NO PhET	209
APÊNDICE Q – PhET X PAINEL REAL.....	213
APÊNDICE R – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO FINAL DA DISCIPLINA.....	216
APÊNDICE S – PRODUTO DIDÁTICO.....	220

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Trabalhando há muitos anos como professor de Física e, em especial, com o conteúdo de Eletromagnetismo, foi possível perceber as dificuldades que os alunos encontram em entender e articular os conceitos envolvidos nesse conteúdo disciplinar. A confusão na percepção de diferenças principalmente entre tensão e corrente elétrica é muito grande. As concepções que os alunos carregam dificultam novos entendimentos e eles acabam “vendo o que pensam e não o que deve ser visto”. Pode-se dizer também que a linguagem do dia a dia não colabora para a aquisição de novos conceitos científicos.

Os professores, de modo geral, declaram que os estudantes expressam dificuldades na aprendizagem de fenômenos, leis e conceitos. Para minimizar essas dificuldades, é possível desenvolver métodos que auxiliem na aprendizagem dos alunos.

O produto do trabalho relatado nesta dissertação é um material instrucional contemplando o estudo de circuitos elétricos. Esse material pretende auxiliar o aluno na compreensão dos fenômenos dessa área, buscando que os conceitos sejam compreendidos a partir da interação com *softwares* e do manuseio de componentes, em um painel especialmente construído para este estudo. O painel possibilita a construção de circuitos elétricos utilizando resistores ou lâmpadas.

A proposta é que este trabalho seja aplicado a alunos da disciplina de Física e Eletricidade, no Curso Tecnólogo em Sistemas de Internet do Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus de Pelotas. Essa disciplina é de caráter obrigatório do currículo no primeiro semestre do curso. Pretende-se, como motivação deste trabalho, criar, a partir dos *softwares* Modellus (VEIT; TEODORO, 2002) e PhET – Physics Education Technology (PERKINS *et al*, 2006), a condição para o estudo de circuitos elétricos e um ambiente para experimentos de circuitos elétricos que permitam aos alunos a criação e a análise de circuitos elétricos reais.

Como já foi dito, trabalhando como professor titular dessa disciplina, foi possível perceber a dificuldade dos alunos em construir e articular corretamente as noções de diferença de potencial, resistência elétrica e corrente elétrica, mesmo

considerando que até esse momento de sua escolarização o aluno já teve contato com Eletromagnetismo no Ensino Médio.

Pretende-se verificar como a utilização de *softwares* de simulação pode ajudar na superação dessas dificuldades, pois ambientes virtuais de fácil entendimento, associados a processos educativos, motivam os alunos. O uso de computadores pode permitir o estudo de situações difíceis ou inviáveis na prática, possibilitando, ainda, maior facilidade na compreensão dos fenômenos físicos (ARAUJO; ABID, 2003). Eles permitem a possibilidade de visualizar, interagir e realizar experiências que só poderiam ser efetuadas em laboratório, além de facilitar a aprendizagem nos processos reais. Simulações computacionais vão além das simples animações. Elas englobam uma vasta classe de tecnologias, do vídeo à realidade virtual, que podem ser classificadas em certas categorias gerais baseadas fundamentalmente no grau de interatividade entre o aprendiz e o computador (GADDIS, 2000, *apud* MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Mais do que apresentar sugestões ou propostas concretas para implementação nas salas de aulas, pretende-se que este trabalho constitua um elemento de reflexão e dê sua contribuição para a construção de novas e consistentes ideias para o ensino de Física, especificamente no conteúdo de Eletromagnetismo.

Dentre os conteúdos de Física que apresentam um grau maior de dificuldade de aprendizagem, comparado aos demais, está o Eletromagnetismo. Apesar dessas dificuldades e dos estudos realizados sobre o assunto, são reduzidas as discussões que levam ao encontro das reais dificuldades de aprendizagem.

Pode-se notar também que, no ensino de Física, encontra-se um discurso no uso de atividades práticas que na realidade não tem evoluído, pois no fim das contas o professor acaba utilizando “quadro-negro e giz”. Segundo Moreira (2005), o uso de distintas estratégias instrucionais que impliquem participação ativa do estudante e, de fato, promovam um ensino centralizado no aluno é fundamental para facilitar uma aprendizagem significativa crítica. Pretende-se investigar se o aprendizado pode ser obtido por meio de uma abordagem que compare a utilização de simulação e o uso de componentes reais.

Para isso, apresenta-se primeiramente uma revisão de literatura. Nessa revisão, foi realizado um levantamento da produção acadêmica a respeito do ensino

de Física, particularmente da parte de Eletricidade, que se constitui objeto desta pesquisa, aliado ao uso de computadores como ferramentas nesse processo. Foi analisado o período compreendido entre 1979 e 2010, envolvendo periódicos nacionais e internacionais, encontrados a partir das bases de pesquisa como o Eric (ERIC – Education Resources Information Center) em www.eric.ed.gov, EBSCOhost Academic Search Premier em <http://www.ebscohost.com/academic/academic-search-premier>, Springer Complete Collection em <http://www.springer.com/> e outros acessados em <http://periodicos.capes.gov.br/> e <http://scholar.google.com.br/>.

A seguir, há o referencial teórico que embasa este trabalho. Os dados serão analisados a partir da teoria dos campos conceituais de Vergnaud (1990).

Posteriormente, no capítulo referente à metodologia, será exposto de forma detalhada, por meio de tabelas e gráficos, o trabalho desenvolvido com os alunos ao longo dos quatro semestres em que foi realizada a implementação do projeto.

Capítulo 2

REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura teve como objetivo principal verificar a produção bibliográfica acerca do ensino e da aprendizagem de circuitos elétricos a fim de serem produzidos materiais para serem aplicados em sala de aula. Dois aspectos foram pesquisados. Primeiro, buscou-se verificar a produção em circuitos elétricos em geral, de 2004 a 2010. Segundo, foi verificado, no período de 1979 a 2010, como evoluiu junto com os computadores pessoais o ensino da Física envolvendo o conteúdo de circuitos elétricos com o uso dessa ferramenta. A busca se deu nos periódicos nacionais que tratam da pesquisa no ensino de Física e em vários periódicos internacionais que publicaram sobre o assunto e que apareceram a partir da busca em bases de pesquisa como o ERIC (Education Resources Information Center), disponível em www.eric.ed.gov; EBSCOhost Academic Search Premier, disponível em <http://www.ebscohost.com/academic/academic-search-premier>; Springer Complete Collection, disponível em <http://www.springer.com/> e outros disponíveis em <http://periodicos.capes.gov.br/> e <http://scholar.google.com.br/>.

Nas duas revisões realizadas, a intenção foi verificar a existência de artigos que abordassem experimentos virtuais e reais, em um mesmo trabalho, sobre o conteúdo circuitos elétricos com relevância para o ensino de Física.

Na segunda parte, foram levados em conta na pesquisa os tipos de circuitos tratados. Estava-se em busca de trabalhos realizados envolvendo apenas circuitos elétricos básicos e simples. Foi feita tal escolha levando em consideração que na primeira parte visualizou-se muitos trabalhos em que havia aplicação apenas em cursos de engenharia ou eletrônica, tendo em vista a complexidade de tais atividades. Sendo assim, todos os trabalhos encontrados e nos quais havia a utilização de *softwares* com aplicação em circuitos básicos e simples foram levantados. Nessa busca, não se levou em consideração se o *software* era específico para ser utilizado em Física ou se poderia ser utilizado para outros fins. Não foi levado em consideração se as atividades poderiam ser aplicadas com os computadores atuais e com sistemas operacionais atuais. Não foi discutido o conceito de um *software* de Física, mas se buscou os que poderiam de alguma

maneira contribuir para a aprendizagem dos circuitos elétricos utilizando como ferramenta um microcomputador. Por exemplo, uma planilha eletrônica não é considerada um *software* de Física, mas pode ser utilizada com tal finalidade. Considera-se o início do levantamento em 1979 por se tratar da época em que os computadores começaram a se tornar acessíveis para as populações. Com isso, seria possível que houvesse algum estudo voltado à utilização de qualquer *software*, por mais simples que este fosse e por menor que fosse a produção das pesquisas.

2.1 Circuitos elétricos em geral, de 2004 a 2010

No ano de 2004, encontrou-se a publicação de Engelhardt e Beichner (2004), que investigaram o que os alunos, tanto de Ensino Médio como universitários, pensam acerca de corrente em circuitos resistivos. Outro trabalho é o de Kiers (2004), no qual é descrito um circuito elétrico simples não linear que pode ser usado para estudar fenômenos caóticos e que conduz a uma excelente concordância entre experimento e teoria. Osterberg (2004) mostra especificamente a impedância entre nós adjacentes de infinita rede D-dimensional uniforme e resistiva. Vreman-de Olde e de Jong (2004) utilizam a concepção dos alunos a partir de desenhos produzidos pelos estudantes em um ambiente de simulação computacional sobre circuitos elétricos. Kester (2004) trabalha com simulações envolvendo defeitos em circuitos elétricos, fazendo uma análise do que deve ser feito para corrigi-los. Paatz *et al* (2004) trazem como objetivo a análise dos processos de aprendizagem de um estudante de 16 anos de idade, como ele aprende sobre circuitos elétricos simples em resposta a uma sequência de ensino baseado em analogia.

No ano de 2005, o artigo de Galililia e Goihbarg (2005) demonstra que a utilização do vetor de Poynting para um modelo de carga de superfície de um condutor de corrente elétrica pode ajudar a explicar qualitativamente a transferência de energia em um circuito dc fechado. Em outro artigo, Mauk (2005) monta uma avaliação baseada em questões conceituais envolvendo corrente induzida a partir da comparação de estudo com tutoriais e estudo de forma tradicional.

Em 2006, encontrou-se apenas dois trabalhos envolvendo o estudo do tema pesquisado. Henderson (2006) descreve uma abordagem de ensino que enfatiza o potencial elétrico e a diferença de potencial elétrico como forma de tratar as

concepções erradas dos alunos no estudo de circuitos elétricos. Dorneles (2006) mostra como o estudo utilizando o *software* Modellus pode ajudar alunos a entender circuitos simples.

Em 2007, identificou-se três artigos. O primeiro de Barbas (2007) se concentra no uso dos resultados da investigação sobre o raciocínio causal dos alunos na concepção do ensino de eletricidade. Analisa as respostas dos estudantes para questões escritas e discussões sugerindo que vários alunos, quando constroem mecanismos microscópicos para explicar os fenômenos elétricos, podem vislumbrar estados transitórios e empregar um tipo específico de cadeia causal. Shen (2007) trata de um curso para professores projetado para realizar a mudança conceitual na direção de concepções científicas, bem como a apresentação aos professores de materiais e atividades adequados para a sala de aula. Fischer (2007) utiliza o *WebLab Microelectronics* no Massachusetts Institute of Technology (MIT) e permite que alunos façam pesquisas de laboratório real (não simuladas) no estado da arte, utilizando equipamentos por meio da Internet. Hart (2007) faz uma reflexão que leva a pensar explicitamente sobre as maneiras pelas quais os significados são criados dentro da Física. No entanto, no caso de circuitos elétricos, modelos de consenso são altamente abstratos e, conseqüentemente, inacessíveis para os alunos que estão começando a estudar eletricidade.

Em 2008, mais uma vez há apenas dois trabalhos nos termos pesquisados. Guisasola (2008) considera um problema específico a relação entre a eletrostática e a eletrodinâmica em cursos de Física envolvendo alunos universitários como forma de melhorar as definições conceituais. Flores (2008) pretende mostrar que o uso sistemático de tutoriais em conjunto com os instrumentos de avaliação tipo direto permite criar um círculo virtuoso de planejamento familiar, ensino e aplicação em sala de aula. A avaliação permite um *feedback* positivo para melhorar o processo de ensino-aprendizagem da física.

Em 2009, foi maior a produção no assunto pesquisado. Começando por Rianza (2009), que realizou um levantamento com diversos temas que envolvem o uso de equações diferenciais algébricas em modelagem de circuitos não lineares. Nakkeeran (2009) mostra que o princípio de funcionamento da equação diferencial para resolução analógica de circuitos elétricos é exatamente o mesmo que o método de Picard, que está disponível para resolver numericamente as equações

diferenciais ordinárias. Guan (2009) apresenta um trabalho que tem como objetivo explorar de forma simples, mas útil, modelos de circuito equivalente de cerâmicas piezoelétricas com a consideração de dissipação de energia. Kong (2009) discute a participação dos alunos na aprendizagem por observação de fenômenos relacionados aos circuitos elétricos, em que a interface homem-máquina interativa foi criada com o uso de um *open-software* chamado LabVNC. Kipnis (2009) discute as dificuldades na aprendizagem na Lei de Ohm, sugerindo que é possível estudar os efeitos da lei em apenas parte do circuito e depois levar para o todo. Nesse trabalho é também levado em conta o aspecto histórico. Gunstone (2009) explora as percepções dos professores e autores de livros didáticos sobre dificuldades de aprendizagem dos alunos. Explora também sua prática de ensino de eletricidade com corrente contínua e os usos de modelos e analogias nesse ensino, e os seus próprios entendimentos dos conceitos de eletricidade da corrente contínua. Baltzis (2009) utiliza experimentos de laboratório e simulação de circuitos com ferramentas de TI em estudos voltados à eletrônica.

Finalmente, em 2010 Bachiller-Soler (2010) descreve uma proposta de ensino baseada em atividades de laboratório para a compreensão dos circuitos trifásicos em nível de graduação em cursos de engenharia. Waxman (2010) escreve sobre como conceitos de magnetismo, hidrodinâmica e circuitos elétricos são usados para investigar a circulação sanguínea e motivar os alunos em seus estudos de Física. E por último, Bueno (2010) tem como objetivo principal a concepção de uma unidade de ensino sobre o estudo de circuitos elétricos no ensino primário, a sua implementação e avaliação de alguns dos efeitos na aprendizagem dos alunos.

As Tabelas de 1 a 7 resumem o que foi relatado até aqui e, nas próximas seções deste texto, serão discutidos os dados contidos nas tabelas.

Tabela 1 – Trabalhos encontrados na literatura em 2004

2004				
Título	Nível	Simulação	Atividades em laboratório	Aplicável em sala de aula
Students' understanding of direct current resistive electrical circuits (ENGELHARDT; BEICHNER)	Médio e superior	Não	Não	Sim
Precision measurements of a simple chaotic circuit (KIERS)	Médio e superior	Não	Não	Sim
Impedance between adjacent nodes of infinite uniform D-dimensional resistive lattices (OSTERBERG)	Superior	Não	Não	Sim
Student-generated assignments about electrical circuits in a computer simulation (DE OLDE; DE JONG)	Superior	Sim	Não	Sim
Information presentation and troubleshooting in electrical circuits (KESTER)	Médio e superior	Sim	Não	Sim
A case study analysing the process of analogy-based learning in a teaching unit about simple electric circuits (PAATZ)	Médio	Não	Não	Não

Tabela 2 – Trabalhos encontrados na literatura em 2005

2005				
Título	Nível	Simulação	Atividades em laboratório	Aplicável em sala de aula
Energy transfer in electrical circuits: A qualitative account (GALILIA; GOIHBARG)	Superior	Não	Não	Sim
Student understanding of induced current: Using tutorials in introductory physics to teach electricity and magnetism (MAUK)	Superior	Não	Não	Sim

Tabela 3 – Trabalhos encontrados na literatura em 2006

2006				
Título	Nível	Simulação	Atividades em laboratório	Aplicável em sala de aula
Teaching about circuits at the introductory level: An emphasis on potential difference (HENDERSON)	Médio e superior	Não	Não	Sim
Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: parte I – circuitos elétricos simples (DORNELES)	Médio e superior	Sim	Não	Sim

Tabela 4 – Trabalhos encontrados na literatura em 2007

2007				
Título	Nível	Simulação	Atividades em laboratório	Aplicável em sala de aula
Causal reasoning as a base for advancing a systemic approach to simple electrical circuits (BARBAS, PSILLOS)	Médio e superior	Não	Não	Sim
Using Research Based Assessment Tools in Professional Development in Current Electricity (SHEN)	Docente	Não	Não	Não
Inquiry-Learning with WebLab: Undergraduate Attitudes and Experiences (FISCHER)	Médio e superior	Não	Sim	Sim
Models in Physics, Models for Physics Learning, and Why the Distinction may Matter in the Case of Electric Circuits (HART)	Médio	Não	Não	Sim

Tabela 5 – Trabalhos encontrados na literatura em 2008

2008				
Título	Nível	Simulação	Atividades em laboratório	Aplicável em sala de aula
Using the Processes of Electrical Charge of Bodies as a Tool in the Assessment of University Students' Learning in Electricity (GUISASOLA)	Superior	Não	Não	Sim
Aprendizaje de circuitos eléctricos en el Nivel Polimodal: resultados de distintas aproximaciones didácticas (FLORES)	Médio	Não	Não	Sim

Tabela 6 – Trabalhos encontrados na literatura em 2009

2009				
Título	Nível	Simulação	Atividades em laboratório	Aplicável em sala de aula
DAE-Based Modeling of Electrical Circuits: Classical Methods Revisited and Recent Results (RIAZA)	Superior	Sim	Não	Sim
Mathematical Description of Differential Equation Solving Electrical Circuits (NAKKEERAN)	Superior	Não	Não	Sim
On the Equivalent Circuit Models of Piezoelectric Ceramics (GUAN; LIAO)	Superior	Não	Sim	Sim
An experience of teaching for learning by observation: Remote-controlled experiments on electrical circuits (KONG)	Superior	Sim	Não	Sim
A Law of Physics in the Classroom: The Case of Ohm's Law (KIPNIS)	Médio e superior	Não	Não	Sim
Physics Teachers' Perceptions of the Difficulty of Teaching Electricity (GUNSTONE)	Docente	Não	Não	Não
Using Laboratory Experiments and Circuit Simulation IT Tools in an Undergraduate Course in Analog Electronics (BALZIS; KOUKIAS)	Docente	Sim	Sim	Sim

Tabela 7 – Trabalhos encontrados na literatura em 2010

2010				
Título	Nível	Simulação	Atividades em laboratório	Aplicável em sala de aula
Laboratory work in teaching basic three-phase electrical circuits (BACHILLER-SOLER)	Superior	Não	Sim	Sim
Using physics to investigate blood flow in arteries: A case study for premed students (KAUFMAN)	Superior	Não	Não	Sim
Aprender competencias en una propuesta para la enseñanza de los circuitos eléctricos en Educación Primaria (BUENO)	Fundamental	Não	Não	Sim

2.2 Trabalhos envolvendo simulações

No levantamento realizado, Tabelas 1 a 7, foi verificado que alguns trabalhos utilizavam algum tipo de simulação. Encontrou-se que no artigo *Student-generated assignments about electrical circuits in a computer simulation* (OLDE; JONG, 2009) utiliza-se a modelagem para a resolução de problemas como forma de aprender Física a partir de códigos de computador e ainda há uma ênfase em descobrir como os alunos pensam e aprendem física ao fazer as simulações. Com relação ao trabalho de Dorneles (2006), *Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: parte I – circuitos elétricos simples*, este consiste em um conjunto de atividades de simulação e modelagem computacionais, desenvolvidas com o *software* Modellus, levando em conta as dificuldades, com o objetivo de auxiliar o aluno a superá-las. Utiliza a teoria de Ausubel como referencial teórico. Em *Inquiry-Learning with WebLab: Undergraduate Attitudes and Experiences* (FISCHER, 2010), os autores relatam que o *WebLab* foi eficaz como instrumento de aprendizagem. Ele lhes permitiu utilizar diferentes processos de aprendizagem (intuitivo, visual, abstrato) e deu-lhes uma oportunidade de vincular o esforço individual e colaborativo em combinações criativas. O *WebLab* levou os estudantes a aprender em seu próprio ritmo e em seus

próprios horários. Em *DAE-Based Modeling of Electrical Circuits: Classical Methods Revisited and Recent Results* (RIAZA, 2009) utiliza-se também da modelagem como forma de resolver problemas. A ênfase é sobre a estrutura matemática, fortalecendo os resultados, principalmente com base em álgebra linear e teoria aplicada. No artigo *An experience of teaching for learning by observation: Remote-controlled experiments on electrical circuits* (KONG, 2009), usa-se como ferramenta um *software* de código aberto chamado *LabVNC* para a realização de experimentos on-line de controle remoto.

2.3 Trabalhos envolvendo experimentos em práticas de laboratório

Encontrou-se dois trabalhos em que experimentos em laboratório foram utilizados. O primeiro *The use of piezoelectric ceramics as actuators and/or sensors is prevalent* (WANG, 2004) tem como principal objetivo fornecer uma boa compreensão sobre os comportamentos das cerâmicas piezoelétricas ao projetar e analisar sistemas piezo-base e estruturas. O segundo, com o título *Laboratory work in teaching basic three-phase electrical circuits* (BACHILLER-SOLER, 2010), em nível de graduação para curso de engenharia, descreve atividades práticas propostas para facilitar a compreensão dos alunos sobre os principais conceitos envolvidos em circuitos trifásicos.

2.4 Trabalhos envolvendo experimentos em práticas de laboratório e simulação

Foi encontrado em nossa pesquisa um único trabalho envolvendo simultaneamente as duas formas de trabalhar circuitos elétricos. *Using Laboratory Experiments and Circuit Simulation IT Tools in an Undergraduate Course in Analog Electronics* (BALTZIS, 2009) mostra como experimentos de laboratório e simulação de circuitos ferramentas de tecnologia de informação e comunicação são usados no trabalho docente em várias instituições acadêmicas. Esse artigo discute as características e vantagens dos dois métodos. As atividades foram basicamente desenvolvidas para ensino de conteúdos de eletrônica. Os autores utilizam como referencial norteador das atividades Papert (2002) (contexto motivando o

aprendizado) e Vygotsky (1998) (trabalho em grupos favorece a aprendizagem), mas esses referenciais não são utilizados para a interpretação dos dados, na qual foi realizada uma análise quantitativa (notas das provas de final de curso) e uma pequena análise qualitativa do interesse e da expectativa dos estudantes quanto ao método de ensino. Os autores concluem com generalizações acerca dos benefícios da atividade combinada e que, inclusive, a utilização de simulações deverá se revelar benéfica para outros cursos futuros dos estudantes.

2.5 Síntese da primeira busca

Ao todo foram encontrados 26 trabalhos sobre circuitos elétricos, no período pesquisado e nos 12 periódicos analisados. Em se tratando de assunto de grande dificuldade para os alunos, pode-se considerar que esse é um número insignificante de estudos sobre o tema. Com relação ao uso de tecnologias de informação e comunicação, levantou-se seis trabalhos utilizando simulação. Apenas dois deles utilizam-se de experimentos em laboratório. Deve-se também citar que, embora a computação esteja presente em inúmeras atividades em sala de aula, estas não estão presentes no estudo dos circuitos elétricos. Um único trabalho utiliza as duas ferramentas. Pode-se então concluir que as pesquisas não estão evoluindo para um patamar em que estejam juntas atividades com simulação e experimentos em laboratório e que é necessário verificar de que forma as duas contribuem na aprendizagem dos estudantes de Física, com maior robustez metodológica e teórica. Precisa-se também levantar qual a melhor forma de trabalhá-las.

2.6 A segunda busca – Aspectos pesquisados de 1979 a 2010

Separou-se o estudo por períodos, de acordo com a concentração dos trabalhos encontrados. Dessa forma, foi possível verificar a evolução da produção na área pesquisada ao longo do tempo.

2.6.1 Período de 1979 a 1989

Magnuson, em 1982, apresentou *Circuit analysis and simulation programs: an overview*. O documento pretende ser uma descrição tutorial do desenvolvimento de programas de análise utilizados para a análise digital e analógica de circuitos elétricos. A anatomia de programas simuladores de circuitos, as técnicas de formulação, análise e procedimentos e de solução também são abordados. Foram tratadas algumas das características, capacidades e limitações de vários dos programas mais utilizados da época.

Wei, em 1982, escreveu *Large-scale circuit simulation [ph.D. thesis]*. Pretendia mostrar nesse trabalho que a simulação de VLSI (*Very Large Scale Integration*) com circuitos vai além da capacidade dos simuladores de circuito convencionais como *SPICE*. Por outro lado, simuladores utilizando lógica convencional só podem dar os resultados de níveis lógicos 1 e 0, com a conseqüente perda de detalhes nas formas de onda. O objetivo de desenvolver simulação com circuitos em grande escala é fazer a ponte entre a simulação de circuitos convencionais e de simulação lógica. Os métodos desenvolvidos foram implementados em um programa de simulação *PREMOS*, que podia ser usado como uma ferramenta de verificação do projeto para circuitos MOS.

Em 1984, aparece o trabalho de Moore e Baxter, com o título *Interactive Computer Graphics: A Powerful Tool for Technical Education*, em que é discutido o uso do computador para resolução de exercícios gráficos com alunos de engenharia elétrica. Eles discutem o uso de computação gráfica interativa no desenvolvimento de exercícios de vários conceitos com os estudantes. É utilizado um *software* e instrutores auxiliam nas atividades.

2.6.2 Período de 1990 a 1999

Computer Aided Systems Theory – Eurocast '91, de Beth (1991), propõe uma síntese de alto nível para a época, na qual trabalha com modelagem comportamental em um diagrama de blocos e simulação em circuito convencional. O objetivo era apoiar uma metodologia *top-down* sistemática para o projeto de circuitos analógicos e sistemas.

Em 1994, Silva escreveu *Simulating electrical circuits with an electronic spreadsheet*. O autor explica como uma planilha eletrônica pode ser uma modelagem efetiva e ferramenta de simulação para estudar circuitos elétricos. Como destaques incluem as leis de Kirchoff e álgebra de matrizes. Silva descreve uma experiência piloto com estudantes em uma turma de Física.

Katan *et al* (1995) produziram painéis fotovoltaicos com o *software* PSPICE modelagem. Um modelo completo de painéis fotovoltaicos que podem ser usados para permitir uma melhor compreensão da teoria de operação de um dispositivo não linear foi apresentado. A motivação desse modelo foi fornecer um acessório de instrução para complementar o material de aula baseada em qualquer curso relacionado a fontes renováveis de energia. Esse modelo foi analisado usando a versão para estudantes do *software* PSPICE. O efeito da variação da radiação solar sobre o curto circuito foi estudado.

Robbins (1995) escreveu *Circuit-Breaker Model for Over-Current Protection Simulation of DC Distribution Systems*. Esse trabalho descreve um modelo elétrico de um disjuntor termomagnético que pode simular com precisão o comportamento característico em uma ampla faixa de correntes, incluindo operação na região magnética. O disjuntor utilizado como modelo poderia ser acoplado com o componente de outro modelo de distribuição e simular o desempenho de proteção em sistemas de distribuição de telecomunicações de corrente contínua.

Jenkins (1996) escreveu *Have More Fun Teaching Physics: Simulating, Stimulating Software*. A Física do Ensino Médio oferece oportunidades de usar a solução de problemas e práticas de laboratório, bem como habilidades de pesquisa, redação técnica e aplicativos em *software*. O artigo descreve e avalia como um *software* de computador melhora o ensino de Física do Ensino Médio, incluindo planilhas de dados de laboratório, simuladores de movimento de um projétil, simuladores de gravidade, simuladores de céu, astronomia remota e circuitos elétricos por meio da análise de *softwares*.

Cheung (1996) trabalhou com aprendizagem avançada de sistemas elétricos usando *PSpice*, uma solução de baixo custo. Segundo o autor, circuito e análise de sistemas é um dos temas mais essenciais no currículo de engenharia elétrica. Ela serve como a chave para a compreensão da energia e redes eletrônicas. Esse artigo discute aplicações da versão de avaliação do *PSpice* na simulação de sistemas de

controle com *feedback* atrasado e sistemas de comunicação, tais como PSK (Phase shift keying), QPSK (Quadrature phase shift keying) e MSK (Minimum Shift Keying).

Sing e Chee (1997) escreveram *Microcomputer simulated experiments in the teaching of multi-channel laser system in an undergraduate course*. O artigo descreve uma simulação feita por estudantes universitários de Física em laboratório em curso de tecnologia. O objetivo do curso era proporcionar aos estudantes experiência em computação com circuitos elétricos, comparando a computação com experiências.

Simulating electrical devices with complex behavior foi escrito por Snooke (1999). Segundo ele, os sistemas elétricos e eletrônicos automotivos se tornaram muito sofisticados em um tempo relativamente curto. Essa complexidade levou à necessidade crescente de ferramentas de análise de projeto e da necessidade dessas ferramentas para lidar com os componentes mais complexos. Simulação qualitativa de circuitos elétricos provou ser inestimável para o desenvolvimento de técnicas de análise de vários desenhos e a capacidade de construir modelos qualitativos para componentes complexos tornou-se essencial para permitir o uso eficaz dessas ferramentas. Foi abordada a necessidade de modelos complexos com componentes elétricos para o desenvolvimento de representações abstratas, verificando o comportamento para completar a simulação elétrica qualitativa. Esse desenvolvimento foi realizado em duas etapas. As atividades foram divididas em duas etapas, sendo a primeira mais básica e a segunda mais complexa.

2.6.3 Período de 2000 a 2009

Albano *et al* (2002) produziram *Simulating harmonic oscillator and electrical circuits: a didactical proposal*, no qual é descrito um pacote que utiliza simulações e animações para ilustrar conceitos-chave de oscilações harmônicas e de circuitos elétricos para os alunos em cursos de Física ou Matemática. Os estudantes não são obrigados a conhecer o ambiente Mathematica™: a interface é amigável com botões e funcionalidades on-line, o que ajuda e permite o uso imediato da aplicação. Os estudantes que estão familiarizados com a linguagem de programação têm a oportunidade de ver o código configurado que é usado, e eles podem,

eventualmente, personalizá-lo. O objetivo é melhorar percepção do aluno, dentro do espírito de aprendizado pela experimentação.

