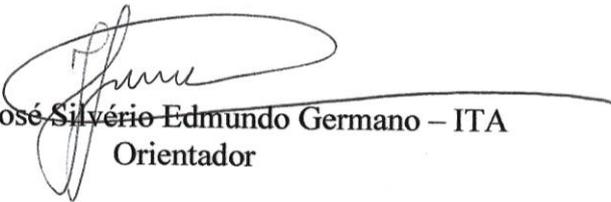

Tese apresentada à Pró-Reitoria de Pós-Graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências no Programa de Pós-Graduação em Física na área de Física Atômica

Douglas Carlos Vilela

**ANÁLISE DO USO DE NOVAS METODOLOGIAS E
TECNOLOGIAS NO LABORATÓRIO DE FÍSICA PARA
ENGENHARIA**

Tese aprovada em sua versão final pelos abaixo assinados:


Prof. Dr. José Silvério-Edmundo Germano – ITA
Orientador

Prof. Dr. Pedro Teixeira Lacava
Pró-Reitor de Pós-Graduação

Campo Motenegro
ITA
2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão de Informação e Documentação

Vilela, Douglas Carlos
Análise do uso de novas metodologias e tecnologias no laboratório de física para engenharia/ Douglas Carlos Vilela
São José dos Campos, 2019.
45f. 126.

Tese de doutorado – Programa de Pós-Graduação em Física Área Física Atômica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2019. Orientador: Prof. Dr. José Silvério Edmundo Germano

1.Laboratório de Física. 2. PBL. 3. Laboratório Remoto. 4. HomeLabs. 5. Engenharia. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Análise do uso de novas metodologias e tecnologias no laboratório de física para engenharia.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VILELA, Douglas Carlos. **Análise do uso de novas metodologias e tecnologias no laboratório de física para engenharia**. 2019.46 f. 126. Tese de Doutorado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Douglas Carlos Vilela

TÍTULO DO TRABALHO: Análise do uso de novas metodologias e tecnologias no laboratório de física para engenharia

TIPO DO TRABALHO/ANO: Tese / 2019

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias desta tese e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação ou tese pode ser reproduzida sem a sua autorização (do autor).

Douglas Carlos Vilela

Rua Sandro Bezerra da Silva, nº 50 – apto 43 – Bloco 2 – Pq Res. Flamboyant
CEP: 12227-778, São José dos Campos - SP

ANÁLISE DO USO DE NOVAS METODOLOGIAS E TECNOLOGIAS NO LABORATÓRIO DE FÍSICA PARA ENGENHARIA

Douglas Carlos Vilela

Composição da Banca Examinadora:

Prof. Dr. Pedro José Pompeia	Presidente	- ITA
Prof. Dr. José Silvério Edmundo Germano	Orientador	- ITA
Prof. Dr. Inácio Malmonge Martin	Membro Interno	- ITA
Prof. Dr. Ricardo Roberto Plaza Teixeira	Membro Externo	- IFSP Caraguatatuba
Prof. Dr. Rodolfo Valentim da Costa Lima	Membro Externo	- UNIFESP Diadema

ITA

Dedico este trabalho a todos que
se dispuseram a aperfeiçoar os seus conhecimentos e
contribuir com o desenvolvimento do país.

Agradecimentos

Inicialmente aos meus pais que influenciaram e estimularam minha carreira acadêmica em todos os momentos tornando possível realizar esse longo caminho até o doutoramento.

Ao Prof. Silvério que confiou em mim e tornou possível realizar este trabalho com inúmeras discussões com relação ao ensino de física, experimentos, ideias, sugestões, correções de rotas. Tudo isso permitiu ampliar meu conhecimento como físico e pesquisador.

Ao Prof. Inácio Malmonge Martin que sempre desenvolveu a capacidade crítica contemplando a dúvida, sobretudo no aspecto experimental.

Ao Prof. Ricardo Roberto Plaza Teixeira pela análise crítica do texto, pela paciência e cordialidade em aceitar o convite para participar da banca de mestrado e agora, 5 anos depois, de doutorado.

Ao Professores Pedro Pompéia pelas conversas no laboratório de física e pelos compromissos e seriedade no trabalho como presidente da banca de meu doutoramento.

Ao Prof. Dr. Rodolfo Valentim da Costa Lima por aceitar o convite para a banca e colaborar na análise deste trabalho.

Aos técnicos do laboratório Roberto e Marcos que sempre se dispuseram a auxiliar no desenvolvimento e montagem experimentais.

Aos colegas, mestrandos, doutorandos e pós-docs que sempre foram suporte nas disciplinas e escritas de artigos. Em especial Vitor Hugo Migoto Gouvêa que tornou possível ampliar meu conhecimento em plataformas web e colaborou imensamente no desenvolvimento dos laboratórios remotos.

A CAPES pelo suporte financeiro durante o período de trabalho no laboratório de física do ITA.

Aos demais colaboradores do DCTA que de maneira direta ou indireta, auxiliaram o cumprimento deste trabalho.

Agradeço a minha família, que diante de desafios estiveram sempre do meu lado.

A todos meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Os laboratórios experimentais são momentos muito importantes e fundamentais para desenvolvimento e aprendizado dos alunos de ciências da natureza. Esse momento os estudantes podem verificar na prática os conteúdos adquiridos nas aulas teóricas. Normalmente os experimentos são dotados de expectativa pelos estudantes, porque estes permitem a visualização dos conteúdos abordados pelos livros de Física. Os experimentos laboratoriais também são importantes ferramentas para a formação do engenheiro, permitindo que ele verifique as diferenças e exatidões entre a prática e a teoria. Além disso, é um momento para que ele desenvolva habilidades de instrumentalização para desenvolver uma prática experimental. Em outras palavras, o futuro engenheiro deve se preparar para realizar experimentos de forma mais próxima da que ele realizará ao se formar. Diante desse cenário, neste trabalho apresentamos três propostas laboratoriais aplicadas nos alunos de 2º ano de engenharia e da pós-graduação do ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica e IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço, respectivamente. Estas propostas permitem que os estudantes se engajem e desenvolvam habilidades importantes para a futura profissão. A primeira proposta é o laboratório remoto. Foi desenvolvido um experimento de radiações acessível a distância. Um grupo de 8 alunos participaram desta atividade. A segunda proposta é a aprendizagem baseada em problemas (PBL) durante a qual foi implementadas práticas experimentais com uso de novas tecnologias como *Tracker* e *Arduino*. Durante dois anos 240 alunos realizaram inúmeras atividades onde puderam desenvolver suas habilidades de instrumentalização laboratorial. A terceira proposta foi a biblioteca de experimentos. Com um formato voltado para o ensino à distância, 50 alunos participaram deste projeto. Na análise desse processo podemos concluir que essas propostas permitiram um engajamento maior dos alunos pelo tempo maior dedicado na prática experimental e por permitir um contato com instrumentos tecnológicos mais modernos de captura e análise de dados. Finalmente, descrevemos algumas possibilidades futuras para práticas experimentais para laboratórios de física.

ABSTRACT

Experimental laboratories are very important and fundamental moments for the development and learning of the students of exact sciences. At this moment, the students can verify in practice the contents acquired in the theoretical classes. Usually the experiments are endowed with expectation by the students, because these allow the visualization of the contents approached by the books of physics. Laboratory experiments are also important tools for the engineer's training, allowing him to verify the differences and exactions between practice and theory. In addition, it is a time for him to develop instrumental skills to develop an experimental practice. In other words, the future engineer must prepare himself to conduct experiments in a way that is closer to what he will accomplish when he graduates. Given this scenario, in this work we present three laboratory proposals so that, based on current scientific literature, it allows students to engage and develop more important criteria for the future profession. The first proposal is the remote laboratory. An ionizing radiation experiment was developed. A group of 8 students participated in this activity. The second proposal is problem-based learning (PBL) where experimental practices were implemented using new technologies such as tracker and arduino. During two years 240 students carried out numerous activities where they could develop their laboratory instrumentalization skills. The third proposal was the experiment library. With a distance learning format, 50 students participated in this project. At the end, we can conclude that these proposals allowed a greater engagement of the students for the greater time spent in experimental practice and for allowing a development of current modern technological instruments of capture and analysis. Finally, we describe some future possibilities for experimental practices for physics laboratories.

LISTA DE SIGLAS

CTE – Centro de Tecnologias Espaciais

DCTA – Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeronáutica

EAD – Ensino à Distância

IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço

IOT – Internet of Things

ITA – Instituto Tecnológico Aeroespacial

PBL – Problem Based Learning

REXLAB – Laboratório de Experimentação Remota

DEUSTO – Universidade de Deusto

iSES – International System Experiment System

USP – Universidade de São Paulo

IFUSP – Instituto de Física da Universidade de São Paulo

MEC – Ministério da Educação

PSSC – Physics Society Science Committee

PHET – Physics Experimental Technology

LPECT – Laboratório de Pesquisa em Educação Científico e Tecnológica.

PRINCIPAIS ARTIGOS E TRABALHOS APRESENTADOS EM CONGRESSOS DE 2016-2019

Publicações: 12 / Congressos: 7

2016

FREITAS-LEMES, P.; **VILELA, D.C.**; GERMANO, J. S. E.; POMPEIA, P. XLIV COBENGE. PROPOSTA DE ANÁLISE DE UM SISTEMA MECÂNICO COMPLEXO NO LABORATÓRIO DE FÍSICA I DO ITA: ESTUDO DO PÊNDULO COM MOLA. 2016. (Congresso).