Kester *et al* (2004) escreveram *Information presentation and troubleshooting in electrical circuits*. O artigo trata sobre como aprender uma habilidade complexa na ciência usando uma simulação por computador. Segundo os autores, existe um ganho no tempo de apresentação da informação, que facilita a aprendizagem e melhora o desempenho nos testes. Um formato de apresentação ideal da informação foi proposta: informação de apoio foi apresentada antes de praticar uma habilidade, e informações processuais foram apresentadas durante a prática. Quatro formatos de apresentação das informações foram comparados em um desenho fatorial com os fatores de informação de suporte (antes ou durante a prática de tarefas) e a pertinência das informações processuais (antes ou durante a prática de tarefas).

De Olde e De Jong (2004) escreveram *Student-generated assignments about electrical circuits in a computer simulation*. Trata-se de um trabalho em que os estudantes projetam tarefas para outros estudantes em um ambiente de simulação de computador sobre circuitos elétricos. As tarefas consistiram em uma pergunta, alternativas e avaliação dessas alternativas. Esse estudo teve a intenção de investigar a concepção de trabalhos realizados pelos alunos como uma atividade de geração de conhecimento. Os alunos eram obrigados a mostrar suas concepções como forma de atribuições para outros alunos em um ambiente de simulação computacional sobre circuitos elétricos. As atribuições consistiam em uma pergunta, alternativas e *feedback* sobre essas alternativas. Dessa forma, os indivíduos foram encorajados a se engajar em processos como a “geração de perguntas, discriminar entre exemplos e não exemplos, e geração de *feedback*”. As atribuições resultantes foram analisadas e foram identificados diferentes tipos de tarefas. Os estudantes reforçaram os seus conhecimentos de domínio recuperando e explicando os passos de resolução de problemas, focando nas características dinâmicas dos circuitos simulados.

Robertson (2005) escreveu *Eletricidade e magnetismo. Parar de fingir! Finalmente, a compreensão da ciência para que você possa ensiná-lo*. Cobrindo os conceitos básicos de eletricidade estática, eletricidade atual e magnetismo, o livro desenvolve um modelo científico, mostrando que a eletricidade e o magnetismo são

realmente o mesmo fenômeno em diferentes formas. O livro inclui o acesso aos *softwares* interativos que os leitores podem baixar no site da NSTA, em www.nsta.org, para ajudá-los a investigar circuitos elétricos – do simples ao complexo – sem necessidade de comprar materiais com alto custo.

Rosenthal e Henderson (2006) produziram *Teaching about circuits at the introductory level: An emphasis on potential difference*. Os autores descrevem uma abordagem de ensino que enfatiza o potencial elétrico e a diferença de potencial elétrico como forma de tratar as concepções erradas dos alunos no estudo de circuitos elétricos. Estudantes de Física introdutória muitas vezes não conseguem desenvolver um modelo conceitual coerente de circuitos elétricos. Segundo eles, ocorre uma falha na aprendizagem porque os alunos não conseguem desenvolver uma boa compreensão do conceito de potencial elétrico e de diferença de potencial elétrico.

Dorneles *et al* (2006) escreveram o artigo *Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade*. Os autores mostram como o estudo utilizando o *software* Modellus pode ajudar alunos a entender circuitos simples. Discutem as principais dificuldades dos alunos na aprendizagem de conceitos básicos envolvidos nos circuitos simples e RLC apresentando dois produtos oriundos de um trabalho de pesquisa: um conjunto de atividades de simulação e modelagem computacionais, propostas com o *software* Modellus, levando em conta tais dificuldades, com o objetivo de auxiliar o aluno a superá-las, e um teste sobre a compreensão de conceitos físicos envolvidos em circuitos RLC.

Bayrak *et al* (2007) produziram *To compare the effects of computer based learning and the laboratory based learning on students achievement regarding electric circuits*. No estudo realizado, foi verificado que não existe uma diferença significativa entre a instrução em laboratório e a instrução com computador influenciando a aprendizagem dos estudantes. Nesse estudo, o problema da pesquisa foi: “Será que o computador é tão eficaz como o laboratório de ensino de Física e eficiente com relação ao sucesso escolar no estudo de circuitos elétricos para alunos do 9º ano?” Segundo os autores, no final do estudo, foi verificado que não existe uma diferença significativa entre a instrução em práticas de laboratório e a instrução em computador para influenciar o sucesso dos alunos. Assim, os autores

concluíram que a aprendizagem por computador é tão eficaz quanto a aprendizagem de laboratório com base no desempenho dos alunos.

Em *Adaptive Electronic Quizzing Method for Introductory Electrical Circuit Course*, Amarin *et al* (2009) escreveram sobre um livro eletrônico técnico interativo, *TechEBook*, desenvolvido na Universidade Central da Flórida. O *TechEBook*, na descrição dos autores, compreende dois mundos, os dos livros contendo circuitos clássicos e uma plataforma operacional interativa, com *laptops* e *desktops* que utilizam um operador de máquina virtual Java. Essa máquina em Java apresenta *applets* interativos. É uma ferramenta criada em uma plataforma Java, útil para os engenheiros e cientistas, com características únicas em comparação com os livros didáticos tradicionais e circuitos elétricos mais utilizados e disponíveis no mercado. Um exemplo prático da aplicação do recurso *QuizMe* é discutido como parte de um curso básico de engenharia elétrica.

Kong *et al* (2009) escreveram *An experience of teaching for learning by observation: remote-controlled experiments on electrical circuits*. Para facilitar a aprendizagem dos estudantes de escola fundamental em Hong Kong, por observação dos fenômenos relacionados a circuitos elétricos, foi utilizado um sistema de *courseware* específico, no qual a interface humano-máquina interativa foi criada com o uso de um *software* chamado *LabVNC*.

Max *et al* (2009) produziram *Power electronics design laboratory exercise for final-year M.sc. students*. Esse artigo apresenta experiências e resulta de uma tarefa de projeto em eletrônicas para estudantes da Universidade de Tecnologia de *Chalmers, Goteborg*, Suécia. Outra pesquisa realizada utilizou o *software* de simulação de circuitos *PSpice*.

2.6.4 Período de 2010

Em *Solution of Linear Electrical Circuit Problem using Neural Networks*, Samath *et al* (2010) mostram que um algoritmo de rede neural pode ser facilmente implementado em um computador digital para qualquer sistema de circuitos elétricos simples. Um protótipo de um ambiente de aprendizagem foi projetado e construído pelos autores para a discussão de uma análise rígida para a aprendizagem de circuitos elétricos.

Lee *et al* (2010) escreveram *A project-based laboratory for learning embedded system design with industry support*. Um projeto de laboratório baseado em sistema embarcado para aprendizagem com apoio da indústria é apresentado nesse artigo. O objetivo desse laboratório é motivar os alunos a aprender os blocos de construção de sistemas embarcados e algoritmos de controle em práticas por meio da construção de um robô. Um sistema embarcado (ou sistema embutido, ou sistema embebido) é um sistema microprocessado no qual o computador é completamente encapsulado ou dedicado ao dispositivo ou sistema que ele controla.

Drosopoulos e Hatziprokopiou (2010) discutem, em seu artigo *Planning and development of lab training activities for powerline communications*, um estudo realizado no Laboratório no Instituto de Educação Técnico (TEI), Patras, Grécia. Comunicações de *Powerline* é considerada pelos autores uma área ativa de pesquisa e desenvolvimento que combina três especializações separadas do treinamento *standard* de engenheiros elétricos: comunicações, energia e sistemas de controle.

Canesin *et al* (2010) escreveram *Simulation tools for power electronics courses based on java technologies*. Esse artigo apresenta ferramentas interativas educacionais para alunos de eletrônica. Essas ferramentas interativas utilizam os benefícios da plataforma Java para prover uma aproximação dinâmica e interativa simulando retificadores ideais. Adicionalmente, esse artigo discute o desenvolvimento e uso de *applet* em Java para ajudar no ensino em circuitos convencionais e servir como uma ferramenta introdutória para o uso em laboratório básico experimental em cursos de eletrônica.

Design of Interactive Learning System Based on Intuition Concept Space tem como autor He (2010). Nesse estudo, inicialmente a teoria da aprendizagem da intuição é brevemente revista e um modelo do processo de aprendizagem é apresentado. O artigo discute e caracteriza um sistema de aprendizagem Interativo de Intuição (IILS) e sua relação com o padrão de aprendizagem experimental. Após uma série de experimentos utilizando tal princípio, um protótipo de um ambiente de aprendizagem de intuição é projetado e construído pelo autor e, então, discutido junto com sua aplicação no projeto de uma análise criteriosa para a aprendizagem de circuitos elétricos.

2.7 Concentração dos trabalhos

Tabela 8 – Distribuição dos trabalhos

Período pesquisado	Número de trabalhos pesquisados	Ensino fundamental	Ensino Médio	Ensino superior	Ensino Médio e superior
De 1979 a 1989	3		1	1	1
De 1990 a 1999	8		1	6	1
De 2000 a 2009	10	1		5	5
2010	5			2	3

Conforme se pode observar na Tabela 8, o estudo de circuitos elétricos básicos utilizando as Tecnologias de Informação e Comunicação tem um número que se pode considerar muito pequeno em cada período pesquisado, levando-se em conta a produção textual mundial em ensino de Física. A busca começou com uma expectativa de que se teria uma quantidade expressiva de tais atividades e estudos. Levantou-se também que, no período de 1979 a 1989, do total de três trabalhos produzidos, um se enquadrava como atividade para Ensino Médio, outro para ensino superior e um terceiro para ambos. No período de 1990 a 1999, constatou-se que, dos oito trabalhos encontrados, um era de Ensino Médio, um utilizado tanto em Ensino Médio como superior e seis com aplicação em ensino superior. No período de 2000 a 2009, foram cinco de Ensino Médio e superior, quatro de ensino superior e um de Ensino Fundamental. No ano de 2010, foram publicados dois de ensino superior e três de Ensino Médio concomitantemente com ensino superior.

2.8 Síntese da segunda busca

Ao todo foram encontrados 26 trabalhos utilizando algum *software* aplicado ao estudo de circuitos elétricos, no período pesquisado, nos 12 periódicos analisados. Em se tratando de assunto de grande dificuldade para os alunos e do grande avanço das Tecnologias de Comunicação e Informação, pode-se considerar que há um número insignificante de estudos sobre o tema.

Um fato que chamou a atenção durante a busca foi a simulação utilizando *softwares* estar presente em atividades envolvendo circuitos mais avançados, em cursos de Engenharia Elétrica e Eletrônica. Deve-se também citar que, embora a computação esteja presente em inúmeras atividades em sala de aula, ela não está presente no estudo dos circuitos elétricos simples, como forma de auxiliar a aprendizagem dos conceitos básicos envolvidos.

Verificou-se que não houve crescimento na produção em atividades envolvendo circuitos elétricos na mesma proporção em que cresce a informática. Há um aumento na quantidade de ferramentas utilizadas que possibilitariam um melhor aproveitamento na aprendizagem dos estudantes. Pode-se concluir também que as pesquisas não estão evoluindo para um patamar em que estejam juntas atividades com simulação e experimentos em laboratório e que é necessário verificar de que forma as duas contribuem para a aprendizagem dos estudantes em Física, com maior robustez metodológica e teórica. É preciso também levantar qual a melhor forma de trabalhá-las.

Destaca-se ao longo deste trabalho o artigo de Bayrak, Kanli e Kandil (2007), com o título *To compare the effects of computer based learning and the laboratory based learning on students' achievement regarding electric circuits*. Os autores afirmam que não existe uma diferença significativa entre a instrução em laboratório e a instrução ao computador para influenciar a aprendizagem dos alunos no domínio dos circuitos elétricos. E ainda dizem que a aprendizagem por computador é tão eficaz quanto a aprendizagem de laboratório. De qualquer forma, acredita-se que as atividades em laboratório e as de computador podem juntas fazer com que os alunos adquiram conhecimentos nessa área. Considera-se que ainda se trata de uma área que carece de grandes estudos. São muitos os questionamentos que devem ser

feitos do ganho cognitivo com relação a estarem juntas atividades de laboratório com atividades de aplicação das tecnologias de informação e comunicação.

2.9 Síntese das duas buscas

Em relação aos trabalhos pesquisados e encontrados sobre o assunto, pode-se afirmar que pouco foi produzido. Acredita-se que o laboratório junto com as atividades de simulação em computador, não necessariamente nessa ordem, podem contribuir em muito para que os estudantes entendam profundamente tal assunto. É possível que uma atividade complete a outra, fazendo com que no final não haja diferença entre o virtual e o real. Independentemente da atividade, é preciso que na mente do estudante esteja somente presente o entrelaçamento entre as atividades, que envolvam diferença de potencial, resistência elétrica e corrente elétrica. Dessa forma, abre-se a possibilidade para o entendimento das demais grandezas, envolvidas no estudo de circuitos elétricos.

O principal foco da revisão da literatura foi verificar como foram trabalhadas nos últimos anos as atividades de laboratório juntamente com atividades de simulação, envolvendo circuitos elétricos. A expectativa era encontrar muitos trabalhos, principalmente nos últimos anos, em decorrência do aumento de computadores nas salas de aula e pelo fato de que essa ferramenta esteja presente em países mais desenvolvidos. Em primeiro lugar, acredita-se que o número de trabalhos utilizando as TICs para o estudo de circuitos elétricos representa um número reduzido. Não se esperava encontrar muitos trabalhos envolvendo as duas técnicas de ensino. Também pelo fato de que existe uma resistência grande de professores não trabalharem em laboratório, esperava-se encontrar poucos trabalhos em laboratório envolvendo circuitos elétricos. Nos dois levantamentos realizados, foram encontrados 52 trabalhos; destes, apenas dois utilizavam as duas ferramentas. Acredita-se que é muito pouco considerando o avanço das tecnologias que se tem à disposição.

Ao finalizar este capítulo de revisão da literatura, cabe destacar que ela não é exaustiva. No entanto, crê-se que é suficiente para deixar clara a relevância da abordagem ao estudo de circuitos elétricos desenvolvida no trabalho que originou esta dissertação.

Capítulo 3

REFERENCIAL TEÓRICO

Neste estudo, foi utilizada a teoria dos campos conceituais, de Vergnaud, (1990) como forma de facilitar a aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1982).

Para Vergnaud, o conhecimento está organizado em campos conceituais. O sujeito domina esses campos conceituais ao longo de muito tempo, por meio de experiência, maturidade e aprendizagem. Para o autor, campo conceitual é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento conectados uns aos outros e que provavelmente estão relacionados com as representações simbólicas por meio do conjunto de invariantes operatórios. Teoremas-em-ação são proposições que o sujeito acredita serem verdadeiras sobre a realidade. Conceitos-em-ação são propriedades, categorias, atributos que o sujeito acredita serem pertinentes a uma dada situação. A teoria dos campos conceituais considera a conceitualização o âmago do desenvolvimento cognitivo (MOREIRA, 2002).

A aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, que é não literal e não arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados e adquire mais estabilidade (MOREIRA; MASINI, 1982; MOREIRA, 1999, 2000). Segundo Moreira (2005), a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Deve-se estar atento para as concepções alternativas trazidas pelos alunos. Estas podem ancorar os novos conhecimentos. Não se pode esquecer que o aluno pode absorver novos conhecimentos sem abandonar suas concepções e, neste caso, não se pode penalizá-lo. A utilização de recursos modernos e interativos dá continuidade a essa ferramenta. Dessa forma, está-se criando continuamente um ambiente que favoreça a aprendizagem significativa ao aluno. Moreira (2005) afirma que, na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso, ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos.

Sabe-se igualmente que a aprendizagem significativa é progressiva, isto é, os significados vão sendo captados e internalizados progressivamente; e, nesse processo, a linguagem e a interação pessoal são muito importantes (MOREIRA; CABALLERO; RODRÍGUEZ PALMERO, 2004).

As situações propostas visam a que o conceito faça sentido na compreensão do estudante. De outro modo, pode-se dizer que a compreensão do conceito faz com que seja possível se dar conta de novas situações, ou seja, há uma relação dialética entre situações e conceitos. São as situações que dão sentido aos conceitos, mas a conceitualização permite dar conta de novas situações.

Segundo Moreira (2004), a teoria dos campos conceituais destaca que a aquisição de conhecimento tem, portanto, muitas características contextuais. Assim, muitas de nossas concepções vêm das primeiras situações que fomos capazes de dominar ou de nossa experiência tentando modificá-las (1996, p. 117). No entanto, existe provavelmente uma lacuna considerável entre os invariantes que os sujeitos constroem ao interagir com o meio e os invariantes que constituem o conhecimento científico.

A teoria dos campos conceituais, de Gérard Vergnaud, é uma teoria psicológica de conceitos (VERGNAUD, 1990, p. 147), uma teoria cognitivista do processo de conceitualização do real, como ele próprio diz (op. cit., p. 133). É uma teoria pragmática no sentido de que pressupõe que a aquisição do conhecimento é moldada por situações, problemas e ações do sujeito nessas situações (VERGNAUD, 1994, p. 42, *apud* SOUSA; FAVERO, 2002). As situações são postas na forma de problemas e, dessa forma, os conceitos começam a se tornar claros ao estudante. É também uma teoria complexa ou uma teoria da complexidade cognitiva, pois contempla o desenvolvimento de situações progressivamente dominadas, dos conceitos e teoremas necessários para operar eficientemente nessas situações e das palavras e dos símbolos que podem eficazmente representar esses conceitos e essas operações para o indivíduo, dependendo de seu nível cognitivo (VERGNAUD, 1994, p. 43, *apud* SOUSA; FAVERO, 2002).

Os conceitos de campo conceitual, de conceito, de situações, de esquema (herança piagetiana) e de invariante operatório (teorema-em-ação ou conceito-em-ação) são a espinha dorsal de sua teoria. Vergnaud define os conceitos a partir de três conjuntos:

- i) um conjunto de situações (S) que constituem o referente do conceito;
- ii) um conjunto de invariantes operatórios (I) teoremas-em-ação e conceitos-em-ação que lhe dão o significado;
- iii) um conjunto de representações simbólicas que compõem seu significante (R). Assim, conceito só pode ser definido a partir de situações que estão relacionadas com as representações simbólicas por meio do conjunto de invariantes operatórios. Como já foi dito, teoremas-em-ação são proposições que o sujeito acredita serem verdadeiras sobre a realidade. Conceitos-em-ação são propriedades, categorias, atributos que o sujeito acredita serem pertinentes a uma dada situação.

As situações planejadas no presente trabalho propõem inicialmente o estudo dos circuitos elétricos por meio de simulação, com a ideia de facilitar a compreensão dos conceitos envolvidos. Os conceitos de circuitos elétricos como integrantes de um dos campos conceituais da Física não podem ser ensinados como conceitos isolados. O eletromagnetismo, junto com seus conceitos-chave, forma um campo conceitual mais abrangente.

Propor o estudo de situações físicas aos alunos por meio de simulações é criar condições para que eles conceitualizem e desenvolvam seus esquemas.

A utilização de diferentes *softwares* de simulação proporciona diversas situações para que o aluno aumente a possibilidade de construir seus esquemas. Dessa forma, pode-se fornecer diferentes possibilidades para que ele tenha à sua disposição diferentes situações apresentadas. Pois, na realidade, isso proporciona que ele passe repetidas vezes e de forma diferente pelo estudo de um mesmo campo conceitual. Isso ocorre pelo fato de se apresentar o mesmo circuito elétrico em dois *softwares* diferentes e após desenvolver as tarefas em um painel real. Dessa forma, supõe-se que os conceitos sejam progressivamente assimilados. Assimilar progressivamente cada conceito é a prática para domínio de um campo conceitual, isso por se proporcionar diferentes formas de estudar um mesmo circuito elétrico. Assim, está-se proporcionando uma variedade de situações para que os conceitos tornem-se significativos. Dessa forma, é possível também verificar a forma como o progresso acontece à medida que os estudantes podem colocar em prática os esquemas por eles articulados.

Para Moreira (2004), as concepções prévias dos alunos contêm conceitos-em-ação que não são verdadeiros teoremas e conceitos científicos, mas que podem evoluir para eles. Porém o hiato entre os invariantes operatórios dos alunos e os do conhecimento científico é grande, de modo que a mudança conceitual poderá levar muito tempo. As novas situações assimiladas pelo estudante acabam por provocar, durante o processo, uma mudança conceitual.

Resumindo, o marco teórico básico deste trabalho é a premissa de Vergnaud de que são as situações que dão sentido aos conceitos e com isso espera-se ver uma aprendizagem significativa no campo conceitual de circuitos elétricos.

O próximo capítulo é o da metodologia utilizada, no qual é descrita tanto a proposta didática como sua implementação.

Capítulo 4

METODOLOGIA

4.1 Descrição metodológica

A ideia central é a de que o ensino das Ciências, em particular o ensino de Eletromagnetismo, deve acompanhar e seguir de perto a evolução da própria ciência, não só no que diz respeito aos seus resultados, mas também no que diz respeito aos seus processos e conflitos. Como meta, pretende-se a melhoria da qualidade da aprendizagem dos alunos a partir de uma abordagem totalmente prática dos conteúdos.

Os alunos participantes da experimentação didática são de um curso de tecnologia. É importante salientar que o trabalho está embasado tanto na epistemologia da ciência como em teorias de aprendizagem (campos conceituais). Portanto, pretende-se discutir tal embasamento com os alunos, considerando como ocorre uma aprendizagem significativa (AUSUBEL *et al*, 1980). Nessa oportunidade, também pode ser discutido como as novas tecnologias podem trazer benefícios no ensino de Ciências. Ainda se pode verificar que, com o avanço da educação à distância, a demanda por atividades que utilizam *softwares* aumenta, com o intuito de suprir deficiências na realização de aulas práticas, que são fundamentais para o desenvolvimento do aluno.

As atividades foram aplicadas na turma do curso Tecnólogo em Sistemas de Internet (TSI), do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Pelotas. No final do segundo semestre de 2009, houve aplicação de algumas atividades em uma turma piloto. A aplicação definitiva do projeto se deu no primeiro e segundo semestres de 2010 e 2011. A aplicação realizada dessa forma permitiu que fossem introduzidas melhorias a cada semestre.

Em se tratando de um curso de tecnologia, faz-se necessário que o estudante dessa área tenha domínio na área da eletricidade, como forma de poder controlar a sua ferramenta de trabalho. Com essa proposta, buscou-se uma forma de, num curto espaço de tempo, fazer um trabalho que fosse satisfatório para a aprendizagem dos alunos. Embora com um curto espaço de tempo e uma carga

horária também reduzida, buscou-se sair das usuais aulas teóricas apresentando o conteúdo de uma forma mais atrativa, especificamente para alunos de um curso que está inserido dentro da informática.

De acordo com Papert (1980), um bom ambiente de aprendizagem requer um contato livre entre o utilizador e o computador. Para isso, deverão ser disponibilizadas aos alunos “ferramentas que viabilizem a exploração dos nutrientes cognitivos, ou seja, os elementos que compõem o conhecimento”. Dessa forma, utilizou-se as ferramentas que esses alunos estão acostumados a usar no seu dia a dia.

O uso de *softwares* de simulação em um curso superior congrega a experiência dos alunos com a ferramenta e uma forma diferente de aprendizagem. Os alunos apresentam experiência em diferentes *softwares*, o que será muito útil em sala de aula na utilização de outros *softwares*. Então, dessa forma, juntou-se a experiência trazida por eles para rodarem ferramentas que falem de Física. Montou-se assim um ambiente próprio para que os alunos se sentissem à vontade e pudessem interagir com os conceitos da Física. A proposta de pesquisa foi de aplicação do material instrucional confeccionado para atividades práticas e verificação do comportamento desses alunos conforme aprendiam utilizando as ferramentas propostas, sejam elas aplicadas de que forma isolada ou combinadas. Foi preciso propor as atividades de uma forma cautelosa para que se pudesse sair do ambiente deles, alunos, de certa forma virtual, para um ambiente que se pode chamar de real ou, ainda, concreto. Era necessário verificar a transposição sendo realizada do que se considera o ensino feito por meio de simulações para o mundo real, nesse caso o painel pretendia mostrar a real aprendizagem.

O desenvolvimento do projeto se iniciou após a abordagem do conteúdo eletrostática na forma de seminários. Esses seminários tiveram como objetivo retomar os conceitos fundamentais que foram trabalhados no Ensino Médio, com o objetivo de não apenas identificar as dificuldades dos alunos, mas também possibilitar um certo nivelamento. Dessa forma, verificou-se todas as tradicionais situações pelas quais eles passaram no Ensino Médio, principalmente as dificuldades encontradas nas escolas públicas estaduais.

Tais dificuldades vão desde a falta de professores até a condição de alguns dos professores que ministraram tais conteúdos. Ouve-se nesses momentos muitas

histórias dos estudantes, que chegam a mencionar que profissionais liberais acabam ministrando aulas de Física. Portanto, trabalhou-se a primeira parte do conteúdo trazendo o que os alunos tinham aprendido no Ensino Médio.

Os circuitos elétricos foram trabalhados de três formas distintas. A primeira com a utilização do *software* Modellus. Modellus é um *software* que permite trabalhar com modelos matemáticos em Matemática, Física e Química, não só para serem feitos cálculos ou esboçar gráficos, mas também para, a partir desses modelos, poder fazer simulações de situações previstas por eles (TEODORO, 2008). As limitações inerentes a cada modelo podem ser discutidas e o *software*, por si só, não cria um fenômeno físico. Por isso, podem ser consideradas simulações de certas situações reais.

Em Física, por meio desse *software*, pode-se estudar diversos fenômenos. As vantagens na utilização de uma simulação no Modellus residem no fato de o estudante poder variar fácil e rapidamente os parâmetros envolvidos nos modelos e obter uma saída gráfica, além de animação e ferramentas de medição. O programa Modellus apresenta ainda a versatilidade de trabalhar com o próprio modelo matemático do tópico em questão, mostrando ser uma ferramenta interessante no auxílio da ilustração de fenômenos físicos e na introdução dos tópicos matemáticos necessários para descrevê-los. Ele foi desenvolvido pelo Prof. Vítor Duarte Teodoro da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e pode ser obtido gratuitamente por meio da Internet <http://modellus.fct.unl.pt/>.

É justamente na possibilidade de modificação dos valores das constantes associadas ao modelo e à visualização do resultado que reside a grande utilidade dessa ferramenta no processo de interatividade com o estudante. O estudante só precisa inserir o modelo (uma equação), colocar valores para certas constantes e dar início à simulação. Com isso, pode-se testar o comportamento do modelo para diversas situações físicas. Para mais detalhes sobre o funcionamento do *software* Modellus, pode-se consultar o manual do programa (TEODORO, 2008). Neste estudo, o *software* foi utilizado com a finalidade apenas de proporcionar aos alunos o manuseio das grandezas físicas resistência elétrica, diferença de potencial e corrente elétrica. Os circuitos propostos dão apenas a possibilidade de interagir com a variação das grandezas.

A segunda forma proposta para estudar os conteúdos relacionados a circuitos elétricos foi a utilização do PhET, Simulações Interativas de Ciência. O Projeto PhET (*Physics Educational Technology*) foi iniciado por Carl Wieman, ganhador do prêmio Nobel em Física de 2001 por conseguir a condensação de Bose-Einstein. Wieman usava um *applet* de Martin Goldman (do site physics2000, um projeto anterior e muito famoso da mesma Universidade). Ficou impressionado com o fato de que geralmente, em suas palestras, a única coisa de que o público se lembrava era a simulação. Sendo Nobel, ficou um pouco mais fácil conseguir financiamento (do NSF, das fundações Kavli e Hewlett e também o dinheiro do seu prêmio), e Wieman resolveu investigar e produzir sistematicamente o uso de simulações interativas para ensinar Física. As simulações do PhET são escritas, sobretudo, em Java e distribuídas usando a tecnologia Web Start.

Java é uma multiplataforma e tem alta *performance* (por ser uma linguagem estática e compilada). Nessa situação, os estudantes podem trabalhar livremente os circuitos. A montagem é livre e existem também instrumentos de medida que possibilitam que sejam utilizados como em circuitos reais. Considera-se esse *software*, embora haja outros, muito próximo da realidade. A escolha se deu em muito pelo fato do *software* ser gratuito, assim como o Modellus. Utilizando-se *softwares* gratuitos espera-se alcançar um número muito maior de estudantes que se interessem em estudar circuitos elétricos. Com relação aos painéis, eles foram especialmente construídos com o objetivo de dar grande liberdade ao aluno de construir um circuito elétrico. A proposta era que ele conseguisse pensar a partir das simulações realizadas, sejam as realizadas no Modellus ou no PhET. Com fios e componentes como resistores e lâmpadas, era possível a montagem de um circuito funcional. Optou-se por deixar fixos no painel a fonte juntamente com um interruptor e um multímetro.

As tarefas foram planejadas e apresentadas aos alunos em 13 atividades:

- MODELLUS – ATIVIDADE I – CIRCUITO SIMPLES.
- MODELLUS – ATIVIDADE II – CIRCUITO SÉRIE.
- PhET – ATIVIDADE III – CIRCUITO SÉRIE.
- MODELLUS – ATIVIDADE IV – CIRCUITO PARALELO.
- PhET – ATIVIDADE V – CIRCUITO PARALELO.
- PAINEL – ATIVIDADE VI – CIRCUITO PARALELO.

- MODELLUS – ATIVIDADE VII – CIRCUITO MISTO.
- MODELLUS – ATIVIDADE VIII – CIRCUITO MISTO.
- PAINEL – ATIVIDADE IX – CIRCUITO MISTO.
- PhET – ATIVIDADE X – CIRCUITO MISTO.
- PhET – ATIVIDADE XI – CIRCUITO SÉRIE.
- PhET – ATIVIDADE XII – CIRCUITO PARALELO.
- PAINEL – ATIVIDADE XIII – CIRCUITO MISTO.

As atividades de I a X envolvem resistores e as de XI a XIII são atividades com lâmpadas.

Foi preparada uma série de atividades que têm como objetivo introduzir as ferramentas de forma gradual. Assim, optou-se inicialmente por utilizar no estudo de circuitos simples o Modellus. Nessa situação, apenas pretende-se que o aluno veja como interagem as grandezas físicas diferença de potencial elétrico, resistência elétrica e corrente elétrica. Logo após, no estudo de circuitos em série com o Modellus, introduziu-se o PhEt. Então, com circuitos em série, trabalhou-se com os dois *softwares*. Nos circuitos em paralelo, além da utilização do Modellus e PhEt, iniciou-se atividades com painel real.

Nas etapas iniciais, foi proposto o estudo dos circuitos elétricos com resistores e, mais tarde, retomou-se nas últimas atividades uma proposta de trabalhar os mesmos circuitos com lâmpadas.

As atividades levam em conta os objetivos propostos. No caso das atividades criadas sobre circuitos elétricos simples, foram os seguintes:

- a) a partir de uma diferença de potencial entre pontos de um circuito simples, o aluno deverá:
 - i) ser capaz de perceber a corrente elétrica como consequência da diferença de potencial e da resistência elétrica;
 - ii) relacionar o aumento da corrente elétrica no circuito à diminuição da resistência elétrica equivalente.
- b) a partir de uma associação de resistores em série, o aluno deverá perceber que:
 - i) a corrente que circula pelos resistores é a mesma;
 - ii) a resistência equivalente aumenta quando mais um resistor é associado em série;

- iii) a soma das diferenças de potencial entre as extremidades dos resistores é igual à diferença de potencial aplicada entre os extremos da fonte;
 - iv) a diferença de potencial aplicada entre os extremos da fonte é característica própria da fonte;
 - v) é necessário tratar o circuito elétrico como um sistema.
- c) a partir de uma associação de resistores em paralelo, o aluno deverá perceber que:
- i) a diferença de potencial entre os extremos dos resistores é a mesma;
 - ii) a resistência equivalente diminui quanto mais um resistor é associado em paralelo;
 - iii) as divisões de correntes em um ponto de junção do circuito (divisor de corrente) dependem do que existe à frente no circuito;
 - iv) a intensidade da corrente elétrica que passa em um resistor depende da sua resistência elétrica e da diferença de potencial entre os extremos;
 - v) é necessário tratar o circuito elétrico como um sistema.
- d) a partir de um circuito com resistores em associação mista, o aluno deverá ser capaz de:
- i) tratar o circuito como um sistema;
 - ii) identificar o comportamento da diferença de potencial nas extremidades dos resistores;
 - iii) identificar qual é a intensidade de corrente elétrica que passa em cada resistor.
- e) a partir de um circuito com lâmpadas, o aluno deverá ser capaz de:
- i) identificar que a lâmpada é um resistor e, portanto, os comportamentos observados em relação a resistores se manifestam também com lâmpadas (itens b, c e d);
 - ii) associar o brilho da lâmpada à corrente elétrica e a diferença de potencial.

4.2 Procedimentos da realização da experimentação didática

A seguir, procurar-se-á descrever as etapas seguidas ao longo das atividades desenvolvidas neste trabalho. Inicialmente, procurou-se montar uma proposta que contemplasse o conteúdo circuitos elétricos de forma que os alunos conseguissem se apropriar de todos os conceitos envolvidos. As ferramentas à disposição, ao longo deste trabalho, foram o *software* Modellus, o *software* PhET e um painel de circuitos. Em alguns momentos, chama-se o painel de circuitos, também, de painel real. Portanto, havia duas ferramentas virtuais e uma ferramenta real. Tomou-se o cuidado de introduzir as ferramentas de modo que sempre contribuíssem no desenvolvimento dos conteúdos trabalhados. A ideia central era que as ferramentas se ajudassem mutuamente, ou seja, o ambiente virtual se misturando ao ambiente real e proporcionando ao aluno visões diferentes de um mesmo assunto. O produto didático produzido e descrito aqui teve sempre como foco principal o entendimento dos conceitos envolvidos nos circuitos elétricos por parte dos alunos. As atividades são introduzidas após apresentação do conteúdo Lei de Ohm. Também tomou-se o cuidado de trabalhar com os instrumentos de medidas, uma vez que eles estariam sempre presentes na atividades, fossem elas virtuais ou reais.

A primeira atividade prática foi um circuito simples, trabalhado apenas pelo *software* Modellus (Ape). A atividade serviu para que os alunos pudessem verificar de que forma as grandezas se relacionam.

O segundo conteúdo desenvolvido dentro do produto didático foi o circuito série. Nesse conteúdo, trabalhou-se com o Modellus (Apêndice C) e introduziu-se também o segundo *software*, o PhET (Apêndice D). Como consequência, trabalhou-se o mesmo conteúdo com dois *softwares* diferentes.

O terceiro conteúdo trabalhado dentro do produto didático foi o circuito paralelo. O desenvolvimento desse conteúdo teve o *software* Modellus (Apêndice E), o *software* PhET (Apêndice F) e o painel de circuitos (Apêndice G). Dessa forma então, trabalhou-se o mesmo assunto de três formas diferentes.

O quarto assunto trabalhado pelo produto didático foi o circuito misto. Estiveram novamente envolvidos os três recursos trabalhados anteriormente, o Modellus (Apêndice H e Apêndice I), o PhET (Apêndice K e Apêndice L) e o painel

de circuitos (Apêndice J). Ainda no circuito misto, foram introduzidas atividades complementares envolvendo lâmpadas.

Capítulo 5

DESCRIÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO DIDÁTICA E ANÁLISE DE INFORMAÇÕES OBTIDAS

A seguir, descrever-se-á o desenvolvimento das tarefas executadas ao longo do período em que foi colocado em prática o produto didático desta dissertação. Procurou-se fazer um levantamento das etapas da forma como ocorreram e a descrição de algumas dificuldades encontradas. Descreveu-se o comportamento dos alunos nas diferentes fases e nos diferentes semestres em que foi aplicado.

Serão analisados os resultados dos pré e pós-testes aplicados ao longo de cada semestre. Também estão relacionadas aqui as respostas dos alunos a alguns questionários, especialmente elaborados a fim de verificar o seu comportamento frente às diferentes ferramentas utilizadas.

5.1 Descrição da experimentação didática

Considerando a aplicação do piloto, no total, ocorreram cinco aplicações do projeto. Durante o piloto, foram feitos vários ajustes que se fizeram necessários. Além da correção dos textos e inclusão e ajustes nas questões propostas, foram realizados ajustes também nos desenhos utilizados nas simulações com o *software* Modellus (Figura 6). O item que mais chamou a atenção foi a utilização do símbolo de interruptor, que teve de ser trocado por uma simulação. Os estudantes inicialmente não entendiam o símbolo estático e não percebiam que a simbologia também poderia representar o dispositivo na posição fechada. Isso foi algo que se mostrou da mesma forma durante todas as etapas. Devido a isso, foi decidido não só colocar o dispositivo em todas as simulações e também no painel, mas sempre salientar o seu uso.

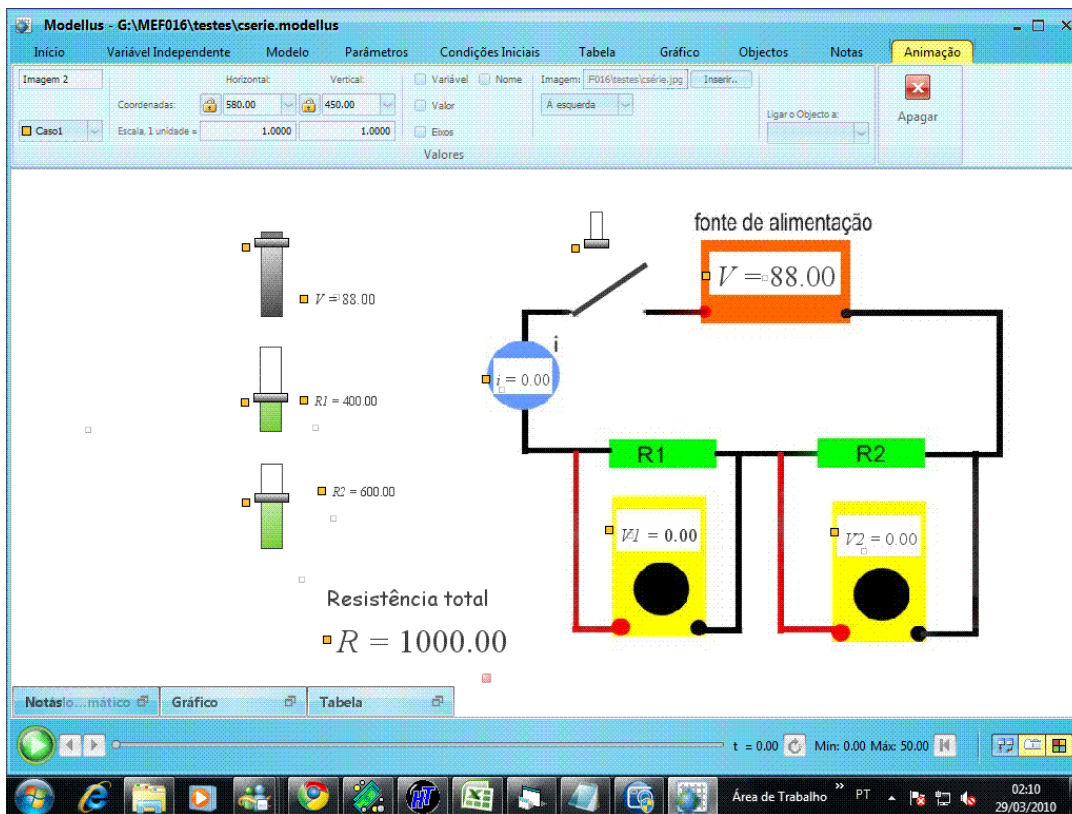


Figura 6 – Tela do Modellus com a simulação do circuito série

Após os ajustes iniciais, foi aplicada a primeira atividade, no primeiro semestre de 2010, para uma turma de 26 alunos. Ao final do semestre, resultaram 20 estudantes, tendo em vista a evasão dos demais. Nesse semestre, começou-se aplicando inicialmente o *software* Modellus fora do conteúdo de circuitos elétricos como uma forma de os alunos tomarem conhecimento dele. Foi aplicada uma simulação envolvendo Campo Elétrico Uniforme. Durante essa atividade, foi possível perceber que os alunos rapidamente se familiarizaram com a utilização desse *software*. O objetivo dessa aplicação foi para que, quando se chegasse ao conteúdo do projeto, não se necessitasse gastar tempo com explicações do *software* utilizado. O conteúdo considerado introdutório às atividades planejadas é Leis de Ohm. A primeira atividade é um circuito simples para que os estudantes entendam a interação entre as grandezas diferença de potencial, resistência elétrica e corrente elétrica. Na sequência, passou-se para o circuito série ainda com a utilização apenas do Modellus. Na terceira parte, iniciou-se o estudo do circuito paralelo ainda com o mesmo *software*, mas desta vez introduzindo também o *software* PhET (Figura 7). A introdução desse *software* foi feita de uma forma muito tranquila. Com a

diferença que o Modellus estava sendo usado de uma forma mais estática, o PhET veio de uma forma que possibilitou aos alunos uma grande liberdade na construção de novos circuitos. Nesse *software*, não se achou necessária uma atividade prévia, como aconteceu na anterior. Pelo fato de já estarem familiarizados com o circuito a ser trabalhado, foi muito rápido o desenvolvimento da atividade com o novo *software*.

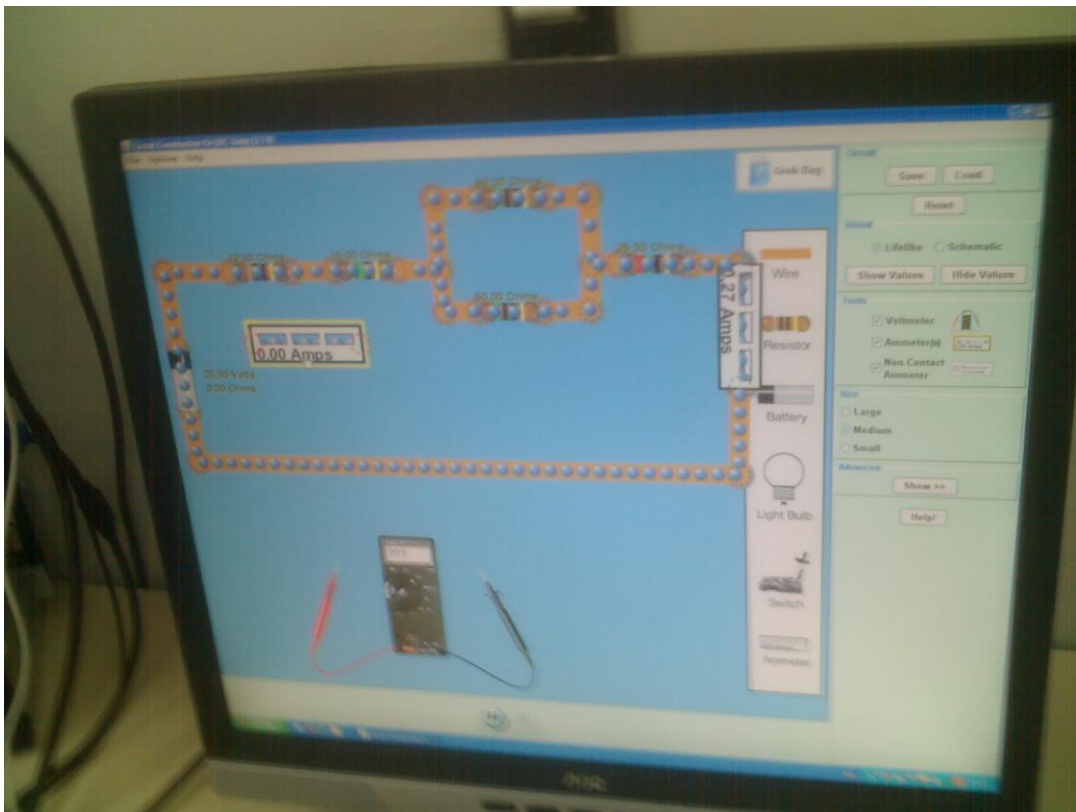


Figura 7 – Circuito montado por alunos no PhET

No caso da utilização do PhET (Figura 8), os alunos foram além de simplesmente utilizar uma simulação, eles conseguiram visualizar a relação entre as grandezas e os resultados. Perceberam que utilizar o *software* seria uma forma de resolver problemas tradicionalmente numéricos. Colocavam na simulação os valores fornecidos pelos problemas e retiravam da simulação os resultados solicitados. Foi uma iniciativa totalmente deles, já que não foram induzidos a tal. Em nenhum momento, foi dito que resolvessem os problemas utilizando a simulação.

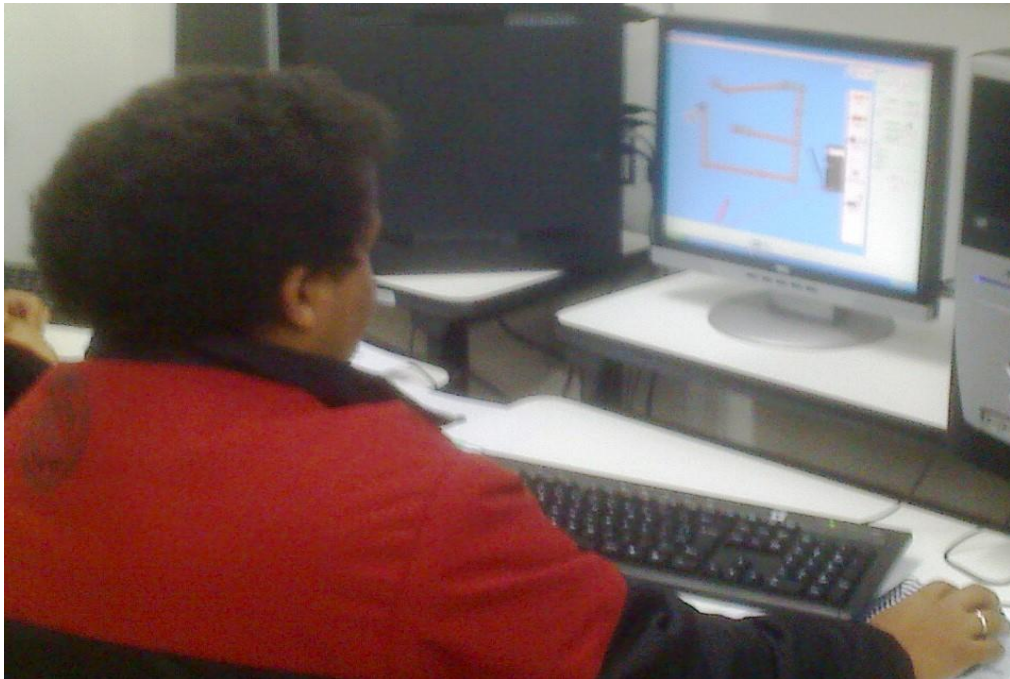


Figura 8 – Manuseio do PhET pelos alunos

Os alunos perceberam que os problemas numéricos se encaixam bem dentro da simulação. Em vez dos tradicionais cálculos, simplesmente utilizaram o amperímetro e o voltímetro para efetuar as medidas. Por fim, aplicou-se com o circuito misto, além do Modellus e do PhET, o painel real (Figura 9 e Figura 10). A expectativa era que os alunos facilmente conseguissem montar os circuitos propostos em um painel real, ou seja, em um experimento de laboratório. Achava-se que se daria de forma automática, visto a forma que eles trabalharam nas simulações. Estava claro que conseguiam entender perfeitamente as simulações e chegavam a todos os resultados previstos, porém na atividade de laboratório isso não se deu no primeiro momento, como era esperado. Foi necessária, em alguns casos, a ajuda do professor para que conseguissem montar e efetuar todas as medidas.

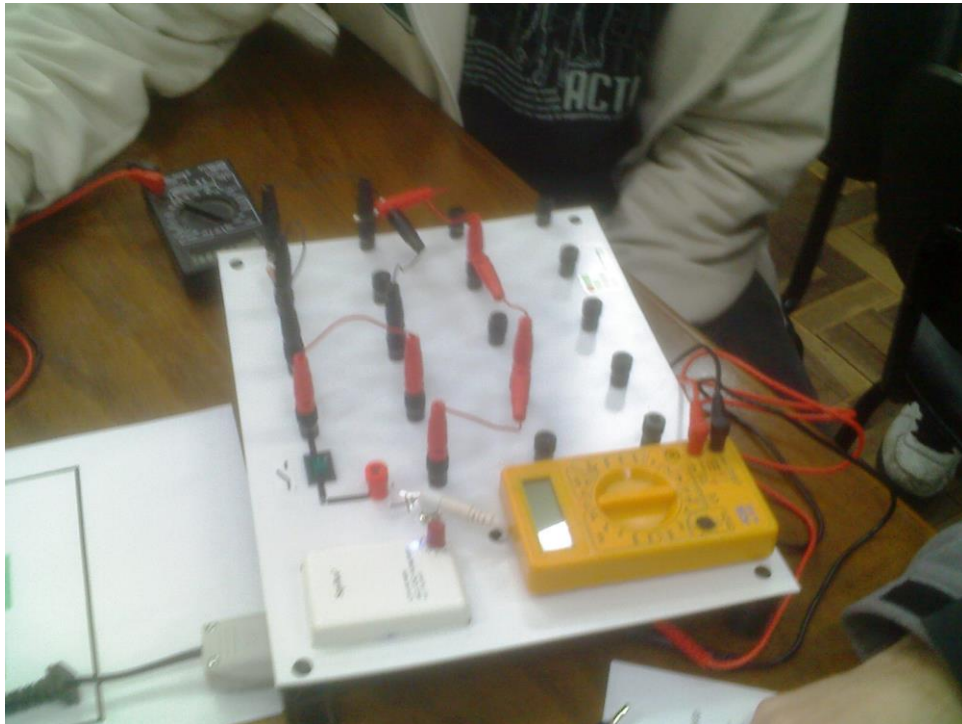


Figura 9 – Circuito montado por alunos no painel



Figura 10 – Manuseio do painel pelos alunos

As explicações dadas pelos alunos para isso era que havia receio de montar os circuitos de forma errada e assim danificar algum dispositivo ou componente. Alguns também alegaram que sentiram medo de que pudesse ocorrer algum choque

elétrico. Esse medo desapareceu logo que foi mostrado a eles que não havia nenhum tipo de risco.

Havia quatro alunas no grande grupo, e notou-se que estas tiveram um grau de dificuldade ainda bem maior do que os demais.

Utilizou-se no trabalho o teste construído e validado por Silveira, Moreira e Axt (1989), transcrito no Anexo A, com o objetivo de verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. Cada item do teste possui três alternativas: uma delas é coerente com a concepção científica e as outras duas são coerentes com concepções alternativas, principalmente com o modelo não conservativo, segundo o qual a corrente elétrica é consumida em cada componente do circuito.

Notou-se durante as aulas em que foram utilizadas as simulações que a grande maioria se sentiu à vontade. Estavam em um ambiente que era “seu”. Com isso foi possível trabalhar os conceitos dentro dos próprios circuitos elétricos.

O trabalho com o Modellus foi planejado e montado de forma que o aluno pudesse verificar as mudanças em cada grandeza trabalhada. O primeiro circuito chamado circuito simples contém apenas uma fonte de alimentação, um resistor e um interruptor. Cabe aqui ressaltar que se optou pela utilização do interruptor em todos os circuitos para que se pudesse salientar a questão do funcionamento do circuito a partir da condição dele estar aberto ou fechado. Pode-se notar que, em todos os roteiros, isso é perguntado. O objetivo era que, ao montar o circuito real, os estudantes lembrassem a importância de verificar que o circuito deve estar aberto. Até como uma forma de lembrar que é mais seguro trabalhar em circuitos reais quando eles estão abertos.

Em função do número de computadores no laboratório e do número de alunos, foi possível ter alunos trabalhando sozinhos ou, no máximo, em duplas. Observando de perto o desempenho, não foi muito diferente, pelo fato de trabalharem em duplas ou individualmente. Buscou-se observar como alguns trabalhavam com insegurança em certos momentos, mas o fato de que a simulação permite errar sem causar quaisquer transtornos fez com que essa insegurança logo desaparecesse. Até se pôde verificar que, em certos momentos, eles simularam situações que na prática ocasionariam danos aos componentes utilizados.

Assim, a proposta do Modellus cumpriu com seu objetivo, que foi trabalhar as grandezas diferença de potencial, resistência elétrica e corrente elétrica, de forma que os alunos percebessem a finalidade e o comportamento de cada uma delas. E, ainda, o mais importante, a maneira como essas grandezas interagem entre si. Assim, foi possível mudar, por exemplo, a diferença de potencial e verificar o que acontece com a corrente elétrica. O mesmo ocorreu quando se mudou o valor da resistência elétrica e pôde-se ver sua interação com a mesma corrente.

Ao trabalhar com o PhET, o comportamento mudou. Nesse *software*, é necessário montar todo o circuito, o que de certa forma permite maiores possibilidades, inclusive na construção deles. A mudança de comportamento era a de sair de um circuito completamente estático, em que só era possível mudar valores e alterar a posição de interruptores, para uma situação em que havia um completo domínio da situação, desde a construção dos circuitos até a medição das grandezas, inclusive passando pelo fato de que cada instrumento tem seu comportamento. No Modellus, isso não acontecia, mas contribuiu de forma significativa para que no PhET se pudesse construir os circuitos elétricos solicitados e ainda efetuar as devidas medidas.

A colocação dos instrumentos no PhET foi o fato novo e, mesmo sem ter sido chamada a atenção para essa situação, ele já fazia parte do circuito como um todo. Verificou-se, inclusive, o fato de alguns abrirem inicialmente os arquivos do Modellus para poderem verificar a posição dos componentes e instrumentos de medida. Procurou-se, propositalmente, deixar uma maior liberdade na construção do circuito no PhET para que fosse estimulada a construção mental dos esquemas por parte dos alunos. Projetou-se que essas construções deveriam evoluir para o trabalho com os painéis reais. Dessa forma, haveria indícios da construção correta dos modelos mentais. Ao mesmo tempo, foi possível verificar a relação que os alunos faziam com os circuitos do Modellus, PhEt e Painel real. Pode-se inferir que o aprendizado ocorreu de uma forma entrelaçada.

Na resolução de problemas, verificou-se que eles imediatamente recorreram ao PhET. Foram apresentados problemas de forma tradicional para que os alunos resolvessem. Os enunciados apresentavam desenhos de circuitos montados, com valores de tensão da fonte e valores das resistências elétricas dos resistores. Era solicitado nesses enunciados os valores de corrente e de tensão em cada resistor

que compunham tais esquemas. Em vez de resolverem no papel, como era esperado, eles optaram por montar o circuito no PhET e verificar as medidas. Segundo eles, essa era uma forma mais rápida do que a tradicional, usando papel e lápis. Como eram alunos que vinham do Ensino Médio e, portanto, já haviam estudado circuitos elétricos, essa não foi uma atitude esperada. O mais lógico era que procurassem resolver das formas aprendidas no Ensino Médio.

Dessa forma, pode-se inferir o quanto os alunos foram influenciados pela simulação durante a aprendizagem. Foi possível observar que eles se sentiam muito à vontade enquanto trabalhavam em ambiente virtual. Chama-se também a atenção neste momento à utilização dos instrumentos de medida de forma correta. Esperava-se que tal utilização poderia representar uma dificuldade durante as atividades. No entanto, ficou bem claro o uso tanto do voltímetro quanto do amperímetro, sugerindo o entendimento de diferença de potencial e de corrente elétrica.

Como já foi mencionado, o projeto foi aplicado em cinco semestres, sendo que no primeiro foi considerado apenas um piloto. Dessa forma, houve condições de fazer ajustes em textos e roteiros. Mesmo estando atentos às modificações que necessitavam ser realizadas, nunca se perdeu o foco na aprendizagem dos alunos no conteúdo circuitos elétricos. No piloto, o painel surgiu apenas na fase final. O semestre foi mais trabalhado em simulações envolvendo as situações propostas. Verificou-se que todas as simulações estavam com seu funcionamento correto e, nos pontos em que apareceram problemas, estes foram corrigidos.

No primeiro semestre de 2010, foi programado um tempo maior para as atividades, mesmo assim procurou-se introduzir uma ferramenta sempre isolada das outras. Assim, começou-se utilizando o Modellus em uma atividade que se chama de circuito simples. Com o estudo do circuito série, introduziu-se o PhET. Assim, eles estudaram junto o circuito de uma forma que se considera estática com o Modellus, e de uma forma dinâmica com o PhET. Nos dois casos, percebeu-se poucas dificuldades, apresentadas apenas por alguns alunos. Somente no estudo do circuito paralelo, foi introduzido o painel real.

A introdução do painel foi feita juntamente com atividades envolvendo circuitos paralelos e com o uso do PhET. Nessa atividade, a turma foi dividida de forma que trabalhasse metade com o PhET e a outra metade com o painel real. Dessa forma, queria-se verificar o ganho de desempenho dos alunos que usassem

inicialmente o painel real ou trabalhassem com o PhET. Foi notada uma maior dificuldade com o uso do painel, mas não o suficiente para atrapalhar o desempenho da atividade. Por se tratar de algo real, os alunos tiveram algum receio em efetuar uma montagem inadequada que possibilitasse algum erro no funcionamento. Daí a insistência nas atividades sempre envolvendo a utilização de interruptor para que tudo fosse montado com o circuito aberto, ou seja, desligado. Em todos os roteiros com o Modellus, aparece a questão do uso do interruptor. Mesmo com todos os cuidados tomados, ainda houve alguns circuitos que não foram montados adequadamente. Mesmo com a perfeita utilização do PhET por estes alunos, não houve a transposição do conhecimento para o painel real. Pareceu para alguns poucos que aquele painel nada tinha a ver com o que foi trabalhado nas simulações. Estes poucos não conseguiram fazer a relação do que estavam estudando de uma forma virtual para o real exigido naquele momento.

A terceira e última proposta foi a utilização de circuitos reais com o uso do painel especialmente montado para esse fim. A montagem do painel foi feita de forma a dar completa liberdade aos estudantes na montagem dos circuitos. Semelhante ao *software* PhET, os estudantes deviam montar os circuitos utilizando componentes eletrônicos e fios. O painel possui já fixada uma fonte ajustável, um interruptor e um multímetro.

5.2 Análise de informações obtidas

5.2.1 Primeiro semestre de 2010

A primeira turma em que foi aplicado o projeto no primeiro semestre de 2010 era composta de 26 alunos. Destes, cinco evadiram-se durante o período e um foi reprovado. A razão da reprovação foi o fato de ter deixado de entregar as tarefas propostas. Os demais alunos obtiveram aprovação.

Na primeira aula, foi aplicado um pequeno questionário (Apêndice A) para se ter uma ideia de como foi tratado o conteúdo de eletricidade no Ensino Médio. Dezesseis alunos completaram a pesquisa. Destes alunos, sete eram oriundos do próprio IFSul Campus Pelotas e nove de escolas estaduais. Do estudo de eletricidade no Ensino Médio, oito afirmaram que foi o único conteúdo visto ao longo

do ano letivo, enquanto que oito disseram que viram também outros conteúdos. Dez tiveram o conteúdo ministrado por um único professor, enquanto que os demais tiveram dois ou três. Dez alunos não realizaram nenhum tipo de atividade em laboratório, enquanto quatro foram raramente ao laboratório e dois frequentavam constantemente. Treze alunos não realizaram qualquer atividade com envolvimento de simulações em computadores, enquanto que dois tiveram algum contato com tais atividades.

Antes da aplicação das atividades, foi realizado o pré-teste (Apêndice B) e, após a realização de todas as tarefas, aplicado o pós-teste (Apêndice B).

O resultado do pré-teste aplicado no primeiro semestre de 2010 tem as respostas apresentadas pelos alunos para cada uma das questões explicitadas na Tabela 9. A questão 8 não foi considerada na pesquisa por se trabalhar apenas com circuitos simples e por esta tratar de circuitos envolvendo capacitores. Foi marcada em negrito a alternativa que responde corretamente cada questão.