FREITAS-LEMES, P.; **VILELA, D.C.**; GERMANO, J. S. E. XLIV COBENGE. Abordagem contextualizada do Método Runge-Kutta na disciplina de Cálculo Numérico. 2016. (Congresso).

MARTIN, I.M.; GOMES, M.P.; **VILELA, D.C.**; ALVES, M. A.; ABREU, A. J. Possible Measures Electromagnetic Waves Generated by Diamagnetic Currents Produced in the Ionosphere by High-Frequency (HF). Journal of Environmental Science and Engineering A, v. 5, p. 471-475, 2016.

MARTIN, I.M.; GOMES, M.P.; **VILELA, D.C.**; ALVES, M. A.; ABREU, A. J. Environmental Low Energy Gamma Rays Measurements in Brazilian Tropics Region During 2016. Journal of Environmental Science and Engineering A, v. 5, p. 559-565, 2016.

GOUVÊA, V.H.M.; FREITAS-LEMES, P.; **VILELA, D.C.**; GERMANO, J. S. E.; POMPEIA, P. Uma proposta de atividade de MRUV a partir de um experimento remoto feito com lixo eletrônico - weblab ita. Revista UniVap, v. 22, p. 181, 2016. (Congresso)

SILVA, M.C.; FREITAS-LEMES, P.; **VILELA, D.C.**; GERMANO, J. S. E.; MARTIN, I.M. INIC – UNIVAP A Problemática do Ensino de Radiação no Ensino Médio: Um Estudo de Caso. <http://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/1490/495>. São José dos Campos: Univap, 2016. v. 22. p. 37-38. (Congresso)

2017

VILELA, D.C.; GERMANO, J. S. E. SNEF-Simpósio Nacional de Ensino de Física.Método Experimental para análise do Momento de Inércia com uso do Smartphone. 2017. (Congresso).

VILELA, D.C.; FREITAS-LEMES, P.; GERMANO, J. S. E. INIC - UNIVAP. "DESENVOLVIMENTO DE VÍDEO AULAS E JOGOS DIGITAIS EM LIBRAS PARA ENSINO DE CIÊNCIAS PARA ALUNOS SURDOS DO ENSINO FUNDAMENTAL 1. 2017. (Congresso)

FREITAS-LEMES, P.; **VILELA, D.C.**; GERMANO, J. S. E. Abordagem contextualizada do método Runge-Kutta na disciplina de Cálculo Numérico para Engenharia. *Espacios* (Caracas), v. 38, p. 15, 2017.

FREITAS-LEMES, P.; **VILELA, C. D.**; GERMANO, J. S. E; SANTOS, R. L; SAKURAGI, J. Uso do Software Wingeom no processo de ensino aprendizagem de geometria. *ESPACIOS (CARACAS)*, v. 38, p. 1, 2017.

SILVA, M.C.; **VILELA, D.C.**; MIGOTO, V G; GOMES, M.P.; MARTIN, I.M. ; GERMANO, J .S. E . Ionizing radiation measurements using low cost instruments for teaching in college or high-school in Brazil. **Physics Education**, v. 52, p. 064004, 2017.

MARTIN, I.M.; **VILELA, D. C.**; GOMES, M.P. Dynamics in Times of Ionizing Radiation and Rainfalls in Tropical Region of Brazil. **Asian Review of Environmental and Earth Sciences**, v. 4, p. 7-11, 2017.

2018

VILELA, D.C.; SILVERIO, J.E.S. XXVII CIAED – Congresso internacional de Ensino à Distância.; Biblioteca de experimentos NO LABORATÓRIO DE FÍSICA PARA ENGENHARIA Florianópolis, 2018 (Congresso)

VILELA, D. C.; FREITAS-LEMES, P; GOUVÊA, V. H. M; MARTIN, I M; GERMANO, J. S. E. . Interactive infographic to understand dynamics environmental radiation during 2017 winter in southeast of brazil. *GLOBAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE AND RESEARCH MANAGEMENT*, v. 5, p. 84, 2018.

FREITAS-LEMES, P.; **VILELA, D. C.**; MONTEIRO, M. A; GERMANO, J. S. E. Proposta de atividade experimental de medida de tempo em laboratório de ensino de física. *ESPACIOS (CARACAS)*, v. 39, p. 17, 2018.

FREITAS-LEMES, P.; **VILELA, D. C.**; MONTEIRO, M. A; GERMANO, J. S. E. Análise do movimento de um ponto de luz sobre um plano inclinado. *Revista Brasileira de Ensino de Física* (São Paulo), v. 41, p. Epub 08-Out -2018.