Tabela 9 – Pré-teste 2010/1

Questão	A	B	C
1	3	2	14
2	4	12	3
3	13	4	2
4	5	10	4
5	9	6	4
6	7	0	12
7	3	13	3
9	12	5	2
10	5	2	12
11	4	1	14
12	7	2	10
13	9	5	5
14	1	14	4

Ao final do semestre e após serem desenvolvidas as atividades propostas, foi aplicado o pós-teste (ANEXO A). O resultado do pós-teste aplicado no primeiro semestre de 2010 tem as respostas apresentadas pelos alunos para cada uma das questões explicitadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Pós-teste 2010/1

Questão	A	B	C
1	2	0	16
2	14	4	1
3	8	10	1
4	8	7	4
5	4	12	3
6	5	8	6
7	3	13	3
9	16	2	1
10	4	0	15
11	4	9	7
12	6	8	5
13	3	14	2
14	2	5	12

Comparando-se os dados apresentados na Tabela 9 e na Tabela 10, é possível perceber que houve um aumento no número de acertos no pós-teste comparado ao pré-teste. Dessa forma, há indícios de que houve alguma mudança nas concepções alternativas trazidas pelos alunos.

5.2.1.1 Comparação da atividade manual com atividade realizada no PhET durante o primeiro semestre de 2010

Como se queria saber de que forma o aluno trabalhava com cada ferramenta e como se comportava com as mudanças entre elas, também foram feitos alguns questionamentos com relação às atividades e ferramentas utilizadas. Buscava-se saber o comportamento do aluno em cada etapa. A primeira delas foi logo após a aplicação das atividades sobre circuito paralelo, comparando a experiência de resolver um problema manualmente com papel e lápis e resolver um problema com auxílio do PhET. Dezesete alunos preencheram o questionário (APÊNDICE O) que foi postado no Google Docs.

Na atividade em que participaram 17 alunos, oito inicialmente realizaram a atividade no computador com a utilização do PhET, conforme roteiro da Atividade V (APÊNDICE F) e nove realizaram o exercício manualmente.

Tabela 11 – Nível de dificuldade da atividade manual

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	1	6%
2	3	18%
3	10	59%
4	3	18%
5	0	0%

Questionados sobre o nível da atividade manual, conforme Tabela 11, pode-se observar que a maioria dos alunos considerou como sendo uma atividade de dificuldade média.

Já sobre o nível de dificuldade da atividade no computador indicado na Tabela 12, também considerando 1 o índice mais fácil, verifica-se que a maioria fica entre fácil e média.

Tabela 12 – Nível de dificuldade da atividade no computador

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	1	6%
2	7	41%
3	6	35%
4	2	12%
5	1	6%

Tabela 13 – A primeira atividade ajudou na segunda

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito	5	29%
Pouco	10	59%
Nada	1	6%
Não sei dizer	1	6%

Verifica-se na

Tabela 13 que a maior parte do grupo achou que a primeira atividade de alguma maneira ajudou no desenvolvimento da segunda atividade. O que parece realmente marcante foi o fato de que os que responderam muito foram os alunos que realizaram inicialmente a atividade simulada.

Sobre a realização na ordem inversa (Tabela 14), chama a atenção o fato de apenas quatro alunos considerarem que, se tivessem realizado as atividades na ordem inversa, teriam conseguido o mesmo resultado.

Tabela 14 – Se as atividades tivessem sido realizadas na ordem inversa

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	4	24%
Não	6	35%
Não sei dizer	7	41%

Pode-se entender que os alunos consideraram que as atividades ajudaram no aprendizado dos conteúdos circuito série e circuito paralelo pelo que apresenta a Tabela 15.

Tabela 15 – As atividades ajudaram no aprendizado dos conteúdos circuito série e circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
5	3	18%
4	7	41%
3	4	24%
2	2	12%
1	1	6%

Pretendia-se saber se nessa etapa das atividades os estudantes se consideravam em condições de realizar os experimentos em um painel real. Conforme se verifica na Tabela 16, nenhum respondeu que conseguiria com facilidade.

Tabela 16 – Consegue repetir os experimentos em um painel real

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim, com facilidade	0	0%
Sim, com alguma ajuda	14	82%
Não	3	18%

Tabela 17 – Se acha em condições de resolver qualquer problema de circuito série e circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	1	6%
Alguns	10	59%
Não	4	24%
Não tenho ideia	2	12%

Questionados sobre se se achavam em condições de resolver qualquer problema de circuito série e circuito paralelo, Tabela 17, apenas um aluno

respondeu que sim. Aqui chama a atenção a falta de confiança, porque, na realidade, a grande maioria foi capaz de resolver grande parte dos problemas propostos sobre o assunto.

Tabela 18 – Conteúdo em que teve maior facilidade

Alternativa	Quantidade	Percentual
Circuito série	7	41%
Circuito paralelo	5	29%
Nenhum	2	12%
Os dois	3	18%

Questionados sobre em qual conteúdo os alunos tiveram maior facilidade – se circuito série, circuito paralelo ou os dois – conforme Tabela 18, surpreende o fato de apenas dois responderem que tiveram facilidade nos dois conteúdos.

Conforme Tabela 19, a maioria dos estudantes encontrou relação entre os conteúdos, ou seja, que os dois conteúdos se relacionam de alguma maneira.

Tabela 19 – Os conteúdos se relacionam

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	8	47%
Sim, um pouco	9	53%
Não	0	0%
Não tenho ideia	0	0%

Percebe-se, na Tabela 20, que poucos consideraram que a aprendizagem ocorreria da mesma forma se não houvesse as simulações. Com isso, percebe-se que a simulação conseguiu atingir seu objetivo.

Tabela 20 – A aprendizagem ocorreria da mesma forma se não houvesse as simulações

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	1	6%
Sim, um pouco	2	12%
Não	8	47%
Não tenho ideia	6	35%

O que mostra a Tabela 21 foi uma surpreendente iniciativa de alguns recorrerem à simulação para a resolução de problemas. Foi verificado que vários alunos abriram o *software* de simulação para resolver os problemas que tradicionalmente estavam acostumados a resolver no papel.

Tabela 21 – Solução dos problemas utilizando a simulação

Alternativa	Quantidade	Percentual
Só copiei	5	29%
Copiei e calculei	6	35%
Calculei	6	35%
Não resolvi	0	0%

Verificou-se também (Tabela 22), os hábitos de estudo fora da sala de aula. Foi possível perceber que os alunos não refizeram as atividades fora de aula, mesmo com a facilidade de acesso a todas as ferramentas.

Tabela 22 – Sobre o estudo dos conteúdos fora da sala de aula

Alternativa	Quantidade	Percentual
Refiz todas as atividades várias vezes	0	0%
Refiz todas as atividades algumas vezes	2	12%
Não refiz as atividades porque entendi todas em aula	6	35%
Não refiz as atividades porque não entendi em aula	3	18%
Não refiz porque tinha outras atividades mais importantes	6	35%

5.2.1.2 Comparação da utilização das ferramentas de simulação Modellus e PhET após a realização das atividades no primeiro semestre de 2010

A atividade a seguir foi realizada por 19 alunos, de forma que alguns a fizeram inicialmente no Modellus e outros no PhET. Na sequência, inverteram as atividades. Foi analisado o que expuseram sobre a forma como se sentiram durante as atividades. A análise é feita a partir das respostas a um questionário (Apêndice P) encaminhado pelo Google Docs.

Na comparação da simulação de circuitos utilizando o PhET com o Modellus, conforme a Tabela 23, percebe-se a facilidade maior no PhET.

Tabela 23 – A simulação de circuitos utilizando o PhET comparado com o Modellus

Alternativa	Quantidade	Percentual
Modellus mais fácil de usar	2	11%
PhET mais fácil de usar	10	53%
Os dois são fáceis	7	37%
Os dois são difíceis	0	0%

Os alunos perceberam que a simulação os ajudou a entender melhor os circuitos elétricos, como se vê na Tabela 24.

Tabela 24 – A simulação de circuitos nestes tipos de *softwares* ou plataformas

Alternativa	Quantidade	Percentual
Ajudam a entender melhor os circuitos elétricos	18	95%
Não auxiliam no entendimento dos circuitos elétricos	0	0%
Confundem o entendimento dos circuitos elétricos	0	0%
Não ajudam nem atrapalham o estudo dos circuitos elétricos	1	5%

Os alunos conseguiram de alguma forma visualizar a realidade a partir da situação vivenciada na simulação, como mostrado na Tabela 25.

Tabela 25 – A visualização do real a partir da simulação

Alternativa	Quantidade	Percentual
Consigo visualizar a realidade plenamente	9	47%
Consigo visualizar a realidade parcialmente	10	53%
Não consigo visualizar a realidade	0	0%

Percebe-se, pela Tabela 26, que os alunos consideram que as simulações ajudam a entender os conceitos trabalhados.

Tabela 26 – Sobre aulas utilizando simulações

Alternativa	Quantidade	Percentual
Ajudam a entender os conteúdos	19	100%
Atrapalham no entendimento dos conteúdos	0	0%
Confundem os conteúdos	0	0%
É uma perda de tempo. Prefiro as atividades explicadas no quadro	0	0%

Os alunos consideraram as atividades utilizando o PhET como fáceis e muito fáceis, como é visto na Tabela 27.

Tabela 27 – Nas atividades utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito fácil	11	58%
Fácil	8	42%
Difícil	0	0%
Muito difícil	0	0%

5.2.1.3 Comparação da utilização da ferramenta de simulação PhET com a utilização de painel de circuitos no primeiro semestre de 2010

Foram realizadas duas atividades envolvendo circuito misto. Uma delas utilizando a plataforma PhET e a outra em um painel com componentes. Vinte e dois alunos realizaram a atividade. A análise corresponde a um questionário (APÊNDICE Q) encaminhado aos alunos pelo Google Docs. Dez fizeram inicialmente no PhET e 12 no painel. Após a realização da primeira, as atividades foram invertidas. Os alunos que fizeram inicialmente no PhET passaram a trabalhar no painel, e os que trabalharam no painel passaram a trabalhar no PhET. Essa distribuição aparece na Tabela 29.

Questionados sobre a atividade mais fácil, conforme a Tabela 28, observa-se que os alunos consideraram a atividade realizada no PhET a mais fácil.

Tabela 28 – Utilização do painel comparado com o uso do PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Painel mais fácil	1	5%
PhET mais fácil	18	82%
Os dois fáceis	3	14%
Os dois difíceis	0	0%

Tabela 29 – Atividade realizada em primeiro lugar

Alternativa	Quantidade	Percentual
PhET	10	45%
Painel	12	55%

Sobre a primeira atividade ter ajudado na segunda, verifica-se, conforme a Tabela 30, que houve tal ajuda.

Tabela 30 – A primeira atividade ajudou na segunda

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	19	86%
Não	3	14%

A atividade mais trabalhosa foi considerada a realizada no painel, como se vê na Tabela 31.

Tabela 31 – Atividade mais trabalhosa

Alternativa	Quantidade	Percentual
Painel	21	95%
PhET	1	5%

Não houve um consenso sobre a atividade utilizando o painel, como se pode observar na Tabela 32.

Tabela 32 – Atividade utilizando o painel

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fácil	10	45%
Muito fácil	0	0%
Difícil	10	45%
Muito difícil	0	0%
Não sei responder	2	9%

Já na atividade envolvendo o PhET, percebe-se, pela Tabela 33, que os alunos não encontraram dificuldades envolvendo essa ferramenta.

Tabela 33 – Atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fácil	10	45%
Muito fácil	11	50%
Difícil	0	0%
Muito difícil	0	0%
Não sei responder	1	5%

Os alunos consideraram o conteúdo circuito misto fácil, como mostra a Tabela 34.

Tabela 34 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fácil	18	82%
Muito fácil	1	5%
Difícil	0	0%
Muito difícil	0	0%
Não sei responder	3	14%

Ainda sobre o circuito misto, eles afirmaram que aprenderam satisfatoriamente, como aparece na Tabela 35. Os alunos que responderam necessitarem de mais explicações as tiveram.

Tabela 35 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
Apreendi satisfatoriamente	19	86%
Preciso de mais explicações sobre o assunto	3	14%
Acho que não vou aprender	0	0%

Os alunos consideraram também que a simulação ajudou na aprendizagem do circuito misto, como é notado na Tabela 36.

Tabela 36 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
Apreendi com ajuda da simulação	19	86%
Teria aprendido mesmo sem a simulação	3	14%
A simulação atrapalhou	0	0%
Já havia aprendido em outro curso	0	0%

Pela Tabela 37, nota-se que os alunos consideraram que aprenderam o conteúdo com a atividade.

Tabela 37 – Sobre o circuito misto e o aprendizado

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	0	0%
5	2	9%
6	3	14%
7	4	18%
8	6	27%
9	4	18%
10	3	14%

Os estudantes consideraram que a aprendizagem utilizando o Modellus foi satisfatória, como é possível ver na Tabela 38.

Tabela 38 – Sobre a aprendizagem utilizando o Modellus

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	1	5%
4	0	0%
5	2	9%
6	2	9%
7	3	14%
8	6	27%
9	4	18%
10	4	18%

Sobre a utilização do PhET na aprendizagem, o resultado parece ser um pouco melhor, como se vê na Tabela 39.

Tabela 39 – Sobre a aprendizagem utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	0	0%
5	0	0%
6	1	5%
7	2	9%
8	5	23%
9	5	23%
10	9	41%

A aprendizagem utilizando o painel de circuitos fica um pouco abaixo das demais, mas também parece ter sido eficaz no estudo dos circuitos, tal como mostra a Tabela 40.

Tabela 40 – Sobre a aprendizagem utilizando o painel de circuitos

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	2	9%
4	0	0%
5	0	0%
6	6	27%
7	4	18%
8	4	18%
9	4	18%
10	2	9%

Se os alunos fossem continuar a trabalhar com circuitos elétricos, o preferido é o PhET, como visto na Tabela 41.

Tabela 41 – Sobre os circuitos elétricos. Se for continuar a trabalhar

Alternativa	Quantidade	Percentual
Modellus	4	18%
PhET	17	77%
Painel de circuitos	1	5%
Problemas de livros	0	0%
Outra	0	0%

Ao longo desse primeiro semestre, foi possível verificar, por meio da análise dos alunos acerca das ferramentas utilizadas nas atividades desenvolvidas, que houve diferentes formas de interação com os conteúdos. Segundo eles, todos os formatos influenciaram positivamente no seu aprendizado. Ficou evidente também que as ferramentas se ajudaram mutuamente. Com isso, verifica-se que uma

simulação pode ajudar em uma atividade real, e o contrário também é verdadeiro. Mesmo não havendo grandes dificuldades na utilização dos *softwares* de simulações, os alunos apresentaram preferência pelo PhET. Não se pode esquecer de que as atividades desenvolvidas foram atividades totalmente novas para eles, uma vez que na sua maioria não haviam trabalhado com simulação e com experimentos em laboratório. Levando-se em consideração que começaram o curso com muitas concepções alternativas, pode-se afirmar que pelo menos houve contribuição na formação de novos conceitos.

5.2.2 Segundo semestre de 2010

A segunda turma em que foi aplicado o projeto, no segundo semestre de 2010, era composta de 28 alunos, destes seis evadiram-se durante o período. Dos alunos que frequentaram, 20 eram do sexo masculino e 2 do sexo feminino. Todos os alunos obtiveram aprovação.

Como no semestre anterior, na primeira aula foi aplicado um pequeno questionário (APÊNDICE A) para se saber um pouco a respeito de como foi tratado o conteúdo de eletricidade no Ensino Médio. Dezoito alunos completaram o instrumento. Destes alunos, oito eram oriundos do próprio IFSul Campus Pelotas, oito de escolas estaduais, um de escola municipal e um de escola particular. Sobre o estudo de eletricidade no Ensino Médio, 12 afirmaram que foi o único conteúdo visto ao longo do último ano letivo, enquanto que 7 afirmaram terem visto também outros conteúdos. Dez tiveram o conteúdo ministrado por um único professor, enquanto que os demais tiveram dois ou três. Quatorze alunos não realizaram nenhum tipo de atividade em laboratório, enquanto que três iam raramente ao laboratório e um o frequentava constantemente. Dezesesseis alunos não realizaram qualquer atividade com envolvimento de simulações em computadores, enquanto que dois tiveram algum contato com tais atividades.

Sobre a Física que estudaram no Ensino Médio, 4 afirmaram que sempre entenderam, 14 entenderam algumas vezes e 4 afirmaram que não entenderam na maioria das vezes. Questionados sobre o seu ponto de vista para a origem das dificuldades enfrentadas pelos estudantes no processo de aprendizagem da Física no Ensino Médio, afirmaram que a maior dificuldade está na metodologia do

professor, a qual, na maioria das vezes, consiste em um pouquinho de teoria, muitos problemas e provas difíceis. Ainda sobre isso, afirmaram que alguns professores não estão bem preparados e outros alunos disseram que não tiveram aulas com professores de Física. Neste último caso, estão os alunos de escolas estaduais. Do ponto de vista positivo da Física do Ensino Médio, encontrou-se que, além dos que estudaram na própria instituição, somente os que estudaram em algum cursinho disseram que aprenderam Física de modo consistente.

A seguir, será apresentado o pré-teste e o pós-teste respondidos pelos alunos no início das atividades e no término delas.

Quando ao resultado do pré-teste aplicado no segundo semestre de 2010, as respostas dos alunos são apresentadas na Tabela 42. Em negrito, as respostas assinaladas corretamente.

Tabela 42 – Pré-teste 2010/2

Questão	A	B	C
1	4	4	12
2	5	13	2
3	12	6	2
4	6	11	3
5	9	5	6
6	7	2	11
7	2	11	7
9	12	6	2
10	6	4	10
11	4	3	13
12	7	3	10
13	10	5	5
14	2	13	5

Quando ao resultado do pós-teste aplicado no segundo semestre de 2010, as respostas assinaladas pelos alunos estão computadas na Tabela 42. Em negrito, as respostas assinaladas corretamente.

Tabela 43 – Pós-teste 2010/2

Questão	A	B	C
1	2	1	17
2	14	4	2
3	7	11	2
4	8	7	5
5	3	12	5
6	4	9	7
7	3	12	5
9	17	2	1
10	4	0	16
11	5	8	7
12	4	11	5
13	2	14	4
14	4	3	13

5.2.2.1 Comparação da atividade manual com atividade realizada no PhET durante o segundo semestre de 2010

A seguir, será apresentada a comparação da atividade manual com a atividade realizada no PhET.

Nessa atividade em que participaram 20 alunos, dez inicialmente realizaram a atividade no computador com a utilização de simulação do PhET conforme a Atividade V (APÊNDICE F) e dez realizaram inicialmente o exercício manualmente de forma tradicional no papel. Os alunos responderam a um questionário (APÊNDICE O).

Inicialmente questionamos sobre o nível de dificuldade da atividade manual, os alunos deveriam responder de um a cinco, sendo um representado como o mais fácil. Verifica-se, pela Tabela 44, que nenhum aluno considerou a atividade muito difícil.

Tabela 44 – Nível de dificuldade da atividade manual

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	2	10%
2	5	25%
3	12	60%
4	1	5%
5	0	0%

Sobre o questionamento acerca do nível de dificuldade na atividade desenvolvida no computador, as respostas são apresentadas na Tabela 45, novamente considerando que o índice um representou o mais fácil. É possível ver que a grande maioria considerou a atividade fácil.

Tabela 45 – Nível de dificuldade da atividade no computador

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	16	80%
2	4	20%
3	0	0%
4	0	0%
5	0	0%

Questionados sobre se a primeira atividade ajudou na segunda, pode-se afirmar, pelo que está representado na Tabela 46, que os alunos consideraram fortemente a influência da primeira atividade sobre a segunda, independentemente da atividade realizada como primeira.

Tabela 46 – A primeira atividade ajudou na segunda

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito	14	70%
Pouco	5	25%
Nada	0	0%
Não sei dizer	1	5%

Se as atividades tivessem sido realizadas na ordem inversa, o desempenho seria diferente? Conforme a Tabela 47, percebe-se que não há evidência forte de que isso ocorreu.

Tabela 47 – Se as atividades tivessem sido realizadas na ordem inversa o desempenho seria melhor

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	3	15%
Não	6	30%
Não sei dizer	11	55%

Sobre se as atividades ajudaram no aprendizado dos conteúdos circuito série e circuito paralelo, como mostrado na Tabela 48, numa escala de um a cinco, na qual um indica o índice mais baixo, infere-se que houve uma grande ajuda.

Tabela 48 – As atividades ajudaram no aprendizado dos conteúdos circuito série e circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
5	9	45%
4	10	50%
3	1	5%
2	0	0%
1	0	0%

Sobre os alunos poderem repetir as atividades em um painel real, a Tabela 49 sugere que não existe uma segurança de eles partirem de simulações para um cenário real.

Tabela 49 – Podem repetir as atividades em um painel real

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim, com facilidade	5	25%
Sim, com alguma ajuda	14	70%
Não	1	5%

Com relação ao questionamento se trabalhar com simulações em computador ajudou a ter uma nova visão no estudo de circuitos elétricos, a Tabela 50 sugere que sempre houve algum ganho na aprendizagem.

Tabela 50 – Nova visão no estudo de circuitos elétricos

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	12	60%
Um pouco	8	40%
Não	0	0%

Sobre as condições de resolver qualquer problema de circuito série e circuito paralelo, como mostrado na Tabela 51, novamente há uma insegurança sendo notada nas respostas.

Tabela 51 – Se acha em condições de resolver qualquer problema de circuito série e circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	7	35%
Alguns	12	60%
Não	0	0%
Não tenho ideia	1	5%

Sobre em qual conteúdo tiveram maior facilidade entre circuito série e circuito paralelo, está claro que é o série o de maior facilidade, como visto na Tabela 52. Isso é algo comum que acontece mesmo nas situações de aulas tradicionais.

Tabela 52 – Conteúdo em que teve maior facilidade

Alternativa	Quantidade	Percentual
Circuito série	16	80%
Circuito paralelo	0	0%
Nenhum	1	5%
Os dois	3	15%

A maioria dos entrevistados percebeu que existe relação entre o circuito série e o circuito paralelo, como mostra a Tabela 53.

Tabela 53 – Os dois conteúdos se relacionam de alguma maneira

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	6	30%
Sim, um pouco	13	65%
Não	0	0%
Não tenho ideia	1	5%

Poucos alunos perceberam que a aprendizagem ocorreria da mesma forma caso não houvesse as simulações, o que é mostrado na Tabela 54.

Tabela 54 – A aprendizagem ocorreria da mesma forma se não houvesse as simulações

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	4	20%
Sim, um pouco	1	5%
Não	11	55%
Não tenho ideia	4	20%

Alguns problemas propostos foram resolvidos a partir da montagem da simulação trabalhada no PhET. Havia a possibilidade de apenas copiar os resultados. Alguns alunos foram confirmar se os valores estavam corretos, resolvendo matematicamente o problema para se certificarem se realmente estava correto. A Tabela 55 indica que a simulação foi suficiente para muitos.

Tabela 55 – Utilização da simulação para resolver problemas

Alternativa	Quantidade	Percentual
Só copiei	13	65%
Copiei e calculei	7	35%
Calculei	0	0%
Não resolvi	0	0%

Sobre o estudo dos conteúdos fora da sala de aula, os dados mostrados na Tabela 56 sugerem que somente o estudo na sala de aula é suficiente para a maioria dos alunos atingirem os objetivos.

Tabela 56 – Sobre o estudo dos conteúdos fora da sala de aula

Alternativa	Quantidade	Percentual
Refiz todas as atividades várias vezes	1	5%
Refiz todas as atividades algumas vezes	2	10%
Não refiz as atividades porque entendi todas em aula	16	80%
Não refiz as atividades porque não entendi em aula	1	5%
Não refiz porque tinha outras atividades mais importantes	0	0%

5.2.2.2 Comparação da utilização das ferramentas de simulação Modellus e PhET após a realização das atividades no segundo semestre de 2010

A atividade a seguir foi realizada por 21 alunos, de forma que alguns a fizeram inicialmente no Modellus e outros inicialmente no PhET. Na sequência, inverteram as atividades. A seguir aparece o que expuseram respondendo a um questionário (APÊNDICE P) sobre a forma como se sentiram durante as atividades.

A simulação de circuitos utilizando o PhET comparado com o Modellus, mostrada na Tabela 57, dá indícios de que as ferramentas não são consideradas difíceis de usar.

Tabela 57 – A simulação de circuitos utilizando o PhET comparado com o Modellus

Alternativa	Quantidade	Percentual
Modellus mais fácil de usar	6	29%
PhET mais fácil de usar	7	33%
Os dois são fáceis	8	38%
Os dois são difíceis	0	0%

Os alunos consideram que a simulação de circuitos nesses tipos de *softwares* ou plataformas ajudam a entender melhor os circuitos elétricos, como mostra a Tabela 58.

Tabela 58 – A simulação de circuitos nesses tipos de *softwares* ou plataformas

Alternativa	Quantidade	Percentual
Ajudam a entender melhor os circuitos elétricos	19	90%
Não auxiliam no entendimento dos circuitos elétricos	1	5%
Confundem o entendimento dos circuitos elétricos	0	0%
Não ajudam nem atrapalham o estudo dos circuitos elétricos	1	5%

Partir de uma simulação para uma situação real pode não ser algo natural, mas, no estudo realizado, inferiu-se que existe percepção dos alunos na ligação entre as duas situações, como mostrado na Tabela 59.

Tabela 59 – Visualização do real a partir da simulação

Alternativa	Quantidade	Percentual
Consigo visualizar a realidade plenamente	6	29%
Consigo visualizar a realidade parcialmente	15	71%
Não consigo visualizar a realidade	0	0%

Grande número de alunos considerou que aulas utilizando simulações sempre ajudam a entender os conteúdos. Na Tabela 60, é possível verificar tais respostas.

Tabela 60 – Sobre aulas utilizando simulações

Alternativa	Quantidade	Percentual
Ajudam a entender os conteúdos.	19	90%
Atrapalham no entendimento dos conteúdos	0	0%
Confundem os conteúdos	0	0%
É uma perda de tempo. Prefiro as atividades explicadas no quadro	2	10%

Nas atividades utilizando o PhET, é possível observar, na opinião dos alunos, a facilidade no manuseio da simulação na plataforma. Em primeiro lugar, facilidade na montagem do circuito, como mostrado na Tabela 61; em segundo lugar, facilidade na verificação das medidas, como aparece na Tabela 62; e, por último, a facilidade no manuseio dos componentes, como mostrado na Tabela 63.

Tabela 61 – Na atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito fácil	5	24%
Fácil	14	67%
Difícil	2	10%
Muito difícil	0	0%

Tabela 62 – Na atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito fácil	7	33%
Fácil	12	57%
Difícil	2	10%
Muito difícil	0	0%

Tabela 63 – Na atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito fácil	4	19%
Fácil	14	67%
Difícil	3	14%
Muito difícil	0	0%

Nas atividades em que os alunos necessitaram calcular alguma grandeza na resolução de exercícios, eles conseguiram lembrar da simulação. Isso é visto na Tabela 64.

Tabela 64 – Cálculo de grandezas nos exercícios

Alternativa	Quantidade	Percentual
Levo em consideração a simulação realizada	20	95%
Não acho necessário levar em consideração a simulação	0	0%
Não vejo relação entre a simulação e a resolução de problemas	1	5%

Talvez surpreenda o fato de que, nas atividades em que os alunos necessitaram resolver algum problema, eles fizeram uso da simulação para tal, o que é visto na Tabela 65.

Tabela 65 – Resolução de exercícios

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fazer utilizando Modellus seria melhor	8	38%
Fazer utilizando o PhET seria melhor	7	33%
Resolvendo no papel é bem melhor	2	10%
Indiferente	4	19%

Nas atividades de simulação realizadas, os alunos conseguiram perceber os circuitos elétricos em diferentes situações. A Tabela 66 mostra essa distribuição.

Tabela 66 – Nas atividades realizadas

Alternativa	Quantidade	Percentual
Consigo visualizar um circuito independente da simulação	9	43%
Consigo visualizar um circuito utilizando o Modellus	6	29%
Consigo visualizar um circuito utilizando o PhET	4	19%
Indiferente	2	10%

Sobre o estudo do circuito série até o momento do preenchimento do questionário, somente dois alunos responderam que não entenderam o conteúdo, como mostra a Tabela 67. Sobre o circuito paralelo, ocorreu exatamente o mesmo, o que está mostrado na Tabela 68.

Tabela 67 – Sobre o circuito série

Alternativa	Quantidade	Percentual
Já aprendi satisfatoriamente	9	43%
Gostaria de ter mais explicações sobre o assunto	10	48%
Não entendi nada	2	10%

Tabela 68 – Sobre o circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
Já aprendi satisfatoriamente	6	29%
Gostaria de ter mais explicações sobre o assunto	13	62%
Não entendi nada	2	10%

Sobre o estudo do circuito série e paralelo em painel real, percebe-se novamente uma insegurança por parte da maioria, como é mostrado na Tabela 69.

Tabela 69 – Sobre o circuito série e paralelo em painel real

Alternativa	Quantidade	Percentual
Acho que consigo montar facilmente	7	33%
Acho que consigo montar se tiver ajuda	14	67%
Acho que não consigo montar	0	0%

5.2.2.3 Comparação da utilização da ferramenta de simulação PhET com o painel de circuitos no segundo semestre de 2010

Vinte alunos responderam como se sentiram frente às duas formas de estudar circuitos elétricos. Esse questionário (apêndice Q) foi respondido após realizarem atividades envolvendo circuito misto no PhET e em um painel real. As atividades foram feitas inicialmente em uma das plataformas e depois trocadas.

Sendo comparada a utilização do painel com o uso do PhET, foi considerado como mais fácil o PhET pela maioria dos alunos, como mostrado na Tabela 70.

Tabela 70 – Utilização do painel comparada com o uso do PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Painel mais fácil	1	5%
PhET mais fácil	16	80%
Os dois fáceis	3	15%
Os dois difíceis	0	0%

Dez alunos realizaram a atividade inicialmente no PhET e dez inicialmente no painel, como é visto na Tabela 71.

Tabela 71 – Atividade realizada em primeiro lugar

Alternativa	Quantidade	Percentual
PhET	10	50%
Painel	10	50%

Somente um aluno considerou que a primeira atividade não ajudou na segunda, como é registrado na Tabela 72.

Tabela 72 – A primeira atividade ajudou na segunda

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	19	95%
Não	1	5%

A atividade considerada como a mais trabalhosa foi, sem dúvida, a utilização do painel, como se vê na Tabela 73. Isso não quer dizer que os alunos tiveram dificuldades no painel, apenas consideraram mais difícil na comparação, como é possível ver na Tabela 74, na qual se tem pelo menos a metade considerando a atividade como fácil, mas fica evidente a preferência pelo PhET, o qual 19 alunos consideram fácil ou muito fácil, como consta na Tabela 75.

Tabela 73 – Atividade mais trabalhosa

Alternativa	Quantidade	Percentual
Painel	19	95%
PhET	1	5%

Tabela 74 – Atividade utilizando o painel

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fácil	10	50%
Muito fácil	0	0%
Difícil	9	45%
Muito difícil	0	0%
Não sei responder	1	5%

Tabela 75 – Atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fácil	10	50%
Muito fácil	9	45%
Difícil	0	0%
Muito difícil	0	0%
Não sei responder	1	5%

Sobre a dificuldade do conteúdo circuito misto, que aparece na Tabela 76, inferiu-se que não existiu dificuldade no aprendizado. O conteúdo foi considerado fácil.

Tabela 76 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fácil	17	85%
Muito fácil	0	0%
Difícil	0	0%
Muito difícil	0	0%
Não sei responder	3	15%

Sobre o fato de os alunos terem aprendido o conteúdo circuito misto, que aparece na Tabela 77, é possível supor que aprenderam satisfatoriamente.

Tabela 77 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
Aprendi satisfatoriamente	19	95%
Preciso de mais explicações sobre o assunto	1	5%
Acho que não vou aprender	0	0%

Percebe-se ainda sobre o circuito misto, na Tabela 78, que, segundo os alunos, a simulação realmente contribuiu na aprendizagem e que ainda, pelo que aparece na Tabela 79, as atividades vivenciadas no curso foram superiores a outras experiências no estudo do mesmo conteúdo.

Tabela 78 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
Apreendi com ajuda da simulação	17	85%
Teria aprendido mesmo sem a simulação	3	15%
A simulação atrapalhou	0	0%
Já havia aprendido em outro curso	0	0%

Tabela 79 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
As aulas do Ensino Médio foram mais esclarecedoras	1	5%
As aulas no TSI foram mais esclarecedoras	13	65%
Em nenhum dos dois, foram esclarecedoras	2	10%
Apreendi melhor agora porque tive boas aulas no Ensino Médio	4	20%

Ao serem solicitados para classificar o seu aprendizado com notas de um a dez, vemos na Tabela 80 que essas notas ficaram no intervalo de cinco a dez.

Tabela 80 – Sobre o aprendizado no circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	0	0%
5	2	10%
6	3	15%
7	2	10%
8	6	30%
9	4	20%
10	3	15%

O mesmo aconteceu em relação à aprendizagem utilizando o *software* Modellus. Na Tabela 81, aparecem os resultados que predominam entre cinco e dez.

Tabela 81 – Sobre a aprendizagem utilizando o Modellus

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	1	5%
4	0	0%
5	2	10%
6	2	10%
7	1	5%
8	6	30%
9	4	20%
10	4	20%

Com relação à aprendizagem utilizando o PhET, como mostrado na Tabela 82, o resultado é um pouco melhor quando comparado ao Modellus, o que está de acordo com as demais respostas ao longo dos questionários.

Tabela 82 – Sobre a aprendizagem utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	0	0%
5	0	0%
6	1	5%
7	2	10%
8	5	25%
9	5	25%
10	7	35%

Sobre a nota solicitada para a aprendizagem utilizando o painel de circuitos, na Tabela 83, aparece uma distribuição uniforme positiva de seis a nove.

Tabela 83 – Sobre a aprendizagem utilizando o painel de circuitos

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	2	10%
4	0	0%
5	0	0%
6	4	20%
7	4	20%
8	4	20%
9	4	20%
10	2	10%

Sobre a preferência da continuação do estudo de circuitos elétricos, a Tabela 84 mostra que o recurso preferido é a plataforma PhET.

Tabela 84 – Sobre o circuitos elétricos. Se for continuar a trabalhar

Alternativa	Quantidade	Percentual
Modellus	4	20%
PhET	15	75%
Painel de circuitos	1	5%
Problemas de livros	0	0%
Outra	0	0%

Durante o semestre, foi possível verificar, com a utilização dos questionários, de que forma os alunos interagiram com as ferramentas. O objetivo dos questionários foi verificar como os alunos interagiram com atividades para resolverem manualmente com relação às atividades desenvolvidas no PhET. Também foi feita uma comparação do Modellus com o PhET, além do PhET com o

painel real. Procurou-se estar bem atento, nos momentos de resolução dos problemas propostos, com o objetivo de verificar o comportamento dos alunos. Mais uma vez, verificou-se que a ferramenta preferida para o desenvolvimento das tarefas foi o PhET. Isso ocorreu na comparação de todas as formas de trabalho. Também foi observado ao longo das atividades que houve ganho cognitivo.

5.2.3 Primeiro semestre de 2011

No primeiro semestre de 2011, a terceira turma em que foi aplicado o projeto era composta de 22 alunos. Destes, oito evadiram-se durante o período. Dos alunos que frequentaram, 13 eram do sexo masculino e apenas 1 do sexo feminino. Três alunos foram reprovados por falta de frequência.

Como nos semestres anteriores, na primeira aula, foi aplicado um pequeno questionário (Apêndice A) para se saber um pouco sobre como foi tratado o conteúdo de Eletricidade no Ensino Médio. Quinze alunos completaram a pesquisa. Destes, cinco eram alunos oriundos do próprio IFSul, Campus Pelotas, seis de escolas estaduais, um de escola municipal e um de escola particular. Sobre o estudo de Eletricidade no Ensino Médio, seis afirmaram que foi o único conteúdo visto ao longo do último ano letivo, enquanto que nove afirmaram terem visto também outros conteúdos. Oito tiveram o conteúdo ministrado por um único professor, enquanto que os demais tiveram dois ou três. Onze alunos não realizaram nenhum tipo de atividade em laboratório, enquanto que dois iam raramente ao laboratório e um frequentava constantemente. Treze alunos não realizaram qualquer atividade com envolvimento de simulações em computadores, enquanto que dois tiveram algum contato com tais atividades.

Sobre a Física que estudaram no Ensino Médio, apenas dois afirmaram que sempre entenderam, nove entenderam algumas vezes e quatro afirmaram que não entenderam na maioria das vezes.

Questionados sobre o seu ponto de vista para as origens das dificuldades enfrentadas pelos estudantes no processo de aprendizagem da Física no Ensino Médio, os alunos afirmaram de forma geral que elas estão nas metodologias de ensino.

A seguir, serão apresentados o pré-teste e o pós-teste respondidos pelos alunos no início das atividades e no término delas. Foram considerados apenas os que responderam os dois.

Quanto ao resultado do pré-teste aplicado no primeiro semestre de 2011, as alternativas assinaladas pelos alunos estão representadas na Tabela 85. Em negrito, foram destacadas as respostas corretas.

Tabela 85 – Pré-teste 2011/1

Questão	A	B	C
1	1	1	9
2	3	5	3
3	7	4	0
4	3	5	3
5	6	3	2
6	3	0	8
7	2	8	1
9	8	2	1
10	3	1	7
11	3	0	8
12	3	1	7
13	5	4	2
14	1	9	1

O resultado do pós-teste está representado na Tabela 86. Em negrito, foram destacadas as respostas corretas.

Tabela 86 – Pós-teste 2011/1

Questão	A	B	C
1	0	0	11
2	7	3	1
3	3	6	2
4	4	5	2
5	3	6	2
6	3	5	3
7	2	8	1
9	9	1	1
10	2	0	9
11	3	5	3
12	3	4	4
13	1	9	1
14	2	2	7

5.2.3.1 Comparação da atividade manual com a atividade realizada no PhET durante o primeiro semestre de 2011

Na atividade em que participaram 14 alunos, seis inicialmente realizaram a atividade no computador com a utilização do PhET, conforme a Atividade V, (APÊNDICE F) e oito realizaram inicialmente o exercício manualmente. Na sequência, as atividades foram trocadas, de forma que quem começou com a atividade manual passou para a atividade com o PhET e quem começou a atividade com o PhET passou para a atividade manual. Embora se trabalhasse com uma turma pequena, foi permitido que os alunos escolhessem a forma de realizar a tarefa, individualmente ou em dupla. No final, foi solicitado que preenchessem um questionário (APÊNDICE O) enviado via Google Docs. As respostas apresentadas são individuais. Descreve-se a seguir a forma como os alunos se sentiram trabalhando nas duas situações.

Inicialmente oito alunos realizaram a atividade manualmente e seis as realizaram no simulador utilizando o computador, como mostrado na Tabela 87. Na maioria, os alunos realizaram a atividade individualmente, mas foi permitido que a realizassem em duplas.

Tabela 87 – Primeira atividade realizada

Alternativa	Quantidade	Percentual
Manual	8	57%
Computador	6	43%

Perguntados sobre o que acharam do nível de dificuldade da atividade manual, numa escala de um a cinco, na qual um representava o mais fácil, constatou-se que a consideraram em um índice intermediário, o que se interpretou como nem muito fácil, nem muito difícil, pelo que se vê na Tabela 88.

Tabela 88 – Nível de dificuldade da atividade manual

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	3	21%
3	8	57%
4	3	21%
5	0	0%

Sobre o nível de dificuldade com a atividade no computador, pode-se observar, pela Tabela 89, que é considerada um pouco mais fácil se comparada com a atividade manual.

Tabela 89 – Nível de dificuldade da atividade no computador

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	1	7%
2	6	43%
3	4	29%
4	2	14%
5	1	7%

Sobre o questionamento se a primeira atividade ajudou na segunda, pode-se observar, pela Tabela 90, que isso de alguma forma ocorreu.

Tabela 90 – A primeira atividade ajudou na segunda

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito	4	29%
Pouco	8	57%
Nada	1	7%
Não sei dizer	1	7%

Os alunos ficaram com dúvidas se o desempenho seria diferente caso eles tivessem realizado as atividades na ordem inversa, como mostra a Tabela 91.

Tabela 91 – Desempenho com as atividades na ordem inversa

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	4	29%
Não	4	29%
Não sei dizer	6	43%

Sobre o questionamento se as atividades ajudaram no aprendizado dos conteúdos circuito série e circuito paralelo, em uma escala de um a cinco, em que um representa o índice mais baixo, percebe-se, pela Tabela 92, que essa ajuda ocorreu.

Tabela 92 – Aprendizado dos conteúdos circuito série e circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
5	2	14%
4	7	50%
3	2	14%
2	2	14%
1	1	7%

Questionados se conseguiriam repetir os experimentos em um painel real, como mostrado na Tabela 93, os alunos pareceram um pouco confusos se seria possível.

Tabela 93 – Consegue repetir os experimentos em um painel real

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim, com facilidade	0	0%
Sim, com alguma ajuda	12	86%
Não	2	14%

A maior parte dos alunos considerou que trabalhar com simulações em computador ajudou a ter uma nova visão no estudo de circuitos elétricos, como se vê na Tabela 94.

Tabela 94 – Simulações em computador ajudaram a ter uma nova visão

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	8	57%
Um pouco	6	43%
Não	0	0%

Novamente, apareceu incerteza quando os alunos foram solicitados a responder sobre se possuem condições de resolver qualquer problema de circuito série e circuito paralelo. Na Tabela 95, pode-se verificar suas repostas.

Tabela 95 – Resolver qualquer problema de circuito série e circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	0	0%
Alguns	9	64%
Não	4	29%
Não tenho ideia	1	7%

Não se observou um consenso sobre qual conteúdo entre circuito série e circuito paralelo é o mais fácil. Na Tabela 96, aparece o percentual de divisão dos alunos.

Tabela 96 – Conteúdo que teve maior facilidade

Alternativa	Quantidade	Percentual
Circuito série	5	36%
Circuito paralelo	4	29%
Nenhum	2	14%
Os dois	3	21%

De certa forma, a maioria dos alunos viu que os dois conteúdos se relacionam de alguma maneira, como se percebe na Tabela 97.

Tabela 97 – Os dois conteúdos se relacionam de alguma maneira

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	7	50%
Sim, um pouco	7	50%
Não	0	0%
Não tenho ideia	0	0%

Uma grande parcela percebeu que a aprendizagem ocorreu, na sua opinião, ajudada pelas simulações, como se percebe pela Tabela 98.

Tabela 98 – A aprendizagem ocorreria da mesma forma sem simulações

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	1	7%
Sim, um pouco	2	14%
Não	6	43%
Não tenho ideia	5	36%

Pode-se supor que, para a resolução dos problemas, é comum os alunos recorrerem à simulação. Aparece na Tabela 99 como procederam em tal situação.

Tabela 99 – Solução dos problemas utilizando a simulação

Alternativa	Quantidade	Percentual
Só copiei	4	29%
Copiei e calculei	4	29%
Calculei	6	43%
Não resolvi	0	0%

Mesmo com a facilidade do estudo com simulações fora da sala de aula, percebe-se, pela Tabela 100, que a maioria dos alunos não realiza esse estudo.

Tabela 100 – Estudo dos conteúdos fora da sala de aula

Alternativa	Quantidade	Percentual
Refiz todas as atividades várias vezes	0	0%
Refiz todas as atividades algumas vezes	2	14%
Não refiz as atividades porque entendi todas em aula	5	36%
Não refiz as atividades porque não entendi em aula	2	14%
Não refiz porque tinha outras atividades mais importantes	5	36%

5.2.3.2 Comparação da utilização das ferramentas de simulação Modellus e PhET após a realização das atividades no primeiro semestre de 2011

A atividade a seguir foi realizada por 14 alunos, de forma que alguns fizeram inicialmente a atividade no Modellus e outros inicialmente no PhET. Na sequência, foram invertidas as atividades. A seguir aparece o que os alunos expuseram, segundo respostas ao questionário (APÊNDICE P) enviado pelo Google Docs, sobre a forma como se sentiram durante as atividades.

Na comparação da simulação de circuitos utilizando o PhET comparado com o Modellus, aparece na Tabela 101 que os alunos consideram as duas situações de fácil utilização.

Tabela 101 – PhET comparado com o Modellus

Alternativa	Quantidade	Percentual
Modellus mais fácil de usar	0	0%
PhET mais fácil de usar	6	43%
Os dois são fáceis	8	57%
Os dois são difíceis	0	0%

Os alunos consideram que a simulação de circuitos nesses tipos de *softwares* ou plataformas ajudam a entender melhor os circuitos elétricos, como é mostrado na Tabela 102.

Tabela 102 – A simulação de circuitos nesses tipos de *softwares* ou plataformas

Alternativa	Quantidade	Percentual
Ajudam a entender melhor os circuitos elétricos	14	100%
Não auxiliam no entendimento dos circuitos elétricos	0	0%
Confundem o entendimento dos circuitos elétricos	0	0%
Não ajudam nem atrapalham o estudo dos circuitos elétricos	0	0%

Sobre os alunos conseguirem visualizar uma atividade real a partir de uma simulação, isso parece ser possível, pelo que apresenta a Tabela 103.

Tabela 103 – Visualização do real a partir da simulação

Alternativa	Quantidade	Percentual
Consigo visualizar a realidade plenamente	6	43%
Consigo visualizar a realidade parcialmente	8	57%
Não consigo visualizar a realidade	0	0%

Sobre aulas utilizando simulações, os alunos consideraram que elas ajudam a entender os conteúdos, como se percebe pela Tabela 104.

Tabela 104 – Sobre aulas utilizando simulações

Alternativa	Quantidade	Percentual
Ajudam a entender os conteúdos.	14	100%
Atrapalham no entendimento dos conteúdos	0	0%
Confundem os conteúdos	0	0%
É uma perda de tempo. Prefiro as atividades explicadas no quadro	0	0%

Sobre a montagem de um circuito elétrico na atividade utilizando o PhET, os alunos consideraram sem dificuldades, como se pode ver na Tabela 105. Também não aparecem dificuldades para colherem as medidas, como visto na Tabela 106. Também como visto na Tabela 107 não aparecem dificuldades para o manuseio dos componentes utilizados na simulação.

Tabela 105 – Atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito fácil	6	43%
Fácil	8	57%
Difícil	0	0%
Muito difícil	0	0%

Tabela 106 – Atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito fácil	5	36%
Fácil	8	57%
Difícil	1	7%
Muito difícil	0	0%

Tabela 107 – Atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito fácil	6	43%
Fácil	7	50%
Difícil	1	7%
Muito difícil	0	0%

Pode-se supor que, nas atividades em que se necessita calcular alguma grandeza, a simulação é levada em consideração até porque muitos recorrem a ela para tal. O resultado aparece na Tabela 108.

Tabela 108 – Atividades em que se necessita calcular alguma grandeza

Alternativa	Quantidade	Percentual
Levo em consideração a simulação realizada	13	93%
Não acho necessário levar em consideração a simulação	0	0%
Não vejo relação entre a simulação e resolução de problemas	1	7%

Para as atividades em que se necessita resolver algum problema, os alunos preferem recorrer ao PhET do que ao Modellus, como aparece na Tabela 109. Talvez seja uma surpresa nenhum aluno recorrer ao papel, mas, considerando a intimidade com a área da informática, isso pode ser considerado natural.

Tabela 109 – Atividades em que se necessita resolver algum problema

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fazer utilizando Modellus seria melhor	2	14%
Fazer utilizando o PhET seria melhor	11	79%
Resolvendo no papel é bem melhor	0	0%
Indiferente	1	7%

Pode-se supor, pela Tabela 110, que, após as atividades, os alunos dizem conseguir visualizar a realidade.

Tabela 110 – Atividades realizadas

Alternativa	Quantidade	Percentual
Consigo visualizar um circuito independente da simulação	8	57%
Consigo visualizar um circuito utilizando o Modellus	0	0%
Consigo visualizar um circuito utilizando o PhET	5	36%
Indiferente	1	7%

Pode-se supor, pela Tabela 111 e pela Tabela 112, evidências de que o aprendizado de circuito série e circuito paralelo ocorreram com as simulações. Os alunos que não consideraram tal situação tiveram atividades extras para que se alinhassem aos demais.

Tabela 111 – Sobre o circuito série

Alternativa	Quantidade	Percentual
Já aprendi satisfatoriamente	10	71%
Gostaria de ter mais explicações sobre o assunto	4	29%
Não entendi nada	0	0%

Tabela 112 – Sobre o circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
Já aprendi satisfatoriamente	11	79%
Gostaria de ter mais explicações sobre o assunto	3	21%
Não entendi nada	0	0%

Sobre a possibilidade de montar um circuito série ou um circuito paralelo em painel real, alguns alunos se mostram indecisos, como mostra a Tabela 113.

Tabela 113 – Sobre o circuito série e paralelo em painel real

Alternativa	Quantidade	Percentual
Acho que consigo montar facilmente	6	43%
Acho que consigo montar se tiver ajuda	7	50%
Acho que não consigo montar	1	7%

5.2.3.3 Comparação da utilização da ferramenta de simulação PhET com o painel de circuitos no primeiro semestre de 2011

Nessa atividade, participaram 11 alunos, sete inicialmente realizaram uma tarefa com utilização do PhET, enquanto os outros quatro realizaram a atividade em um painel real. Na sequência, o exercício foi repetido invertendo a ferramenta utilizada. Verificou-se como os alunos se sentiram nessa tarefa, utilizando mais uma vez um questionário (APÊNDICE Q) com auxílio do Google Docs.

Na utilização do painel comparado com o uso do PhET, os alunos consideraram o PhET de mais fácil utilização. Os resultados aparecem na Tabela 114.

Tabela 114 – Utilização do painel comparado com o uso do PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Painel mais fácil	1	9%
PhET mais fácil	10	91%
Os dois fáceis	0	0%
Os dois difíceis	0	0%

A maior parte dos alunos considerou que a primeira atividade ajudou a segunda. Os quatro que não consideraram foram os que realizaram inicialmente a atividade no painel. Os resultados aparecem na Tabela 115.

Tabela 115 – A primeira atividade ajudou a segunda

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	7	64%
Não	4	36%

Mesmo achando que o PhET é mais fácil de usar, a utilização do painel não foi considerada difícil, como se pode observar na Tabela 116.

Tabela 116 – Sobre a atividade utilizando o painel

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fácil	10	91%
Muito fácil	0	0%
Difícil	1	9%
Muito difícil	0	0%
Não sei responder	0	0%

Sobre o circuito paralelo, o conteúdo foi considerado fácil pelos alunos, tal como indicam suas respostas que aparecem na Tabela 117.

Tabela 117 – Sobre o circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fácil	9	82%
Muito fácil	2	18%
Difícil	0	0%
Muito difícil	0	0%
Não sei responder	0	0%

Ainda sobre o circuito paralelo, todos consideraram que aprenderam de forma satisfatória o conteúdo, como mostrado na Tabela 118.

Tabela 118 – Sobre o circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
Aprenderi satisfatoriamente	11	100%
Preciso de mais explicações sobre o assunto	0	0%
Acho que não vou aprender	0	0%

Quando questionados sobre o estudo do circuito paralelo no atual curso e fora dele, percebe-se, pela Tabela 119, que o método utilizado agradou.

Tabela 119 – Sobre o circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
As aulas do Ensino Médio foram mais esclarecedoras	2	18%
As aulas no TSI foram mais esclarecedoras	8	73%
Em nenhum dos dois casos, foram esclarecedoras	0	0%
Aprenderi melhor agora porque tive boas aulas no Ensino Médio	1	9%

Sobre o circuito misto, quando os alunos foram instados a classificarem o aprendizado em uma nota de 1 a 10, verificou-se, pela Tabela 120, que, na sua opinião, existiu o aprendizado. Quando se perguntou a alguns alunos por que uma nota seis ou sete, uma vez que se percebeu um bom trabalho, a resposta foi simplesmente porque não se sentiram à vontade para se dar a nota máxima.

Tabela 120 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	0	0%
5	0	0%
6	1	9%
7	1	9%
8	2	18%
9	2	18%
10	5	45%

Sobre a aprendizagem utilizando o PhET, como se pode perceber na Tabela 121, as notas são maiores.

Tabela 121 – Sobre a aprendizagem utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	0	0%
5	1	9%
6	0	0%
7	0	0%
8	4	36%
9	1	9%
10	5	45%

Na aprendizagem utilizando o painel de circuitos, quando solicitados a uma autoavaliação de um a dez, como mostra a Tabela 122, pode-se identificar que os alunos consideraram a aprendizagem satisfatória.

Tabela 122 – Sobre a aprendizagem utilizando o painel de circuitos

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	0	0%
5	0	0%
6	0	0%
7	0	0%
8	3	27%
9	1	9%
10	7	64%

Com respeito a continuar o estudo de circuitos elétricos, a preferência recai sobre o PhET e, surpreendentemente, também sobre o painel de circuitos, como é possível ver na Tabela 123.

Tabela 123 – Sobre circuitos elétricos. Se for continuar a trabalhar

Alternativa	Quantidade	Percentual
PhET	6	55%
Modellus	0	0%
Painel	5	45%
Exercícios em livros	0	0%

Encontrou-se, ao longo do semestre, mais uma vez os alunos com facilidade para desenvolver as tarefas que foram planejadas. O fato de um aluno achar uma ferramenta mais fácil do que a outra, ou até mesmo não ter intenção de usá-la, não quer dizer que teve dificuldades na sua utilização. Com o passar do tempo, a única situação que desperta maior estudo foi o fato de existir um certo medo na atividade

realizada no painel de componentes. Na atividade real, segundo eles, os erros são vistos de uma forma diferenciada. O fato de poder danificar algum componente ou instrumento os coloca perante a ferramenta de uma forma mais cautelosa, mas nem por isso os alunos deixaram de realizar a atividade.

5.2.4 Segundo semestre de 2011

A quarta turma em que foi aplicado o projeto no segundo semestre de 2011 era composta de 28 alunos. Destes, oito evadiram-se durante o período. Dos alunos que frequentaram, 16 eram do sexo masculino e 4 do sexo feminino. Todos os que frequentaram normalmente foram aprovados.

Como nos semestres anteriores, na primeira aula foi aplicado um pequeno questionário (Apêndice A) para se saber um pouco sobre como foi tratado o conteúdo de Eletricidade no Ensino Médio. Dezesseis alunos completaram a pesquisa. Destes alunos, sete eram alunos oriundos do próprio IFSul Campus Pelotas e nove de escolas estaduais. Dos que participaram da pesquisa, nenhum era oriundo de escola municipal ou de escola particular.

Do estudo de Eletricidade no Ensino Médio, oito afirmaram que foi o único conteúdo visto ao longo do último ano letivo, enquanto que oito afirmaram terem visto também outros conteúdos. Dez tiveram o conteúdo ministrado por um único professor, enquanto que os demais tiveram dois ou três professores. Dez alunos não realizaram nenhum tipo de atividade em laboratório, enquanto que quatro iam raramente ao laboratório e dois frequentavam constantemente. Treze alunos não realizaram qualquer atividade com envolvimento de simulações em computadores, enquanto que dois tiveram algum contato com tais atividades e um não lembra de tais atividades.

Questionados sobre o seu ponto de vista para a origem das dificuldades enfrentadas pelos estudantes no processo de aprendizagem da Física no Ensino Médio, houve duas situações explanadas: os que estudaram na própria instituição afirmaram que tiveram uma boa aprendizagem e os oriundos das escolas estaduais queixaram-se das situações já colocadas anteriormente.

A seguir, serão apresentados o pré-teste e o pós-teste respondidos pelos alunos no início das atividades e no término delas. Foram considerados apenas os que responderam os dois.

Quanto ao resultado do pré-teste aplicado no segundo semestre de 2011, as alternativas assinaladas pelos alunos estão apresentadas na Tabela 124. As marcas em negrito representam as alternativas corretas.

Tabela 124 – Pré-teste 2011/2

Questão	A	B	C
1	2	0	16
2	11	8	1
3	10	7	2
4	4	15	0
5	8	11	0
6	7	3	9
7	4	13	2
9	16	3	0
10	2	0	17
11	1	1	17
12	4	3	12
13	13	0	6
14	1	7	11

O resultado do pós-teste está apresentado na Tabela 125 com as alternativas assinaladas pelos alunos. As alternativas em negrito correspondem às respostas corretas.

Tabela 125 – Pós-teste 2011/2

Questão	A	B	C
1	0	0	14
2	13	1	0
3	2	12	0
4	3	11	0
5	0	14	0
6	11	2	1
7	7	6	1
9	14	0	0
10	0	5	9
11	1	6	7
12	2	2	10
13	14	0	0
14	0	9	5

5.2.4.1 Comparação da atividade manual com a realizada no PhET durante o segundo semestre de 2011

Nessa atividade em que participaram 19 alunos, oito inicialmente realizaram a atividade no computador com a utilização do PhET, conforme a Atividade V (APÊNDICE F), e dez realizaram inicialmente o exercício manualmente. Na sequência, as atividades foram trocadas, de forma que quem começou com a atividade manual passou para a atividade com o PhET e quem começou a atividade com o PhET passou para a atividade manual. Embora se trabalhasse com uma turma pequena, foi permitido que os alunos escolhessem a forma de realizar a tarefa, individualmente ou em dupla. No final foi solicitado que os alunos preenchessem um questionário (APÊNDICE O). O Google Docs foi utilizado como forma de envio de tais questionários. Descreve-se a seguir a forma como os alunos se sentiram trabalhando nas duas situações.

Dez alunos realizaram inicialmente a atividade de forma manual e nove inicialmente no computador, como aparece na Tabela 126.

Tabela 126 – A primeira atividade realizada

Alternativa	Quantidade	Percentual
Manual	10	53%
Computador	9	47%

Questionados sobre a dificuldade da atividade manual, numa escala de um a cinco, na qual um representa o mais fácil, vê-se, pela Tabela 127, que não foi considerada uma atividade extremamente fácil.

Tabela 127 – Nível de dificuldade da atividade manual

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	1	5%
2	3	16%
3	12	63%
4	3	16%
5	0	0%

Já sobre o nível de dificuldade da atividade realizada no computador, também em uma escala de um a cinco, em que um representa o mais fácil, pelo que apresenta a Tabela 128, a atividade foi considerada como mais fácil.

Tabela 128 – Nível de dificuldade da atividade no computador

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	2	11%
2	8	42%
3	6	32%
4	2	11%
5	1	5%

Nem todos os alunos acharam que a primeira atividade ajudou na segunda, como mostra a Tabela 129.

Tabela 129 – A primeira atividade ajudou na segunda

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito	7	37%
Pouco	10	53%
Nada	1	5%
Não sei dizer	1	5%

Segundo os alunos, se as atividades tivessem sido realizadas na ordem inversa, o desempenho não sofreria grande mudança, como demonstra a Tabela 130.

Tabela 130 – Realização das atividades na ordem inversa

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	5	26%
Não	7	37%
Não sei dizer	7	37%

Pode-se supor que as atividades ajudaram no aprendizado dos conteúdos circuito série e circuito paralelo pelo que apresenta a Tabela 131.

Tabela 131 – Aprendizado dos conteúdos circuito série e circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
5	4	21%
4	8	42%
3	4	21%
2	2	11%
1	1	5%

Questionados se conseguem repetir os experimentos em um painel real, verificou-se a hesitação de os alunos partirem para situação real, como mostrado na Tabela 132. A ajuda a que se referem não é muito grande. Na prática, foi observado algum tipo de dificuldade na medição de corrente elétrica. Em algumas oportunidades, ocorreu a queima o fusível do multímetro em vista de montagens erradas.

Tabela 132 – Repetir os experimentos em um painel real

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim, com facilidade	0	0%
Sim, com alguma ajuda	16	84%
Não	3	16%

Questionados se trabalhar com simulações em computador ajudou a ter uma nova visão no estudo de circuitos elétricos, conforme apresentado na Tabela 133, pelas respostas dos alunos, pode-se supor que de alguma forma existe a percepção de que eles estão relacionados.

Tabela 133 – Uma nova visão no estudo de circuitos elétricos

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	11	58%
Um pouco	8	42%
Não	0	0%

Questionados sobre se acharem em condições de resolver qualquer problema de circuito série e circuito paralelo após os estudos realizados, pode-se ver, pela Tabela 134, que existe uma certa insegurança. Embora tenham respondido de uma forma insegura, foi possível verificar que, na maioria das vezes, os alunos não tiveram dificuldades na realização das tarefas

Tabela 134 – Resolução de problemas de circuito série e circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	2	11%
Alguns	11	58%
Não	4	21%
Não tenho ideia	2	11%

Não se observou um consenso sobre qual conteúdo entre circuito série e circuito paralelo foi considerado o mais fácil. Na Tabela 135, é possível supor tal situação.

Tabela 135 – Conteúdo em que teve maior facilidade

Alternativa	Quantidade	Percentual
Circuito série	7	37%
Circuito paralelo	5	26%
Nenhum	2	11%
Os dois	5	26%

Pelo que aparece na Tabela 136, pode-se supor que os alunos, de alguma maneira, encontram relação entre os conteúdos.

Tabela 136 – Os dois conteúdos se relacionam

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	8	42%
Sim, um pouco	11	58%
Não	0	0%
Não tenho ideia	0	0%

Uma grande parcela dos alunos percebeu que ocorreu influência das simulações na aprendizagem dos conteúdos, como é visto na Tabela 137.

Tabela 137 – Aprendizagem ocorreria da mesma forma se não houvessem as simulações

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	1	5%
Sim, um pouco	3	16%
Não	8	42%
Não tenho ideia	7	37%

Embora se admita que as atividades são passíveis de serem realizadas fora da sala de aula, inclusive várias vezes, visualizou-se, na Tabela 138, que os alunos não costumam repeti-las. Mesmo tendo entendido as tarefas, esperava-se que eles as repetissem em casa.

Tabela 138 – Sobre o estudo fora da sala de aula

Alternativa	Quantidade	Percentual
Refiz todas as atividades várias vezes	0	0%
Refiz todas as atividades algumas vezes	2	11%
Não refiz as atividades porque entendi todas em aula	8	42%
Não refiz as atividades porque não entendi em aula	3	16%
Não refiz porque tinha outras atividades mais importantes	6	32%

5.2.4.2 Comparação da utilização das ferramentas de simulação Modellus e PhET após a realização das atividades no segundo semestre de 2011

A atividade relatada a seguir foi realizada por 15 alunos, de forma que alguns fizeram inicialmente a atividade no Modellus e outros inicialmente no PhET. Na sequência, inverteram as atividades. Na sequência, aparece o que os alunos expuseram sobre a forma como se sentiram durante as atividades. As respostas foram enviadas pelo Google Docs ao responderem um questionário (APÊNDICE P).

A simulação de circuitos utilizando o PhET comparada com o uso do Modellus, como mostrado na Tabela 139, dá indícios de que as ferramentas não são consideradas difíceis de usar.

Tabela 139 – Simulação de circuitos utilizando o PhET comparada com o uso do Modellus

Alternativa	Quantidade	Percentual
Modellus mais fácil de usar	2	13%
PhET mais fácil de usar	10	67%
Os dois são fáceis	3	20%
Os dois são difíceis	0	0%

Os alunos consideraram que a simulação de circuitos nesses tipos de *softwares* ou plataformas ajudaram a entender melhor os circuitos elétricos, como mostra a Tabela 140.

Tabela 140 – Simulação de circuitos nesses tipos de *softwares* ou plataformas

Alternativa	Quantidade	Percentual
Ajudam a entender melhor os circuitos elétricos	14	93%
Não auxiliam no entendimento dos circuitos elétricos	0	0%
Confundem o entendimento dos circuitos elétricos	0	0%
Não ajudam nem atrapalham o estudo dos circuitos elétricos	1	7%

Partir de uma simulação para uma situação real pode não ser algo natural, mas, no estudo realizado, pode-se supor que existe percepção dos alunos na ligação entre as duas situações, como mostrado na Tabela 141.

Tabela 141 – A visualização do real a partir da simulação

Alternativa	Quantidade	Percentual
Consigo visualizar a realidade plenamente	6	40%
Consigo visualizar a realidade parcialmente	8	53%
Não consigo visualizar a realidade	1	7%

Percebe-se que a maioria os alunos considerou que a simulação é considerada como aliada na aprendizagem dos circuitos, como visto na Tabela 142.

Tabela 142 – Sobre aulas utilizando simulações

Alternativa	Quantidade	Percentual
Ajudam a entender os conteúdos.	12	80%
Atrapalham no entendimento dos conteúdos	1	7%
Confundem os conteúdos	0	0%
É uma perda de tempo. Prefiro as atividades explicadas no quadro	2	13%

Pode-se supor, pelo que aparece na Tabela 143, a facilidade encontrada na utilização do PhET na montagem do circuito. O mesmo acontece na verificação de medidas, como visto na Tabela 144, e também a facilidade no manuseio dos componentes, como mostrado na Tabela 145. Foi possível observar, ao longo das aulas, que essa plataforma se mostrou sempre de forma amigável, facilitando o desenvolvimento das atividades.

Tabela 143 – Atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito fácil	4	27%
Fácil	10	67%
Difícil	1	7%
Muito difícil	0	0%

Tabela 144 – Atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito fácil	3	20%
Fácil	10	67%
Difícil	2	13%
Muito difícil	0	0%

Tabela 145 – Atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito fácil	3	20%
Fácil	11	73%
Difícil	1	7%
Muito difícil	0	0%

Nas atividades em que os alunos necessitaram calcular alguma grandeza, a simulação estava presente em sua mente, como aparece na Tabela 146, deduzindo-se, dessa forma, que eles levaram em consideração o que foi realizado anteriormente. É importante salientar aqui a vinculação da simulação com a solução dos problemas percebida durante as aulas.

Tabela 146 – Atividades em que é necessário calcular alguma grandeza

Alternativa	Quantidade	Percentual
Levo em consideração a simulação realizada	13	87%
Não acho necessário levar em consideração a simulação	2	13%
Não vejo relação entre a simulação e resolução de problemas	0	0%

Os esquemas mais presentes são aqueles criados pelo uso do PhET. Pode-se notar isso nas atividades em que os alunos necessitam resolver algum problema e recorrem à simulação, como aparece na Tabela 147.

Tabela 147 – Atividades em que é necessário resolver algum problema

Alternativa	Quantidade	Percentual
Realizá-la utilizando o Modellus seria melhor	3	20%
Realizá-la utilizando o PhET seria melhor	8	53%
Resolvendo no papel é bem melhor	1	7%
Indiferente	3	20%

Não foi possível identificar pelas respostas qual a simulação que faz o aluno melhor identificar o circuito elétrico, como se percebe na Tabela 148.

Tabela 148 – Visualização das atividades

Alternativa	Quantidade	Percentual
Consigo visualizar um circuito independentemente da simulação	6	40%
Consigo visualizar um circuito utilizando o Modellus	3	20%
Consigo visualizar um circuito utilizando o PhET	5	33%
Indiferente	1	7%

O estudo do circuito série utilizando as ferramentas adotadas nas atividades foi suficiente para a aprendizagem da maior parte dos alunos, como se pode observar na Tabela 149.

Tabela 149 – Sobre o circuito série

Alternativa	Quantidade	Percentual
Já aprendi satisfatoriamente	12	80%
Gostaria de ter mais explicações sobre o assunto	3	20%
Não entendi nada	0	0%

Pode-se supor que o mesmo aconteceu com o circuito paralelo, o que é visto na Tabela 150.

Tabela 150 – Sobre o circuito paralelo

Alternativa	Quantidade	Percentual
Já aprendi satisfatoriamente	13	87%
Gostaria de ter mais explicações sobre o assunto	2	13%
Não entendi nada	0	0%

Sobre circuito série e paralelo em painel real, verificou-se que nem todos conseguem montar sem ajuda. Observou-se que existe uma certa insegurança. Isso não quer dizer que os alunos não estão sabendo passar do virtual (simulação) para o real (painel) ou que não estão relacionando-os. Pode-se supor isso pelo que aparece na Tabela 151.

Tabela 151 – Sobre o circuito série e paralelo em painel real

Alternativa	Quantidade	Percentual
Consegui montar facilmente	8	53%
Consegui montar com ajuda	6	40%
Não consegui montar	1	7%

5.2.4.3 Comparação da utilização da ferramenta de simulação PhET com o painel de circuitos no segundo semestre de 2011

Na atividade relatada, participaram 14 alunos. Sete inicialmente realizaram a tarefa com o PhET, enquanto os outros sete realizaram a atividade em um painel real. Na sequência, o exercício foi repetido invertendo a ferramenta utilizada. Verificou-se com os alunos como se sentiram nessa tarefa utilizando-se mais uma vez um questionário (Apêndice Q) com auxílio do Google Docs.

Comparou-se a utilização do painel de circuitos com o uso do PhET e pode-se supor, pela Tabela 152, que existe uma tendência à utilização do PhET. Em nenhum momento, analisou-se o motivo da preferência, apenas a escolha dos alunos foi levada em conta.

Tabela 152 – Utilização do painel comparada com o uso do PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Painel mais fácil	2	14%
PhET mais fácil	9	64%
Os dois fáceis	3	21%
Os dois difíceis	0	0%

As atividades realizadas utilizaram as duas ferramentas, a simulação com o PhET e o painel de circuitos. Sete alunos realizaram inicialmente no PhET e sete no painel, como aparece na Tabela 153. Após o modo de realização das atividades foi invertido.

Tabela 153 – Atividade realizada em primeiro lugar

Alternativa	Quantidade	Percentual
PhET	7	50%
Painel	7	50%

Questionados se a primeira atividade havia ajudado na segunda, percebeu-se que alguns alunos não conseguiram relacionar, principalmente no caso dos que inicialmente realizaram como primeira atividade a do painel de circuitos. Essa distribuição aparece na Tabela 154.

Tabela 154 – A primeira atividade ajudou na segunda

Alternativa	Quantidade	Percentual
Sim	9	64%
Não	5	36%

A atividade considerada como sendo a mais trabalhosa, conforme a Tabela 155, foi a realizada no painel.

Tabela 155 – Atividade mais trabalhosa

Alternativa	Quantidade	Percentual
Painel	11	79%
PhET	3	21%

Mesmo sendo considerada a mais difícil, a atividade envolvendo o estudo de circuitos no painel não foi considerada como difícil pela maior parte dos alunos, como mostra a Tabela 156.

Tabela 156 – Atividade utilizando o painel

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fácil	10	71%
Muito fácil	2	14%
Difícil	2	14%
Muito difícil	0	0%
Não sei responder	0	0%

Da mesma forma, a atividade utilizando o PhET foi considerada como uma atividade fácil de ser desenvolvida, pelo que mostra a Tabela 157.

Tabela 157 – Atividade utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fácil	8	57%
Muito fácil	5	36%
Difícil	1	7%
Muito difícil	0	0%
Não sei responder	0	0%

Sobre o circuito misto, pode-se considerar, pela Tabela 158, que os alunos o consideraram de fácil entendimento e que aprenderam satisfatoriamente, conforme a

Tabela 159, e os que aprenderam durante o curso o fizeram com o uso da simulação, como mostrado na Tabela 160, e ainda consideraram que nessas aulas obtiveram um melhor resultado na aprendizagem, como visto na

Tabela 161.

Tabela 158 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
Fácil	9	64%
Muito fácil	2	14%
Difícil	2	14%
Muito difícil	0	0%
Não sei responder	1	7%

Tabela 159 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
Apreendi satisfatoriamente	13	93%
Preciso de mais explicações sobre o assunto	1	7%
Acho que não vou aprender	0	0%

Tabela 160 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
Apreendi com ajuda da simulação	12	86%
Teria aprendido mesmo sem a simulação	0	0%
A simulação atrapalhou	0	0%
Já havia aprendido em outro curso	2	14%

Tabela 161 – Sobre o circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
As aulas do Ensino Médio foram mais esclarecedoras	1	7%
As aulas no TSI foram mais esclarecedoras	13	93%
Em nenhum dos dois casos, foram esclarecedoras	0	0%
Apreendi melhor agora porque tive boas aulas no Ensino Médio	0	0%

As notas dadas pelos próprios alunos como forma de quantificar o aprendizado do estudo de circuito misto, como se percebe pela Tabela 162, ficaram concentradas de cinco a dez.

Tabela 162 – Sobre o aprendizado no circuito misto

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	0	0%
5	1	7%
6	1	7%
7	3	21%
8	3	21%
9	3	21%
10	3	21%

Sobre a aprendizagem utilizando o Modellus, os alunos também precisaram quantificá-la, o que aparece na Tabela 163.. O resultado se parece com o anterior.

Tabela 163 – Aprendizagem utilizando o Modellus

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	0	0%
5	1	7%
6	0	0%
7	2	14%
8	2	14%
9	4	29%
10	5	36%

Quando solicitados a quantificar a contribuição do PhET na aprendizagem, esta é mais acentuada nos patamares maiores, como visto na Tabela 164. De certa forma, isso era esperado pela preferência mostrada ao longo das atividades.

Tabela 164 – A aprendizagem utilizando o PhET

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	0	0%
5	1	7%
6	1	7%
7	1	7%
8	1	7%
9	4	29%
10	6	43%

E sobre a contribuição do painel na aprendizagem de circuitos elétricos, observou-se, pela Tabela 165, uma distribuição das notas entre cinco e dez.

Tabela 165 – Aprendizagem utilizando o painel de circuitos

Alternativa	Quantidade	Percentual
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	0	0%
5	2	14%
6	3	21%
7	2	14%
8	0	0%
9	3	21%
10	4	29%

Pelo que pode ser visualizado na Tabela 166, a ferramenta preferida para trabalhar com circuitos elétricos é o PhET.

Tabela 166 – Continuidade de trabalhos com circuitos elétricos

Alternativa	Quantidade	Percentual
Modellus	1	7%
PhET	8	57%
Painel de circuitos	4	29%
Problemas de livros	1	7%
Outra	0	0%

A observação realizada ao longo do semestre sobre o comportamento dos alunos nas diferentes técnicas utilizadas procurou mais uma vez identificar como

tirar proveito das ferramentas colocadas à disposição para um aprendizado dos circuitos elétricos. Os alunos acabaram verificando ao longo do semestre que conseguem aprender com a utilização da simulação.

5.3 Avaliação dos alunos sobre o desempenho da disciplina

A partir do primeiro semestre de 2011, foi elaborado um questionário para avaliar a disciplina dentro do contexto do semestre letivo. O objetivo foi ter uma visão do aluno depois de aplicadas todas as tarefas. Dessa forma, foi possível verificar de que forma os alunos desenvolveram a disciplina intitulada Física e Eletricidade ao longo dos dois semestres.

5.3.1 Avaliação dos alunos sobre o desempenho da disciplina no primeiro semestre de 2011

Ao final do primeiro semestre de 2011, 12 alunos responderam ao questionário de avaliação da disciplina.

Sobre a influência do método de trabalho ao longo do semestre, a disciplina de Física e Eletricidade, de acordo com a Tabela 167, ajudou no processo de aprendizagem dos alunos.

Tabela 167 – Sobre a disciplina de Física e Eletricidade trabalhada durante o semestre

Alternativa	Quantidade	Percentual
Apreendi satisfatoriamente	10	83%
Apreendi parcialmente	2	17%
Não aprendi nada	0	0%

Dentre os conteúdos trabalhados, os alunos consideraram, pela Tabela 168, que o que melhor aprenderam foram o circuito série e o circuito paralelo. Chama a atenção que o circuito misto apresenta índice zero. Chamar a atenção para isso não quer dizer que os alunos não aprenderam tal conteúdo.

Tabela 168 – Dentre os conteúdos trabalhados

Alternativa	Quantidade	Percentual
Circuito série	4	33%
Circuito paralelo	3	25%
Circuito misto	0	0%
Todos	5	42%
Nenhum	0	0%

Dentre os métodos trabalhados, segundo os alunos, o que proporcionou um melhor entendimento dos conteúdos, pelo que apresenta Tabela 169, foram as atividades com o uso do PhET.

Tabela 169 – Dentre os métodos trabalhados, o que proporcionou um melhor entendimento dos conteúdos

Alternativa	Quantidade	Percentual
Simulação utilizando o Modellus	2	17%
Simulação utilizando o PhET	7	58%
Painel real	2	17%
Todos	1	8%
Nenhum	0	0%

Dentre os métodos trabalhados, de acordo com a Tabela 170, o PhET foi considerado de mais fácil manuseio. Chama a atenção que todos os 12 alunos que responderam ao questionário elegeram o *software* como o de mais fácil manuseio.

Tabela 170 – Dentre os métodos trabalhados, o que foi de mais fácil manuseio

Alternativa	Quantidade	Percentual
Modellus	0	0%
PhET	12	100%
Real	0	0%
Nenhum	0	0%

Sobre as formas de estudo de circuitos elétricos ao longo de sua trajetória estudantil, comparando o Ensino Médio com o que foi praticado ao longo do semestre, observa-se que os alunos aprovaram as técnicas desenvolvidas ao longo do atual estudo, como mostra a Tabela 171.

Tabela 171 – Dentre as formas de estudar circuitos elétricos

Alternativa	Quantidade	Percentual
Melhor no Ensino Médio	0	0%
Melhor no TSI	10	83%
As duas foram boas	2	17%
Nenhuma das duas foram proveitosas	0	0%

Questionados sobre a forma como foram trabalhados os conteúdos ao longo do semestre comparada com a forma de aula tradicional com uso de quadro-negro (ou branco) e resolução de problemas, pode-se observar, na Tabela 172, que os alunos consideraram mais proveitoso o estudo realizado no atual semestre.

Tabela 172 – Sobre as formas de estudar circuitos elétricos

Alternativa	Quantidade	Percentual
Considerarei proveitosa da forma como foi trabalhado	12	100%
Gostaria de ter estudado da forma tradicional com aulas no quadro e problemas	0	0%

Sobre a forma de serem avaliados, os alunos consideraram que uma avaliação contínua presente em todas as atividades, em vez das tradicionais provas,

como mostra a Tabela 173, foi aprovada por eles. Embora seja mais difícil para o professor estar atento a cada aluno e acompanhar o seu desempenho e desenvolvimento nos conteúdos, essa forma de avaliar pode ser mais justa do que as provas, nas quais uma série de fatores pode atribuir valores que não correspondam à realidade da aprendizagem.

Tabela 173 – Sobre a avaliação

Alternativa	Quantidade	Percentual
Gostei de ser avaliado em todas as atividades	12	100%
Preferia ter feito provas	0	0%

Durante o semestre, dois professores trabalharam com a turma. Esse fator poderia ter sido prejudicial ao desenvolvimento dos conteúdos, mas, como se pode verificar pela Tabela 174, foi considerado como uma normalidade pelos alunos.

Tabela 174 – Sobre ter dois professores, considere

Alternativa	Quantidade	Percentual
Ótimo	5	42%
Bom	4	33%
Ruim	0	0%
Péssimo	0	0%
Regular	3	25%

Na sequência, são listados os comentários feitos pelos alunos sobre o que acharam da disciplina de Física e Eletricidade durante o semestre.

- Achei uma matéria interessante.
- Os conteúdos foram trabalhos de modo prático e proveitoso.
- Muito bom, continuem assim, professores!
- Satisfatória, principalmente pela abordagem totalmente prática, tanto pelos *softwares* como pelo painel.

- Aprendi muito nesta disciplina neste semestre, pois no Ensino Médio eu não havia aprendido nada dessa matéria.
- Considerei bem proveitosa pelo estilo de ensino. Já faz bastante tempo que terminei o Ensino Médio e o ensino era um pouco ruim. Agora realmente aprendi muito, não posso dizer que sei tudo da matéria, mas considero que aprendi muita coisa neste semestre.
- Achei a forma de abordagem bastante inovadora e atraente, porém, na questão de domínio de conteúdo pelos professores, considero que deixou a desejar, principalmente na questão de análise de circuitos.
- Não quero dizer que os professores não sabiam o conteúdo, mas faziam parecer isso pela forma como era explicado, ou se detinham em detalhes muito específicos e desnecessários, ou explicavam coisas diferentes do que os alunos perguntavam.
- Boa, tirando a parte do painel.
- A primeira parte, estudada na sala 123, não fixou muito em minha mente, já que não foi de forma prática e foram muitos conteúdos em um curto espaço de tempo, mas a segunda parte, no laboratório 1, foi bastante proveitosa, pois não apenas estudamos como também praticamos com o auxílio das simulações e do painel real.
- Fácil aprendizagem e bem instrutiva.
- Ótima forma de aprender.

Verificou-se, na opinião dos alunos, que, na sua maioria, o produto didático ajudou na construção do conhecimento de circuitos elétricos. É possível ver a alusão de alguns às atividades que realizaram e com quais delas de certa forma se identificaram.

Por último, descreve-se algumas sugestões que alguns alunos propuseram. Apenas duas sugestões foram dadas.

- As atividades estão muito boas, talvez algum material de apoio, como tabelas de fórmulas, poderia ser disponibilizado para facilitar o aprendizado – embora esse conteúdo possa ser encontrado na Internet sem muitos problemas. As aulas estão ótimas!
- Revisar mais a forma como eram publicadas as atividades, pois no painel de atividades costumava haver textos grandes e desorganizados, e as planilhas

algumas vezes continham perguntas vazias (que provavelmente já vinham prontas). Professores, não gostaria de desmerecê-los, apenas quero ajudar para que todos melhorem nosso aprendizado.

5.3.2 Avaliação dos alunos sobre o desempenho da disciplina no segundo semestre de 2011

No final do segundo semestre letivo de 2011, foi aplicado um questionário (APÊNDICE R) para obter dados da avaliação da disciplina. O questionário apresenta modificações se comparado ao aplicado no semestre anterior. Dez alunos responderam por meio da ferramenta Google Docs, que atualmente é chamada de Google Drive.

Dos dez alunos que participaram dessa etapa, apenas um cursou o Ensino Fundamental em escola particular e nenhum cursou o Ensino Médio em escola particular. Dez alunos cursaram ou estavam cursando outro curso superior. Todos os alunos estavam cursando o primeiro semestre do curso pela primeira vez.

Tabela 175 – Sobre a disciplina Física e Eletricidade estar no programa do curso

Alternativa	Quantidade	Percentual
Concordo totalmente	2	18%
Concordo parcialmente	3	27%
Discordo parcialmente	3	27%
Discordo totalmente	2	18%

Quando questionados sobre a disciplina de Física e Eletricidade fazer parte do programa do curso, os alunos pareceram não estarem certos, como visto na Tabela 175. A distribuição não deixa claro se todos estão certos do objetivo da disciplina no curso.

Tabela 176 – Sobre os conteúdos desenvolvidos na disciplina

Alternativa	Quantidade	Percentual
Concordo totalmente	3	27%
Concordo parcialmente	3	27%
Discordo parcialmente	2	18%
Discordo totalmente	1	9%
Não tenho opinião	1	9%

Questionados sobre os conteúdos desenvolvidos ao longo do semestre, observa-se, pela Tabela 176, que a maioria dos alunos concorda com os conteúdos que foram desenvolvidos.

Tabela 177 – Sobre o sistema de avaliação

Alternativa	Quantidade	Percentual
Concordo totalmente	5	45%
Concordo parcialmente	2	18%
Discordo parcialmente	1	9%
Discordo totalmente	1	9%
Não tenho opinião	1	9%

Em relação ao sistema de avaliação da disciplina, que considera todas as atividades, segundo a Tabela 177, é possível observar que tem a aprovação da maioria em detrimento das tradicionais provas. Ao longo do semestre, todas as atividades fizeram parte da avaliação. Dessa forma, foi possível identificar a dificuldade de cada aluno e trabalhá-las de forma individual, buscando dessa forma que o aluno conseguisse aprender totalmente todos os conteúdos.

Tabela 178 – Relação dos conteúdos da disciplina com outras disciplinas do curso

Alternativa	Quantidade	Percentual
Concordo totalmente	1	9%
Concordo parcialmente	4	36%
Discordo parcialmente	1	9%
Discordo totalmente	2	18%
Não tenho opinião	2	18%

Não fica claro, conforme Tabela 178, se os alunos conseguem visualizar a relação entre a disciplina de Física e Eletricidade e alguma outra disciplina do curso. Esperava-se que houvesse tal reconhecimento, mas nem todos conseguiram ver tais ligações.

Tabela 179 – Sobre o material didático utilizado ao longo do semestre

Alternativa	Quantidade	Percentual
Concordo totalmente	3	27%
Concordo parcialmente	5	45%
Discordo parcialmente	0	0%
Discordo totalmente	1	9%
Não tenho opinião	1	9%

Sobre a apreciação do material didático utilizado nas aulas ao longo do semestre segundo, pelo que aparece na Tabela 179, houve aceitação pela grande maioria.

Tabela 180 – Encadeamento dos assuntos ao longo do curso

Alternativa	Quantidade	Percentual
Concordo totalmente	4	36%
Concordo parcialmente	2	18%
Discordo parcialmente	0	0%
Discordo totalmente	1	9%
Não tenho opinião	3	27%

Conforme a Tabela 180, seis alunos viram algum encadeamento entre os conteúdos ao longo do curso. Pelo desenvolvimento e pelos resultados que tiveram ao longo do semestre, esperava-se que esse número fosse maior. Ao longo do semestre, sempre foi dada ênfase a certas grandezas e à forma como se relacionavam. Também pelo fato de no circuito misto estarem presentes o circuito série e o circuito paralelo, esperava-se que tal relação fosse observada.

Tabela 181 – Se tivesse que se conceder um conceito

Alternativa	Quantidade	Percentual
A	7	64%
B	2	18%
C	1	9%
D	0	0%
Não tenho opinião	0	0%

Solicitados a se darem um conceito, como aparece na Tabela 181, todos se consideraram aprovados. Esse é um dado que pode ser considerado interessante, porque, mesmo não representando o verdadeiro conceito, eles consideraram que tiveram bom aproveitamento.

Tabela 182 – Se tivesse que justificar o conceito dado

Alternativa	Quantidade	Percentual
Realizei todas as tarefas e estava sempre presente	4	36%
Realizei todas as tarefas, mas não estava sempre presente	3	27%
Não realizei todas as tarefas e não estava sempre presente	0	0%
Não realizei todas, estava sempre presente, mas encontrei dificuldades	1	9%
Não tenho opinião	2	18%

Questionados a justificarem os conceitos dados, pode-se verificar pela Tabela 182 que os alunos conseguem tal justificativa a partir da realização das tarefas propostas. Chama a atenção também que alguns alunos não tiveram dificuldades de realizar as tarefas sem a intervenção do professor. Foi dada essa possibilidade para todas as atividades de simulação, para que pudessem ser avaliadas mesmo sendo realizadas à distância.

Tabela 183 – Sobre o interesse pela disciplina

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito grande	0	0%
Grande	3	27%
Médio	6	55%
Pouco	1	9%
Nenhum	0	0%

Verificou-se, pela Tabela 183, que existe interesse dos alunos em aprender a disciplina, o que pode representar a facilidade que tiveram para desenvolver as atividades ao longo do semestre.

Tabela 184 – Interesse da turma pela disciplina

Alternativa	Quantidade	Percentual
Muito grande	0	0%
Grande	1	9%
Médio	7	64%
Pouco	1	9%
Nenhum	1	9%

Por último, foi feito um levantamento sobre o que cada aluno achou do envolvimento da turma nas atividades ao longo do semestre. Observa-se, pela Tabela 184, que esse envolvimento foi verificado. Como algumas atividades foram executadas em alguns casos em grupos, foi importante que tenha acontecido esse envolvimento.

Considera-se que é importante saber a visão do aluno sobre o trabalho realizado ao longo do semestre. Na maioria das situações, verificou-se que as atividades da forma como foram apresentadas tiveram aprovação dos alunos e, na grande maioria, eles consideraram que obtiveram aprendizagem. Identificou-se também que os alunos conseguiram visualizar circuitos elétricos nas diferentes situações. Essa realmente era uma proposta das atividades como produto educacional. Chamou a atenção que os alunos, ao longo do semestre, ficaram questionando sobre quando seriam avaliados mesmo que se tenha falado no início que isso não seria feito. A avaliação de todas as atividades, embora mais trabalhosa, traduz melhor a identificação do crescimento de cada aluno. A interação professor/aluno durante as atividades proporciona ao professor conhecer as dificuldades do aluno e ao aluno a liberdade de expor suas dificuldades. As perguntas que o aluno não faria numa aula tradicional ele as faz de uma forma

natural em uma aula prática. No final, os alunos acabaram percebendo que foram avaliados e que não foi necessária a aplicação de provas para isso. Terminadas as atividades, todos foram aprovados. Percebeu-se também que alguns sentiram falta de um material teórico escrito. Como o foco das aulas foi sempre voltado para atividades práticas, não se sentiu necessidade disso, embora tenha sido disponibilizada no início de cada semestre a bibliografia utilizada, material que se tomou o cuidado de indicar com base no acervo da biblioteca do campus.

Capítulo 6

CONCLUSÃO

Em relação à revisão da literatura e aos trabalhos pesquisados e encontrados sobre o assunto, pode-se afirmar que pouco foi produzido. Considera-se que o laboratório junto com atividades de simulação em computador, não necessariamente nesta ordem, podem contribuir em muito para que os estudantes entendam mais profundamente tal assunto. E foi exatamente isso que se colocou em prática. Observou-se que é possível que uma atividade complemente a outra, fazendo com que no final não haja diferença entre o virtual e o real. Não se viu em nenhum momento os alunos confundindo um ambiente com o outro. E ainda, viu-se que existe um número restrito de trabalhos envolvendo as Tecnologias de Informação e Comunicação como forma de auxiliar os estudantes na aprendizagem dos circuitos elétricos. E, também, poucos procuram fazer a ligação de uma situação de simulação para uma situação real de atividade em laboratório. Este estudo visou a proporcionar o encadeamento de circuitos elétricos a partir de atividades em laboratório virtual e laboratório real.

Este trabalho buscou apresentar uma sequência que proporcionasse aos estudantes diferentes situações para que eles pudessem com isso entender os conceitos trabalhados. Conforme Vergnaud (1990), são as situações que dão sentido aos conceitos. A utilização de diferentes *softwares* de simulação e do painel de circuitos proporcionou as diversas situações que fizessem sentido para os alunos. Assimilar progressivamente cada conceito é a prática para domínio de um campo conceitual. Com as diversas situações, proporcionou-se que os alunos aumentassem a possibilidade de construir seus esquemas. Foram diversas possibilidades à disposição dos alunos para que fossem proporcionadas diferentes situações. Eles receberam uma variedade de situações para que os conceitos se tornassem significativos. Dessa forma, este estudo foi ao encontro dos pressupostos de Vergnaud, porque, para ele, são as situações que dão sentido aos conceitos. A sequência de atividades do produto didático proporcionou ao estudante visões diferentes de um mesmo conceito. Tomou-se o cuidado de introduzir as ferramentas de forma gradativa para que elas pudessem ser assimiladas de forma apropriada no

contexto dos conteúdos e do desenvolvimento das atividades. Dessa forma, proporcionou-se uma sequência de atividades interligadas.

É possível afirmar que a utilização das tecnologias de informação nas atividades propostas ao longo deste trabalho possibilitou aos alunos participar de uma aprendizagem significativa. Em uma atividade de laboratório, seja ela uma simulação – como as muitas que foram desenvolvidas ao longo dos semestres trabalhados –, seja pelas atividades práticas com laboratório real, deve-se saber conviver com os erros, e eles estão sempre presentes. É preciso saber trabalhar com esses erros como forma de também formar o aluno. Para Moreira (2005), é preciso não confundir aprendizagem pelo erro com o conceito de aprendizagem por ensaio-e-erro, cujo significado é geralmente pejorativo. Na medida em que o conhecimento prévio é o fator determinante da aprendizagem significativa, ela automaticamente deixa ser o processo errático e aleatório que caracteriza aprendizagem por ensaio-e-erro. Deve-se estar preparado para quando isso acontecer. É preciso saber que isso sempre vai acontecer nos laboratórios. O homem aprende corrigindo seus erros (MOREIRA, 2005). Não há nada de errado em errar. Errado é pensar que a certeza existe, que a verdade é absoluta, que o conhecimento é permanente. Muitos professores afirmam que não entram em laboratório porque os experimentos podem falhar. Para eles, a ciência tem que ser uma verdade absoluta.

Durante as atividades, acompanhou-se o desempenho dos alunos de forma a ajudá-los quando necessário e, principalmente, observar a sua atitude perante as ferramentas propostas para o trabalho. Foi dessa forma que se percebeu que eles tiveram dificuldade de entender na simulação um interruptor como uma figura estática, o que levou a mudar a simulação no Modellus.

No decorrer do processo de trabalho, observou-se que, ao resolverem problemas, eles recorreram ao PhET, no qual montavam o circuito com os respectivos valores e copiavam os valores dos instrumentos de medida em vez de colocar os dados no papel. Isso foi um fato generalizado que aconteceu sempre em todos os quatro semestres e com a maioria dos estudantes. Dessa forma, foi possível também verificar a forma como o progresso acontece à medida que os estudantes colocam em prática os esquemas por eles articulados.

Partir de uma simulação para uma situação real pode não ser algo natural, mas, no estudo realizado, se verificou que existiu percepção dos alunos da ligação entre as duas situações. Essa era uma grande preocupação durante todo o tempo: se o aluno conseguiria transpor do virtual para o real. Só não se considerou a situação como ideal porque os estudantes sentiram certo receio nas atividades com o painel real. Alguns disseram que o fato que influenciou foi o medo de tomarem choque e o medo de queimarem algum componente.

Para Moreira (2003), é preciso entender que a aprendizagem é significativa quando novos conhecimentos (conceitos, ideias, proposições, modelos, fórmulas) passam a significar algo para o aprendiz, quando ele ou ela é capaz de explicar situações com suas próprias palavras, quando é capaz de resolver problemas novos, enfim, quando compreende. A forma como agiram os alunos ao longo das atividades sugere que todos os conteúdos trabalhados passaram a ter significado. Não se deve esperar que os alunos deixem de pensar da forma como chegaram na sala de aula e passem a pensar de forma totalmente diferente porque foi proposta alguma atividade para eles. Deve-se estar preparado para ouvir, mesmo depois das aulas, o que os alunos diziam antes delas. Mesmo que façam todas as atividades de forma correta, poderá existir alguns momentos em que eles vão fazer as mesmas colocações de antes. Moreira e Greca (2003) afirmam que, considerando a teoria de Ausubel, os significados internalizados não substituem os conceitos subsunçores existentes, mas, sim, são incorporados a eles, modificando-os.

Percebeu-se que os estudantes conseguiram interligar os conceitos nas diferentes ferramentas e atividades. Poucos alunos necessitaram de atividades de reforço para que pudessem vencer dificuldades. Para Vergnaud (1990), um único conceito não se refere a um único tipo de situação, e uma única situação não pode ser analisada com um conceito único. Ainda porque, segundo o próprio Vergnaud (1990), um campo conceitual é, em primeiro lugar, um conjunto de situações cujo domínio requer o domínio de vários conceitos de natureza diferente.

Finaliza-se esta dissertação afirmando que não se acredita que as simulações devam substituir as aulas em laboratório, e sim que as duas devam contribuir na construção do aprendizado dos conteúdos de Física e, neste caso, dos circuitos elétricos. Percebeu-se que as duas formas de ação pedagógica empregadas em conjunto durante as atividades do presente trabalho se mostraram eficientes.

REFERÊNCIAS

- Albano, G., D'Apice, C., & Tomasiello, S. (2002). Simulating harmonic oscillator and electrical circuits: A didactical proposal. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 33(2), 157-170.
- Amrin, R., Baterseh, F., Baterseh, I. (2009). Adaptive Electronic Quizzing Method For Introductory Electrical Circuit Course. *International Journal Of Online Engineering*, 5(3), 4-7.
- Araújo, M. S. T., Abib, M. S. (2003). Atividades experimentais no ensino de Física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 176-194.
- Ausubel, D. P. (1982). *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes.
- Bachiller-Soler, A. (2010). Laboratory Work In Teaching Basic Three-Phase Electrical Circuits. *International Journal Of Electrical Engineering Education*, 47(3), 293-306.
- Baltzis, K. (2009). Using Laboratory Experiments And Circuit Simulation It Tools In An Undergraduate Course In Analog Electronics. *Journal Of Science Education And Technology*, 18(6), 546-555.
- Barbas, A. (2007). Causal Reasoning As A Base For Advancing A Systemic Approach To Simple Electrical Circuits. *Research In Science Education*, 27(3), 445-459.
- Bayrak, B., Kanli, U., & Ingec, S. K. (2007). To Compare The Effects Of Computer Based Learning And The Laboratory Based Learning On Students' Achievement Regarding Electric Circuits. *Turkish Online Journal Of Educational Technology – Tojet*, 6(1).
- Beth, T. (1991). Computer Aided Systems Theory – Eurocast '91. *Computer Science*, 585, 21-31.
- Bueno, A. (2010). Aprender Competencias En Una Propuesta Para La Enseñanza De Los Circuitos Eléctricos En Educación Primaria. *Enseñanza De Las Ciências*, 28(3), 385-404.
- Canesin, C. A., Gonçalves, F. A. S. E Sampaio, L. P. (2010). Simulation Tools For Power Electronics Courses Based On Java Technologies. *Ieee Transactions On Education*, 53(4), 580-586.
- Dorneles, P. (2006). Simulação E Modelagem Computacionais No Auxílio À Aprendizagem Significativa de Conceitos Básicos de Eletricidade. Parte II - Circuitos Rlc. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(3), 1806-1117.
- Dorneles, P., Veit, E. E Araújo, I. (2006). Simulação E Modelagem Computacionais No Auxílio À Aprendizagem Significativa De Conceitos Básicos De Eletricidade. Parte li - Circuitos Rlc. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(3), 1806-1117.
- Drosopoulos, A., E Hatziprokopiou, M. (2010). Planning And Development Of Lab Training Activities For Powerline Communications. *Ieee Transactions On Education*, 53(3), 384-389.

- Engelhardt, P. (2004). Students' Understanding Of Direct Current Resistive Electrical Circuits. *American Journal Of Physics*, 72 (1), 98.
- Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (2004). Students 'understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115.
- Fischer, J. (2007). Inquiry-Learning With Weblab: Undergraduate Attitudes And Experiences. *Journal Of Science Education And Technology*, 16(4), 337-348.
- FISCHER, J., (2010). Inquiry Learning with WebLab: Undergraduate Attitudes and Experiences. *Journal of Science Education and Technology*, 16(4).
- Flores, J. (2008). Aprendizaje De Circuitos Eléctricos En El Nivel Polimodal: Resultados De Distintas Aproximaciones Didácticas. *Enseñanza De Las Ciencias*, 26(2), 245–256.
- Galili, I. (2005). Energy Transfer In Electrical Circuits: A Qualitative Account. *American Journal Of Physics*, 73 (2), 141.
- Guan, M. (2009). On The Equivalent Circuit Models Of Piezoelectric Ceramics Em Ferroelectrics 386, 77-87.
- Guisasola, J. (2008). Using The Processes Of Electrical Charge Of Bodies As A Tool In The Assessment Of University Students' Learning In Electricity. *Science Education Research*, 5, 225-236.
- Gunstone, R. (2009). Physics Teachers' Perceptions Of The Difficulty Of Teaching Electricity. *Research In Science Education*, 39(4), 515-538.
- Hart, C. (2007). Models In Physics, Models For Physics Learning, And Why The Distinction May Matter In The Case Of Electric Circuits. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(5), 529-544.
- He, P. (2010). Design Of Interactive Learning System Based On Intuition Concept Space. *Journal Of Computers*, 5(3), 479-487.
- Henderson, L. (2006). Theorizing a Multiple Cultures Instructional Design Model for E Learning and E-Teaching. In A. Edmundson (Ed.), *Globalized E-Learning Cultural Challenges*. 130-153.
- Jenkins, D. (1996). Have More Fun Teaching Physics: Simulating, Stimulating Software. *Escolas Multimedia*, 3(5), 42-47.
- K. W. E. Cheng, C. L. Chan, N. C. Cheung and D. Sutanto, (2002). Virtual laboratory development for teaching power electronics, *IEEE PESC*. 31(4), 461-466.
- Katan, R. E, Agelidis, V. G, E Nayar, C. V. (1995). Pspice Modelagem de Painéis Fotovoltaicos. *International Journal Of Education Engenharia Elétrica*, 32(4), 319-332.
- Kester, L. (2004). Information Presentation And Troubleshooting In Electrical Circuits. *International Journal Of Science Education*, 26(2), 239-256.
- Kester, L., Kirschner, P., E Van Merrienboer, J. (2004). Information Presentation And Troubleshooting In Electrical Circuits. *International Journal Of Science Education*, 26(2), 239-256.
- Kiers, K. (2004). Precision Measurements Of A Simple Chaotic Circuit. *American Journal Of Physics*, 72 (4), 503-516.

- Kipnis, N. (2009). A Law Of Physics In The Classroom: The Case Of Ohm's Law. *Science & Education*, 18(3-4), 349-382.
- Kong, S. (2009). An Experience Of Teaching For Learning By Observation: Remote-Controlled Experiments On Electrical Circuits. *Computers & Education*, 52(3), 702-717.
- Kong, S. C., Yeung, Y. Y., E Wu, X. Q. (2009). An Experience Of Teaching For Learning By Observation: Remote-Controlled Experiments On Electrical Circuits. *Computers & Education*, 52(3), 702-717.
- Lee, C., Su, J., Lin, K., Chang, J., & Lin, G. (2010). A Project-Based Laboratory For Learning Embedded System Design With Industry Support. *Transactions On Education*, 53(2), 173-181.
- Magnuson, W. G. (1984). Circuit Analysis And Simulation Programs: An Overview. *Nuclear Science*, 29(1), 567-572.
- Mauk, H. (2005). Student Understanding Of Induced Current: Using Tutorials In Introductory Physics To Teach Electricity And Magnetism. *American Journal Of Physics*, 73(12), 1164-1178.
- Max, L., Thiringer, T., Undeland, T., & Karlsson, R. (2009). Power Electronics Design Laboratory Exercise For Final-Year M.Sc. Students. *Ieee Transactions On Education*, 52(4), 524-531.
- Medeiros, A. e Medeiros, C. F. de (2002). Possibilidades e limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. *Rev. Brasileira de Ensino de Física*, 24(2),77-86.
- Moore, W. R.; Baxter, R. L. (1984). Interactive Computer Graphics: A Powerful Tool For Technical Education. *Computers In Education Division Of Asee*, 4(4), 11-14.
- Moreira, M. A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- Moreira, M. A. (2004). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de Física e a investigação nesta área. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2004. 107p.
- Moreira, M. A. (2005). *Aprendizagem significativa crítica/Aprendizaje significativo crítico*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.
- Moreira, M. A., Caballero, C. & Rodríguez Palmero, M. L. (2004). *Aprendizaje significativo: interacción personal, progresividad y lenguaje*. Burgos, Espanha: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos. 86 p.
- Moreira, M. A. (2000). *Aprendizagem significativa crítica*. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche).
- Moreira, M. A. (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), 7-29.
- Moreira, M. A. e Masini, E. F. S. (1982) *Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes.
- Nakkeeran, K. (2009). Mathematical Description Of Differential Equation Solving Electrical Circuits. *Journal Of Circuits, Systems, And Computers*, 18(5), 985-991.

Osterberg, P. (2004). Impedance Between Adjacent Nodes Of Infinite Uniform D-Dimensional Resistive Lattices. *American Journal Of Physics*, 72(4), 972-991.

Paatz, R. (2004). A Case Study Analysing The Process Of Analogy-Based Learning In A Teaching Unit About Simple Electric Circuits. *International Journal Of Science Education*, 26(9), 1065-1081.

Paatz, R., Ryder, J., Schwedes, H., e Scott, P., (2004). A case study analysing the process of analogy-based learning in a teaching unit about simple electric circuits. *International Journal of Science Education*, 26(9), 1065-1081.

Papert, S. (1993) *The Children's machine: rethinking school in the age of the computer*. Basic Books, New York.

Papert, S. (1980). *Mindstorms - Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, Inc..

Papert, S. (2002). *A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da Informática*. Trad. Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas.

Perkins, A. W., Forehand, M. R., & Greenwald, A. G. (2006). Decomposing the Implicit Self-Concept: The relative influence of semantic meaning and valence on attribute self-association. *Social Cognition*, 24(4), 387-408.

Riaza, R. (2009). Dae-Based Modeling Of Electrical Circuits: Classical Methods Revisited And Recent Results. *Aip Conference Proceedings*, 1168(1), 1025-1028.

Robbins, T. (1995). Circuit-Breaker Model For Over-Current Protection Simulation Of Dc Distribution Systems. Obtido Em [Http://Www.Telepower.Com.Au/Int95c.Pdf](http://Www.Telepower.Com.Au/Int95c.Pdf) Em 02/07/2011.

Robertson, W. C. (2005). Eletricidade E Magnetismo. Parar De Fingir! Finalmente, A Compreensão Da Ciência Para Que Você Possa Ensiná-Lo National Science Teachers Association. Recuperado em 27 junho, 2011, de <http://Search.Proquest.Com/Docview/61990688?Accountid=26538>.

Rosenthal, A. (2006). Teaching About Circuits At The Introductory Level: An Emphasis On Potential Difference. *American Journal Of Physics*, 74 (4), 324-338.

Samath, J. A., Kumar, P. S. E Begum, A. (2010). Solution Of Linear Electrical Circuit Problem Using Neural Networks. *International Journal Of Computer Applications*, 2(1), 6-13.

Shen, J. (2007). Using Research Based Assessment Tools In Professional Development In Current Electricity Em *Journal Of Science Teacher Education* 18(3), 431-459.

Silva, A. A. (1994). Simulating Electrical Circuits With An Electronic Spreadsheet. *Computers And Education*, 22(4), 345-353.

Silveira, F. L.; Moreira, M. A.; AXT, R. (1989). Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. *Ciência e Cultura*, 41, 1129-1133.

Sing, L., E Chee, C. T. (1997). Microcomputer Simulated Experiments In The Teaching Of Multi-Channel Laser System In An Undergraduate Course. *Journal Of Computers In Mathematics And Science Teaching*, 16(1), 25-36.

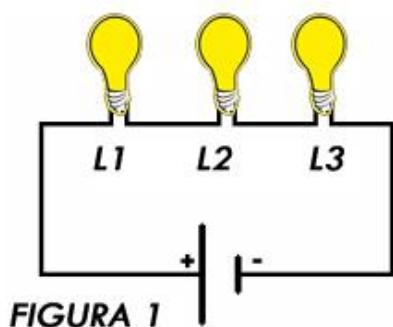
- Snooke, N. A. (1999). Simulating Electrical Devices With Complex Behavior. *Ai Communications*, 24(2), 45-59.
- Soegaard-Knudsen, M. (1985). Hierarchical Specification And Switch-Level Simulation Of Digital Circuits. *Iee Proc.- E Comp.Digital Tech.*, 132(2), 102-107.
- Sousa, C. M. S. G. e Fávero, M. H. (2002). Um estudo sobre resolução de problemas em Física em situação de interlocução entre um especialista e um novato. Submetido ao VIII EPEF.
- Teodoro, Vítor M. N. D. (2008). Mathematical modelling in science and mathematics education: rationale and examples, Conference on Computational Physics 2008, Kaohsiung, (Congresso).
- Veit, E. A. & Teodoro, V. D. (2002). Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2), 87-96.
- Vergnaud, G. *et al* (1990). Epistemology and psychology of mathematics education. In Nesher, P. & Kilpatrick, J. (Eds.) *Mathematics and cognition: A research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vergnaud. G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23), 133-170.
- Vreman-de Olde, C. de Jong, T. (2004). Student-generated assignments about electrical circuits in a computer simulation. *International Journal of Science Education*, 26, 859-873.
- Vreman-De Olde, C., E De Jong, T. (2004). Student-Generated Assignments About Electrical Circuits In A Computer Simulation. *International Journal Of Science Education*, 26(7), 859-873.
- Vreman-De, C. (2004). Student-Generated Assignments About Electrical Circuits In A Computer Simulation. *International Journal Of Science Education*, 26(7), 859-873.
- Vygotsky LS (1978) *Mind in society: the development of high psychological processes*. Harvard University Press, London.
- Vygotsky, L. (1998). *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes.
- Waxman, M. (2010). Using Physics To Investigate Blood Flow In Arteries: A Case Study For Premed Students. *American Journal Of Physics*, 789, 970.
- Wei, Y. P. (1982). Large-Scale Circuit Simulation. Ph.D. Thesis Illinois Univ., Urbana. *Coordinated Science Lab/Illinois-Usa*.

ANEXOS

ANEXO A – TESTE DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

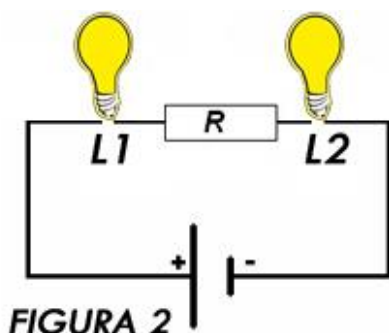
Em todas as questões deste teste, admite-se que as lâmpadas sejam iguais. Os brilhos das lâmpadas crescem quando a intensidade da corrente elétrica aumenta. A bateria representada tem resistência elétrica desprezível.

- 1) No circuito da Figura 1, pode-se afirmar que:



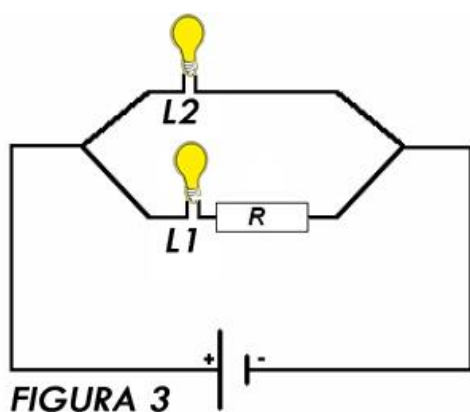
- a) L₁ brilha mais do que L₂ e esta mais do que L₃.
- b) L₃ brilha mais do que L₂ e esta mais do que L₁.
- c) as três lâmpadas têm o mesmo brilho.

- 2) No circuito da Figura 2, R é um resistor. Neste circuito:



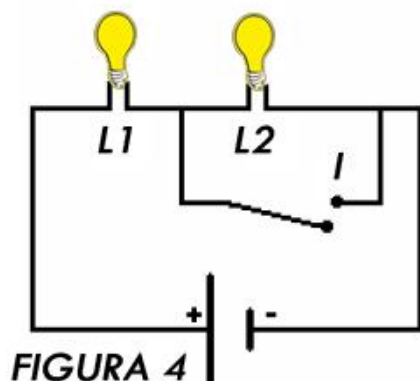
- a) L₁ e L₂ têm o mesmo brilho.
- b) L₁ brilha mais do que L₂.
- c) L₂ brilha mais do que L₁.

- 3) No circuito da Figura 3, R é um resistor. Neste circuito:



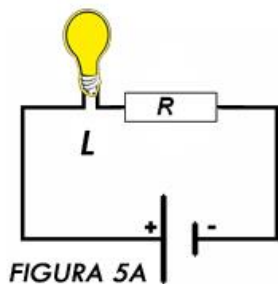
- a) L₁ tem o mesmo brilho de L₂.
- b) L₂ brilha mais do que L₁.
- c) L₁ brilha mais do que L₂.

4) No circuito da Figura 4, I é um interruptor aberto. Ao fechá-lo:



- a) aumenta o brilho de L_1 .
- b) o brilho de L_1 permanece o mesmo.
- c) diminui o brilho de L_1 .

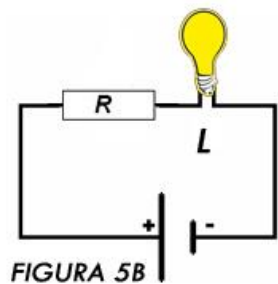
5) Nos circuitos 5a e 5b, a lâmpada L, o resistor R e a bateria são exatamente os mesmos. Nessas situações:



a) L brilha mais no circuito 5a.

b) L brilha igual em ambos circuitos.

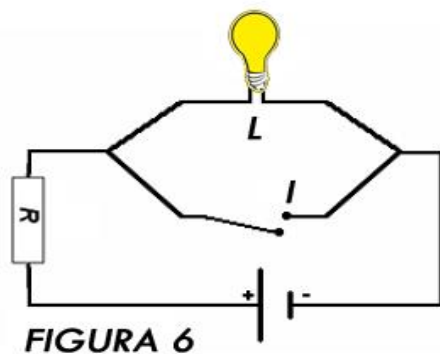
c) L brilha mais no circuito 5b.



6) No circuito da Figura 6, R é um resistor e I é um interruptor que está aberto. Ao fechar o interruptor:

- a) L continua brilhando como antes.
- b) L deixa de brilhar.

c) L diminui seu brilho mas não apaga.



7) No circuito da Figura 7, R_1 e R_2 são dois resistores. A caixa preta pode conter resistores, baterias ou combinações de ambos. Para que a intensidade da corrente em R_1 fosse igual à intensidade da corrente em R_2 , a caixa preta:

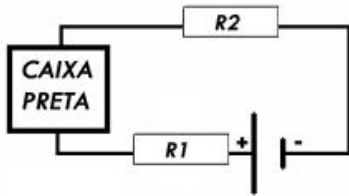


FIGURA 7

- a) deveria conter **somente** resistores.
- b) deveria conter no **mínimo** uma bateria.
- c) poderia conter **qualquer** associação de resistores e baterias.

8) No circuito da Figura 8, L é uma lâmpada, R um resistor, C um capacitor descarregado e I um interruptor aberto.

Ao fechar o interruptor:

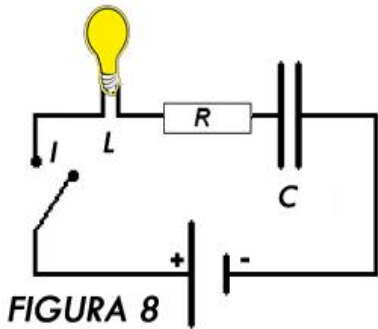


FIGURA 8

- a) L começa a brilhar e continua brilhando enquanto o interruptor estiver fechado.
- b) L não brilhará enquanto o capacitor não estiver carregado.
- c) L poderá brilhar durante parte do processo de carga do capacitor.

As questões 9 e 10 se referem ao circuito da

Figura 9.

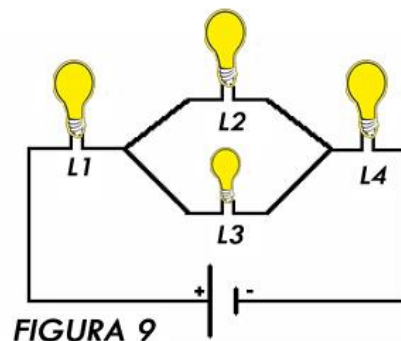


FIGURA 9

9) No circuito da Figura 9, o brilho de L_1 é:

- a) igual ao de L_4 .
- b) maior do que o de L_4 .
- c) menor do que o de L_4 .

10) No circuito da Figura 9, o brilho de L_2 é:

- a) igual ao de L_4 .
- b) maior do que o de L_4 .
- c) menor do que o de L_4 .

O circuito da Figura 9 foi modificado, pois se tirou a lâmpada L_3 . O novo circuito é, então, o da Figura 10.

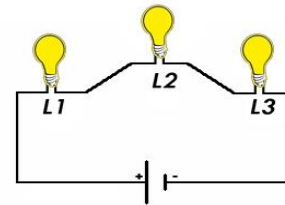


FIGURA 10

11) Quando se compara o brilho de L_1 nos circuitos 9 e 10, ele é:

a) maior no circuito 10. b) menor no circuito 10. c) o mesmo nos dois.

12) quando se compara o brilho de L_4 nos circuitos 9 e 10, ele é:

a) maior no circuito 10. b) menor no circuito 10. c) o mesmo nos dois.

13) No circuito da Figura 11:

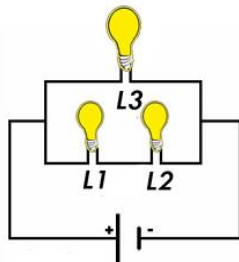


FIGURA 11

a) L_1 e L_2 têm o mesmo brilho que é menor do que o de L_3 .

b) L_1 brilha mais do que L_2 e do que L_3 .

c) L_1 , L_2 e L_3 brilham igualmente.

que acontece com as lâmpadas L_1 e L_5 ?

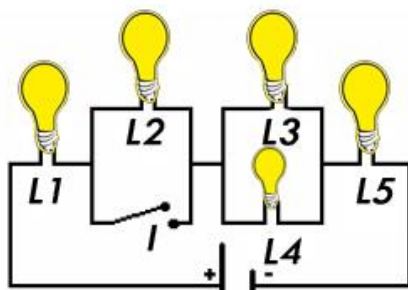


FIGURA 12

14) No circuito da Figura 12, quando o interruptor é aberto, as lâmpadas L_3 e L_4 deixam de brilhar, embora L_2 brilhe. O

a) nem L_1 , nem L_5 brilham.

b) L_1 brilha e L_5 não brilha.

c) L_1 e L_5 brilham.

IMPORTANTE: NÃO FAÇA MARCAS NAS FOLHAS DE QUESTÕES.

RESPONDA APENAS NESTA FOLHA DE RESPOSTAS.

Em cada questão do teste, marque apenas uma das três alternativas (A, B, C) que, na sua opinião, melhor completa o enunciado.

Questão	Alternativa		
1	A	B	C
2	A	B	C
3	A	B	C
4	A	B	C
5	A	B	C
6	A	B	C
7	A	B	C
8	A	B	C
9	A	B	C
10	A	B	C
11	A	B	C
12	A	B	C
13	A	B	C
14	A	B	C

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2010

Questionário 1 – 2010/1

*Obrigatório

1) Escola em que estudou no Ensino Médio*

- Municipal
- Estadual
- Federal
- Particular

2) No último ano do Ensino Médio, o conteúdo de eletricidade foi o único trabalhado durante todo o ano*

- Sim
- Não
- Não lembro

3) O conteúdo no último ano do Ensino Médio foi ministrado por um único professor*

- Sim
- Não
- Não lembro

4) Sobre a realização de atividades em laboratório no Ensino Médio*

- Sim, frequentemente
- Sim, raramente
- Não eram realizadas

5) Sobre a realização de atividades em laboratório no Ensino Médio*

- Sim, frequentemente
- Sim, raramente
- Não
- Não lembro

APÊNDICE B – MODELLUS – ATIVIDADE I – CIRCUITO SIMPLES



Instituto Federal Sul-rio-grandense Campus Pelotas

Física e Eletricidade



ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades o *software* Modellus. Ele se encontra instalado para uso em todos os computadores do laboratório.

NOME: _____

MODELLUS – ATIVIDADE I

CIRCUITO SIMPLES

- 1) Abra o *software* Modellus.
- 2) Abra o arquivo “circuitosimples”.
- 3) Ajuste um valor de ddp na fonte e anote. _____
- 4) Verifique se o interruptor encontra-se fechado ou aberto. Coloque-o na posição aberto.
- 5) Faça a leitura no amperímetro. _____
- 6) O que podemos concluir sobre a posição da chave aberta em relação à circulação da corrente? Justifique.

- 7) Passe o interruptor para a posição fechado.
- 8) Faça a leitura no amperímetro. _____
- 9) Faça variar a ddp e anote. _____
- 10) Faça a leitura no amperímetro. _____

11) Como você diria que se comportou a corrente elétrica com a variação da ddp?

12) Mantenha agora constante a ddp e faça variar a resistência elétrica do resistor. Anote os valores de resistência e da corrente elétrica correspondente medida no amperímetro.

13) Como você diria que se comportou a corrente elétrica com a variação da resistência elétrica?

- 14) O que você diria que devemos ter como elementos básicos para um circuito elétrico funcionar?

- 15) Desenhe um circuito com os mesmos elementos do modelo de forma que ele não funcione.

- 16) Desenhe um circuito com os mesmos elementos do modelo de forma diferente e que ele funcione.

APÊNDICE C – MODELLUS – ATIVIDADE II – CIRCUITO SÉRIE



Instituto Federal Sul-rio-grandense
Campus Pelotas
Física e Eletricidade



ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades o *software* Modellus. Ele se encontra instalado para uso em todos os computadores do laboratório.

NOME: _____

MODELLUS – ATIVIDADE II

CIRCUITO SÉRIE

- 1) Abra o *software* Modellus.
- 2) Abra o arquivo “cserie”.
- 3) Ajuste um valor de ddp na fonte e anote. _____
- 4) Verifique se o interruptor encontra-se fechado ou aberto. Coloque-o na posição aberto. Certifique-se de que pelo menos um valor de resistência seja diferente de zero.
- 5) Faça a leitura no amperímetro. _____
- 6) O que podemos concluir sobre a posição da chave aberta em relação à circulação da corrente? Justifique.

- 7) Passe o interruptor para a posição fechado.
8) Ajuste os valores de resistência dos resistores R1 e R2 e anote.

- 9) Verifique o valor da resistência total e anote. _____
10) O que podemos afirmar a respeito do valor da resistência total?

- 11) Faça a leitura no amperímetro e anote.

- 12) Faça a leitura no voltímetro conectado a R1 e no voltímetro conectado a R2. Anote.

- 13) Mude o valor de R2. Anote o novo valor e verifique o que aconteceu com o valor de R?

- 14) Anote o valor da corrente elétrica correspondente medida no amperímetro. _____

- 15) Qual o comportamento da ddp no resistor que foi ajustado um novo valor?

- 16) Anote os valores que aparecem nos voltímetros e comente sobre o comportamento da ddp no circuito série.

- 17) O que você diria que aconteceria caso colocássemos o amperímetro entre os dois resistores?

- 18) Desenhe um circuito série com uma fonte, um interruptor, três resistores, um amperímetro e três voltímetros. Atribua valores para a ddp da fonte e para os resistores. Determine a ddp que indica cada voltímetro e faça a anotação dele.

APÊNDICE D – PhET – ATIVIDADE III – CIRCUITO SÉRIE



Instituto Federal Sul-rio-grandense
Campus Pelotas



Física e Eletricidade

ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades o software PhET. Este abre a partir do site http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc

NOME: _____

PhET – ATIVIDADE III

CIRCUITO SÉRIE

- 1) Abra o *software* PhET.
- 2) Monte um circuito que contenha dois resistores associados em série e devidamente ligados a uma bateria. Utilize um interruptor para comandar tal circuito.
- 3) Ajuste os valores das resistências dos resistores para 30 Ohms e 60 Ohms.
- 4) Utilizando um voltímetro, faça a medida da ddp da bateria e anote.

- 5) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente que passa pelo resistor de 30 Ohms e anote.

- 6) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente que passa pelo resistor de 60 Ohms e anote.

- 7) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo circuito e anote.

8) O que podemos concluir comparando os três valores de corrente?

9) Coloque o interruptor na posição aberto e, utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo circuito e anote.

10) Comparando os valores das leituras do amperímetro nos itens 7 e 9, o que podemos concluir?

11) Com o voltímetro, verifique a ddp no resistor de 60 Ohms e anote.

12) Com o voltímetro, verifique a ddp no resistor de 60 Ohms e anote.

13) Comparando os valores medidos nos itens 4, 11 e 12, o que podemos concluir?

14) Coloque um terceiro resistor de valor diferente dos demais, faça as medições que achar necessárias e escreva sua conclusão sobre o que ocorreu no circuito.

APÊNDICE E – MODELLUS – ATIVIDADE IV – CIRCUITO PARALELO



Instituto Federal Sul-rio-grandense Campus
Pelotas



Física e Eletricidade

ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE *SOFTWARE* – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades o *software* Modellus. Ele se encontra instalado para uso em todos os computadores do laboratório.

NOME: _____

MODELLUS – ATIVIDADE IV

CIRCUITO PARALELO

- 1) Abra o *software* Modellus.
- 2) Abra o arquivo “cparalelo”.
- 3) Verifique se o interruptor ch2 está fechado. Faça variar os valores das resistências dos resistores e verifique o comportamento da resistência equivalente.
- 4) Como você diria que se comporta a resistência equivalente com a variação de R1 e R2.

- 5) Ajuste um valor de ddp na fonte e anote.

- 6) Verifique se o interruptor encontra-se fechado ou aberto. Coloque-o na posição aberto. Certifique-se de que pelo menos um valor de resistência seja diferente de zero.
- 7) Faça a leitura nos três amperímetros.

8) O que podemos concluir sobre o resultado obtido nos três amperímetros? Justifique.

9) Ajuste os valores de resistência dos resistores R1 e R2 e anote.

10) Passe o interruptor para a posição fechado (liga). Certifique-se de que o interruptor ch2 também se encontra na posição fechado (liga).

11) Faça a leitura no amperímetro i1.

12) Faça a leitura no amperímetro conectado a R1 (i2) e no amperímetro conectado a R2 (i3). Anote.

13) Mude o valor de R2. Anote o novo valor e verifique o que aconteceu com o valor de R? Justifique.

- 14) Anote o valor da corrente elétrica correspondente medida nos três amperímetros.

- 15) Qual o comportamento da corrente elétrica no resistor que foi ajustado para um novo valor? E a ddp, como se comportou?

- 16) Anote os valores que aparecem nos três amperímetros e comente sobre o comportamento da corrente elétrica no circuito paralelo.

- 17) O que você diria que aconteceria caso colocássemos um voltímetro ligado diretamente em um dos resistores? Justifique.

- 18) Abra o interruptor ch2.

- 19) Verifique a medida no amperímetro i_1 e no amperímetro i_3 . Justifique o resultado encontrado.

- 20) Desenhe um circuito paralelo com uma fonte, um interruptor, três resistores e quatro amperímetros. Atribua valores para a ddp da fonte e para os resistores. Determine a corrente elétrica que indica cada amperímetro e faça a anotação disso.

APÊNDICE F – PhET ATIVIDADE V – CIRCUITO PARALELO



Instituto Federal Sul-rio-grandense
Campus Pelotas



Física e Eletricidade

ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades o software PhET. Este abre a partir do site http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc

NOME: _____

PhET ATIVIDADE V

CIRCUITO PARALELO

- 1) Abra o *software* PhET.
- 2) Monte um circuito que contenha dois resistores associados em paralelo e devidamente ligados a uma bateria. Utilize um interruptor para comandar tal circuito.
- 3) Ajuste os valores das resistências dos resistores para 30 Ohms e 60 Ohms. Mantenha o interruptor na posição fechado.
- 4) Utilizando um voltímetro, faça a medida da ddp da bateria e anote.

- 5) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente que passa pelo resistor de 30 Ohms e anote.

- 6) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente que passa pelo resistor de 60 Ohms e anote.

- 7) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo circuito e anote.

8) O que podemos concluir comparando os três valores de corrente?

9) Coloque o interruptor na posição aberto e, utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo circuito e anote.

10) Comparando os valores das leituras do amperímetro nos itens 7 e 9, o que podemos concluir?

11) Com o voltímetro, verifique a ddp no resistor de 60 Ohms e anote.

12) Com o voltímetro, verifique a ddp no resistor de 60 Ohms e anote.

13) Comparando os valores medidos nos itens 4, 11 e 12, o que podemos concluir?

14) Coloque um terceiro resistor de valor diferente dos demais, faça as medições que achar necessárias e escreva sua conclusão sobre o que ocorreu no circuito.



APÊNDICE TG– PAINEL – ATIVIDADE VI – CIRCUITO PARALELO



Instituto Federal Sul-rio-grandense
Campus Pelotas

Física e Eletricidade

ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE PAINEL – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades um painel contendo uma fonte de tensão variável, um interruptor e um multímetro.

NOME: _____

PAINEL – ATIVIDADE VI

CIRCUITO PARALELO

- 1) Utilizando o multímetro, efetue a medida de resistência elétrica dos resistores fornecidos.

- 2) Monte um circuito que contenha dois resistores associados em paralelo e devidamente ligados a fonte do painel. Utilize um interruptor para comandar tal circuito.
- 3) Mantenha o interruptor na posição fechado.
- 4) Utilizando um voltímetro, faça a medida da ddp da bateria e anote.

- 5) Escolha um resistor para ser denominado de R1. Anote.

- 6) Escolha um resistor para ser denominado de R2. Anote.

- 7) Utilizando o amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo circuito e anote.

8) Utilizando o amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo resistor R1 e anote.

9) Utilizando o amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo resistor R2 e anote.

10) O que podemos concluir comparando os três valores de corrente?

11) Coloque o interruptor na posição aberto e, utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo circuito e anote.

12) Coloque um terceiro resistor de valor diferente dos demais, faça as medições que achar necessário e escreva sua conclusão sobre o que ocorreu no circuito.

APÊNDICE H – MODELLUS – ATIVIDADE VII – CIRCUITO MISTO



Instituto Federal Sul-rio-grandense
Campus Pelotas

Física e Eletricidade



ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades o *software* Modellus utilizado nas atividades anteriores.

NOME: _____

MODELLUS – ATIVIDADE VII

CIRCUITO MISTO

- 1) Abra o *software* Modellus.
- 2) Abra o arquivo “cmistoa”.
- 3) Ajuste um valor de ddp na fonte e anote. _____
- 4) Verifique se o interruptor encontra-se na posição fechado ou aberto. Coloque-o na posição aberto. Certifique-se de que os valores de resistência dos resistores sejam diferentes de zero.
- 5) Faça a leitura do valor da corrente elétrica nos amperímetros.

6) O que podemos concluir sobre a posição da chave aberta em relação à circulação da corrente? Justifique.

7) Passe o interruptor para a posição fechado.

8) Ajuste os valores de resistência dos resistores R1, R2 e R3 e anote.

9) Verifique o valor da resistência total e anote.

10) O que podemos afirmar a respeito do valor da resistência total quando alteramos os valores de resistência dos resistores?

11) Faça a leitura nos três amperímetros e anote.

12) Caso houvessem voltímetros conectados a cada resistor, quais seriam as suas leituras?

- 13) Mude o valor de R_1 . Anote o novo valor e verifique o que aconteceu com o valor de R ?

- 14) Anote o valor da corrente elétrica correspondente medida no amperímetro i_1 .

- 15) Qual o comportamento de i_1 ? Justifique.

- 16) O que acontece com a medida de i_2 e de i_3 quando ajustamos o valor de R_2 ?

- 17) Qual o comportamento da ddp no resistor que foi ajustado?

- 18) Anote os valores que aparecem nos amperímetros e comente sobre o comportamento da corrente nesse circuito misto.

-
-
- 19) O que acontece com o valor de i_2 quando ajustamos o valor de R_3 ?

- 20) Considere R_1 , R_2 e R_3 como sendo lâmpadas todas de mesmo valor. O que podemos afirmar sobre o brilho das três lâmpadas?

- 21) Desenhe um circuito misto com uma fonte, um interruptor, cinco resistores, três amperímetros e cinco voltímetros. Atribua valores para a ddp da fonte e para os resistores. Determine a ddp que indica cada voltímetro e faça a anotação dele.

APÊNDICE I– MODELLUS – ATIVIDADE VIII – CIRCUITO MISTO



Instituto Federal Sul-rio-grandense
Campus Pelotas

Física e Eletricidade



ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades o *software* Modellus utilizado nas atividades anteriores.

NOME: _____

MODELLUS – ATIVIDADE VIII

CIRCUITO MISTO

- 1) Abra o *software* Modellus.
- 2) Abra o arquivo “cmistob”.
- 3) Ajuste um valor de ddp na fonte e anote. _____
- 4) Verifique se os interruptores encontram-se na posição fechado ou aberto. Coloque-os na posição aberto. Certifique-se de que os valores de resistência dos resistores sejam diferentes de zero.
- 5) Faça a leitura nos amperímetros.

- 6) O que podemos concluir sobre a posição da chave aberta em relação à circulação da corrente? Justifique.

- 7) Passe os três interruptores para a posição fechado.

8) Ajuste os valores de resistência dos resistores R1, R2 e R3 e anote

9) Verifique o valor da resistência total e anote.

10) O que podemos afirmar a respeito do valor da resistência total quando alteramos os valores de resistência dos resistores?

11) Faça a leitura nos três amperímetros e anote.

12) Faça a leitura no voltímetro conectado a R1, no voltímetro conectado a R2 e no voltímetro conectado a R3. Anote.

13) Mude o valor de R2. Anote o novo valor e verifique o que aconteceu com o valor de R?

14) Anote o valor da corrente elétrica correspondente medida no amperímetro i_2 .

15) Qual o comportamento da corrente i_2 ? Justifique.

16) O que acontece com a medida de i_1 e de i_3 quando ajustamos o valor de R_2 ?

17) Qual o comportamento da ddp no resistor que foi ajustado?

18) Anote os valores que aparecem nos voltímetros e comente sobre o comportamento da ddp nesse circuito misto.

19) O que acontece com i_2 quando ajustamos o valor de R_3 ?

- 20) Ajuste novos valores para os três resistores. Anote as correntes e ddp indicadas nos respectivos amperímetros e voltímetros. Abra a chave 2 (ch2) e verifique o que acontece nos valores de i_1 , i_2 e i_3 . Verifique também o que acontece na medida do voltímetro que está em R3.

- 21) Agora feche a chave 2, abra a chave 3 (ch3) e verifique o que acontece nos valores de i_1 , i_2 e i_3 . Verifique também as medidas dos voltímetros que estão em R1 e R2.

- 22) Considere R1, R2 e R3 como sendo lâmpadas todas de mesmo valor. O que podemos afirmar sobre os brilho das três lâmpadas?

- 23) Utilizando o PhET, monte um circuito misto com uma fonte, um interruptor, cinco resistores, três amperímetros e cinco voltímetros. Atribua valores para a ddp da fonte e para os resistores. Os voltímetros e amperímetros devem medir de forma correta a ddp e correntes. O arquivo deve ser enviado pelo teleduc.

APÊNDICE J – PAINEL – ATIVIDADE IX – CIRCUITO MISTO



Instituto Federal Sul-rio-grandense
Campus Pelotas

Física e Eletricidade



Usaremos nas próximas atividades um painel contendo uma fonte de tensão variável, um interruptor e um multímetro.

NOME: _____

PAINEL – ATIVIDADE IX

CIRCUITO MISTO

- 1) Utilizando o multímetro, efetue a medida de resistência elétrica dos resistores fornecidos.
- 2) Monte um circuito misto que contenha três resistores associados e devidamente ligados à fonte do painel. Utilize o interruptor para comandar tal circuito.
- 3) Mantenha o interruptor na posição fechado.
- 4) Utilizando um voltímetro, faça a medida da ddp da bateria e anote.

- 5) Escolha um resistor para ser denominado de R1. Anote.

- 6) Escolha um resistor para ser denominado de R2. Anote.

- 7) Escolha um resistor para ser denominado de R3. Anote.

- 8) Anote o valor de resistência elétrica total do circuito montado.

- 9) Utilizando o amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo circuito e anote.

10) Utilizando o amperímetro, faça a medida da corrente que passa pelo resistor R1 e anote.

11) Utilizando o amperímetro, faça a medida da corrente que passa pelo resistor R2 e anote.

12) Utilizando o amperímetro, faça a medida da corrente que passa pelo resistor R3 e anote.

13) O que podemos concluir comparando os quatro valores de corrente?

14) Utilizando o voltímetro, faça a medida da tensão no resistor R1 e anote.

15) Utilizando o voltímetro, faça a medida da tensão no resistor R2 e anote.

16) Utilizando o voltímetro, faça a medida da tensão no resistor R3 e anote.

17) O que podemos concluir comparando os quatro valores de tensão?

- 18) Coloque o interruptor na posição aberto e, utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo circuito e anote.

- 19) Faça o desenho do circuito montado na atividade.

APÊNDICE K – PhET – ATIVIDADE X – CIRCUITO MISTO



Instituto Federal Sul-rio-grandense
Campus Pelotas

Física e Eletricidade



ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades o software PhET. Este abre a partir do site http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc

NOME: _____

PhET – ATIVIDADE X

CIRCUITO MISTO

- 1) Escolha três resistores para a atividade. Atribua valores de resistência elétrica.
- 2) Monte um circuito misto que contenha três resistores associados e devidamente ligados a uma fonte. Utilize o interruptor para comandar tal circuito.
- 3) Mantenha o interruptor na posição fechado.
- 4) Utilizando um voltímetro, faça a medida da ddp da fonte e anote.

5) Escolha um resistor para ser denominado de R1. Anote.

6) Escolha um resistor para ser denominado de R2. Anote.

7) Escolha um resistor para ser denominado de R3. Anote.

8) Anote o valor de resistência elétrica total do circuito montado.

9) Utilizando o amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo circuito e anote.

10) Utilizando o amperímetro, faça a medida da corrente que passa pelo resistor R1 e anote.

11) Utilizando o amperímetro, faça a medida da corrente que passa pelo resistor R2 e anote.

12) Utilizando o amperímetro, faça a medida da corrente que passa pelo resistor R3 e anote.

13) O que podemos concluir comparando os quatro valores de corrente?

14) Utilizando o voltímetro, faça a medida da tensão no resistor R1 e anote.

15) Utilizando o voltímetro, faça a medida da tensão no resistor R2 e anote.

16) Utilizando o voltímetro, faça a medida da tensão no resistor R3 e anote.

17) O que podemos concluir comparando os quatro valores de tensão?

- 18) Coloque o interruptor na posição aberto e, utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo circuito e anote.
-

APÊNDICE L – PhET – ATIVIDADE XI – CIRCUITO SÉRIE



Instituto Federal Sul-rio-grandense
Campus Pelotas



Física e Eletricidade

ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades o software PhET. Este abre a partir do site http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc

NOME: _____

PhET – ATIVIDADE XI

CIRCUITO SÉRIE

- 1) Abra o *software* PhET.
- 2) Monte um circuito que contenha duas lâmpadas associadas em série e devidamente ligadas a uma bateria. Utilize um interruptor para comandar tal circuito.
- 3) Ajuste os valores das resistências das lâmpadas para 10 Ohms cada.
- 4) Utilizando um voltímetro, faça a medida da ddp da bateria e anote.

- 5) Com o interruptor aberto as lâmpadas acendem?

- 6) Feche o interruptor. As lâmpadas acendem?

- 7) O que podemos afirmar sobre o brilho das lâmpadas?

8) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente que passa pelo circuito e anote.

9) Mude o valor de uma das lâmpadas para 20 Ohms.

10) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente total que passa pelo circuito e anote.

11) O que podemos concluir comparando os dois valores de corrente?

12) Verifique a tensão da lâmpada de 10 Ohms e anote.

13) Verifique a tensão da lâmpada de 20 Ohms e anote.

14) Qual lâmpada brilha mais?

15) O que acontecerá com o brilho das lâmpadas se passarmos a resistência da lâmpada de 20 Ohms para 30 Ohms?

16) Escreva uma conclusão para o que acabou de verificar.

APÊNDICE M – PhET – ATIVIDADE XII – CIRCUITO PARALELO



Instituto Federal Sul-rio-grandense Campus
Pelotas



Física e Eletricidade

ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades o *software* PhET. Este abre a partir do site http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc

NOME: _____

PhET – ATIVIDADE XII

CIRCUITO PARALELO

- 1) Abra o *software* PhET.
- 2) Monte um circuito que contenha duas lâmpadas associadas em paralelo e devidamente ligadas a uma bateria. Utilize um interruptor para comandar tal circuito.
- 3) Ajuste os valores das resistências das lâmpadas para 10 Ohms cada.
- 4) Utilizando um voltímetro, faça a medida da ddp da bateria e anote.

- 5) Com o interruptor aberto as lâmpadas acendem?

- 6) Feche o interruptor. As lâmpadas acendem?

- 7) O que podemos afirmar sobre o brilho das lâmpadas?

8) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente que passa em cada lâmpada e a total do circuito e anote.

9) Mude o valor de uma das lâmpadas para 20 Ohms.

10) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente na lâmpada de 10 Ohms. Anote.

11) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente na lâmpada de 20 Ohms. Anote.

12) Utilizando um amperímetro, faça a medida da corrente total no circuito. Anote.

13) O que podemos concluir comparando os valores de corrente em cada lâmpada?

14) Qual lâmpada brilha mais?

15) O que acontecerá com o brilho das lâmpadas se passarmos a resistência da lâmpada de 20 Ohms para 30 Ohms?

16) Escreva uma conclusão para o que acabou de verificar.

APÊNDICE N – PAINEL REAL – ATIVIDADE XIII – CIRCUITO MISTO



Instituto Federal Sul-rio-grandense

Campus Pelotas

Física e Eletricidade



ATIVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE – ELETRODINÂMICA

Usaremos nas próximas atividades um painel contendo uma fonte de tensão variável, um interruptor e um multímetro.

NOME: _____

Painel real – ATIVIDADE XIII

CIRCUITO MISTO

- 1) Monte um circuito que contenha três lâmpadas associadas em série e em paralelo, ou seja, formando um circuito misto e devidamente ligadas e alimentadas pela bateria. Utilize o interruptor para comandar tal circuito.
- 2) Construa um diagrama do circuito montado colocando junto às lâmpadas os valores de resistência elétrica das mesmas medidas com a utilização do ohmímetro e junto à fonte a tensão nela medida com um voltímetro.
- 3) Faça a medida de todas as correntes existentes no circuito e construa um novo diagrama colocando amperímetros nas posições em que tais correntes foram medidas.
- 4) Faça a medida das tensões nas lâmpadas e construa um novo diagrama colocando voltímetros nas posições em que as tensões foram medidas.
- 5) Escreva um comentário sobre como se comportaram as lâmpadas quanto a seus brilhos, justificando estes.

APÊNDICE O – ATIVIDADE MANUAL X ATIVIDADE REALIZADA NO PhET

Avaliação da Atividade IV

Esta avaliação refere-se à atividade desenvolvida na aula anterior. As respostas devem ser individuais e retratar fielmente o que ocorreu durante elas.

*Obrigatório

1) Qual foi a primeira atividade realizada?*

- Manual
- Computador

2) Nível de dificuldade da atividade manual?*

Sendo 1 representando o mais fácil

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

3) Nível de dificuldade da atividade no computador?*

Sendo 1 representando o mais fácil

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

4) A primeira atividade ajudou na segunda*

- Muito
- Pouco
- Nada
- Não sei dizer

5) Se as atividades tivessem sido realizadas na ordem inversa, o desempenho seria melhor?*

- Sim
- Não
- Não sei dizer

6) As atividades ajudaram no aprendizado dos conteúdos circuito série e circuito paralelo?*

1 indica o índice mais baixo

- 5
- 4
- 3
- 2
- 1

7) Consegue repetir os experimentos em um painel real?*

- Sim, com facilidade
- Sim, com alguma ajuda
- Não

8) Trabalhar com simulações em computador ajudou a ter uma nova visão no estudo de circuitos elétricos?*

- Sim
- Um pouco
- Não

9) Se acha em condições de resolver qualquer problema de circuito série e circuito paralelo?*

- Sim
- Alguns
- Não
- Não tenho ideia

10) Em qual conteúdo teve maior facilidade?*

- Circuito série
- Circuito paralelo
- Nenhum
- Os dois

11) Acha que os dois conteúdos se relacionam de alguma maneira?*

- Sim
- Sim, um pouco
- Não
- Não tenho ideia

12) A aprendizagem ocorreria da mesma forma se não houvesse as simulações?*

- Sim
- Sim, um pouco
- Não
- Não tenho ideia

13) Para solução dos problemas utilizando a simulação, conferiu os cálculos ou apenas copiou os valores?*

- Só copiei
- Copiei e calculei
- Calculei
- Não resolvi

14) Sobre o estudo dos conteúdos fora da sala de aula*

- Refiz todas as atividades várias vezes.
- Refiz todas as atividades algumas vezes.
- Não refiz as atividades porque entendi todas em aula.
- Não refiz as atividades porque não entendi em aula.
- Não refiz porque tinha outras atividades mais importantes.

15) Sobre o estudo fora da sala de aula*

- Refiz todas as atividades várias vezes.
- Refiz todas as atividades algumas vezes.
- Não refiz as atividades porque entendi todas em aula.
- Não refiz as atividades porque não entendi em aula.
- Não refiz porque tinha outras atividades mais importantes.

APÊNDICE P – ATIVIDADE REALIZADA NO MODELLUS X ATIVIDADE REALIZADA NO PhET

Atividade realizada no Modellus e PhET

As respostas a este formulário devem levar em consideração as atividades realizadas em aulas anteriores no Modellus e no PhET

***Obrigatório**

1) A simulação de circuitos utilizando o PhET comparado com o Modellus*

- Modellus mais fácil de usar
- PhET mais fácil de usar
- Os dois são fáceis
- Os dois são difíceis

2) A simulação de circuitos nesses tipos de *softwares* ou plataformas*

- Ajudam a entender melhor os circuitos elétricos.
- Não auxiliam no entendimento dos circuitos elétricos.
- Confundem o entendimento dos circuitos elétricos.
- Não ajudam nem atrapalham o estudo dos circuitos elétricos.

3) Sobre a visualização do real a partir da simulação*

- Consigo visualizar a realidade plenamente.
- Consigo visualizar a realidade parcialmente.
- Não consigo visualizar a realidade.

4) Sobre aulas utilizando simulações*

- Ajudam a entender os conteúdos.
- Atrapalham no entendimento dos conteúdos.
- Confundem os conteúdos.
- É uma perda de tempo. Prefiro as atividades explicadas no quadro.

5) Na atividade utilizando o PhET*

Montagem do circuito

- Muito fácil
- Fácil
- Difícil
- Muito difícil

6) Na atividade utilizando o Modellus*

Verificação das medidas

- Muito fácil
- Fácil
- Difícil
- Muito difícil

7) Na atividade utilizando o PhET*

Manuseio dos componentes

- Muito fácil
- Fácil
- Difícil
- Muito difícil

8) Nas atividades em que necessito calcular alguma grandeza*

Resolução de exercícios

- Levo em consideração a simulação realizada.
- Não acho necessário levar em consideração a simulação.
- Não vejo relação entre a simulação e resolução de problemas.

9) Nas atividades em que necessito resolver algum problema*

Resolução de exercícios

- Fazer utilizando Modellus seria melhor.
- Fazer utilizando o PhET seria melhor.
- Resolvendo no papel é bem melhor.
- Indiferente.

10) Nas atividades realizadas*

Simulação

- Consigo visualizar um circuito independente da simulação.
- Consigo visualizar um circuito utilizando o Modellus.
- Consigo visualizar um circuito utilizando o PhET.
- Indiferente.

11) Sobre o circuito série*

- Já aprendi satisfatoriamente.
- Gostaria de ter mais explicações sobre o assunto.
- Não entendi nada.

12) Sobre o circuito paralelo*

- Já aprendi satisfatoriamente.
- Gostaria de ter mais explicações sobre o assunto.
- Não entendi nada.

13) Sobre o circuito série e paralelo em painel real*

Em relação a este estágio do estudo

- Consigo montar facilmente.
- Consigo montar se tiver ajuda.
- Não consigo montar.

14) Nome *

APÊNDICE Q – PhET X PAINEL REAL

PhET x painel real

Este formulário deve conter respostas que comparem o aprendizado do circuito misto utilizando simulação e o painel para estudo de circuitos.

***Obrigatório**

Utilização do painel comparado com o uso do PhET*

- Painel mais fácil
- PhET mais fácil
- Os dois fáceis
- Os dois difíceis

Atividade realizada em primeiro lugar*

- PhET
- Painel

A primeira atividade ajudou na segunda*

- Sim
- Não

Atividade mais trabalhosa*

- Painel
- PhET

Atividade utilizando o painel*

- Fácil
- Muito fácil
- Difícil
- Muito difícil
- Não sei responder

Atividade utilizando o PhET*

- Fácil
- Muito fácil
- Difícil
- Muito difícil
- Não sei responder

Sobre a aprendizagem utilizando o PhET*

Uma nota de 1 a 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sobre a aprendizagem utilizando o painel de circuitos*

Uma nota de 1 a 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sobre o circuitos elétricos. Se for continuar a trabalhar, prefiro*

- Modellus
- PhET
- Painel de circuitos
- Problemas de livros
- Outra

Nome *apenas para controle de quem enviou o formulário.

Enviar

APÊNDICE R – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO FINAL DA DISCIPLINA

*Obrigatório

Idade*

Ensino Fundamental*

- Escola pública municipal
- Escola pública estadual
- Escola pública federal
- Escola particular
- Particular e pública

Ensino Médio*

- Escola pública municipal
- Escola pública estadual
- Escola pública federal
- Escola particular
- Particular e pública

Outro curso superior*

- Universidade pública estadual
- Universidade pública federal
- Universidade particular

Sobre o curso – semestre atual*

- Estou cursando pela primeira vez
- Já havia cursado anteriormente

Sobre o curso – a disciplina de Física e Eletricidade estar no programa*

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

Sobre o conteúdo desenvolvido na disciplina Física e Eletricidade*

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente
- Não tenho opinião

Sobre o sistema de avaliação da disciplina Física e Eletricidade*

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente
- Não tenho opinião

Os conteúdos da disciplina Física e Eletricidade ajudarão em outras disciplinas do curso*

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente
- Não tenho opinião

Sobre o material didático utilizado ao longo do semestre*

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente
- Não tenho opinião

Sobre o encadeamento dos assuntos ao longo do curso*

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente
- Não tenho opinião

Os professores tiveram total domínio do conteúdo ministrado*

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente
- Não tenho opinião

Se tivesse que me conceder um conceito, este seria*

- A
- B
- C
- D
- Não tenho opinião

Se tivesse que justificar esse conceito, seria porque*

- Realizei todas as tarefas e estava sempre presente.
- Realizei todas as tarefas, mas não estava sempre presente.
- Não realizei todas as tarefas e não estava sempre presente.
- Não realizei todas as tarefas, estava sempre presente, mas encontrei dificuldades.
- Não tenho opinião.

Sobre o meu interesse pela disciplina*

- Muito grande
- Grande
- Médio
- Pouco
- Nenhum

Sobre o interesse da turma pela disciplina*

- Muito grande
- Grande
- Médio
- Pouco
- Nenhum

Nome*

APÊNDICE S – PRODUTO DIDÁTICO