2019

MARTIN, I. M.; **VILELA, D. C.** Outdoor Radon Measurements during 2018 in São José dos Campos, Brazil. *Physical Science International Journal*, v. 6, p. 1-9, 2019.

VILELA, D.C.; MONTEIRO, M. A; GERMANO, J. S. E.; CARVALHO, S.J. Análise estatística de um experimento de eletrodinâmica: Laboratório Tradicional vs Laboratório Remoto, RBEF-Revista Brasileira de Ensino de Física (São Paulo), v. 41, p. Epub May -2019.

VILELA, D.C.; GERMANO, J. S. E.; MARTIN, I.M, ALVES, M.A, A low-cost experiment to identify variations in the concentration of environmental radon. *Physics Education*, v. 52, p. 101802, 2019

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Equação para cálculo do ganho educacional.....64

Equação 2 – Equação para cálculo do d de Cohen.....64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estrutura curricular do curso de bacharelado em Física da IFUSP estabelecido no decreto de 1939.....	23
Quadro 2 – Estrutura curricular do curso de bacharelado em Física da IFUSP estabelecido após a reformulação dos anos 90.....	23
Quadro 3 – Evolução dos aspectos legais que regulam os cursos de Física no Brasil.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação das interações de estudantes com laboratórios simulado, remoto, presencial. Fonte: Adaptado de Ma e Nickerson (2006).....	31
Tabela 2 – Modalidades as quais os laboratórios estão inseridos. Fonte: Faulconner e Gruss (2018, p.159).....	33
Tabela 3 – Tabela dos projetos aplicados nos cursos de engenharia do ITA.....	42
Tabela 4 – Escala da metodologia estatística g (ganho educacional). Fonte: Hake (1998, 2002).....	64
Tabela 5 – Escala da metodologia estatística d de Cohen. Fonte: Hake (1998, 2002).....	65
Tabela 6 – Notas dos alunos no pré e pós-teste de Radiações Ionizantes. Fonte: O autor.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do método Keller (Dionísio, 1976, p11)	28
Figura 2 – Comparativo de habilidades desenvolvidas em atividades laboratoriais sob 3 ópticas (Presencial, Virtual e Remoto). Fonte: Adaptado de Ma e Nickerson, 2006.....	35
Figura 3 – Laboratórios remotos disponíveis para acesso no RExLab. Fonte: RExLab (2018)	37
Figura 4 – Lista de experimentos do iSES. Fonte: iSES	38
Figura 5– Kit desenvolvido pela engenheira Rebeca Reck. Fonte: Reck, R 2015.....	41
Figura 6– Material fornecido no kit PHY 200 da Universidade de Athabasca. Fonte: Lab Guide Athabasca University PHYS 200, 2012.....	43
Figura 7– Experimentos que podem ser realizados de acordo com o Manual PHYS 200, p.2	44
Figura 8– Kits Experimentais da Uninter. Fonte: Uninter.....	45
Figura 9 – Trecho do Catálogo de disciplinas do ITA de 2019. Fonte: Catálogo do ITA, p.48.	47
Figura 10 - Diagrama ilustrativo do WEBLAB. Fonte: O autor	51
Figura 11 – Diagrama conceitual do WEBLAB após a sessão de materiais digitais. Fonte: O autor	52
Figura 12 – Diagrama conceitual do WEBLAB 2.0. Fonte: O autor	52
Figura 13 – Geiger com tubo Russo no datalogger instalado na torre do IAE – Fonte: O autor	53
Figura 14 – Dados do geiger Russo durante 15 dias ou 20000 minutos – Fonte: (SILVA <i>et al</i> , 2017).....	54
Figura 15 – Geiger Chinês à esquerda. À direita temos o sistema montado no laboratório de eletrônica da Divisão de Ciências Fundamentais do ITA. Fonte – O autor	55

Figura 16 – Gráfico do geiger Chinês: Aquisição da radiação ionizante durante um longo período de tempo (8000 minutos) ou 6 dias. Fonte: (SILVA <i>et al</i> , 2017)	56
Figura 17 – Esteira automatizada: Vista superior mostra a esteira com o geiger em uma das extremidades. A amostra pode variar de 0 a 60 cm. Fonte: O autor	57
Figura 18 – Plataforma web: O sistema pode ser acessado por meio do link www.laboratorioremoto.com.br/weblab2.0 Fonte: O Autor	57
Figura 19 – Menu de acesso do laboratório remoto de radiações ionizante denominado “Esteira Geiger”. Fonte: O Autor	58
Figura 20 – Atividade desenvolvida no Google Classroom para realização do experimento de Radiações Ionizantes. Fonte: O autor	59
Figura 21 – Vídeo com a explicação de como funciona o experimento. Fonte: O autor	60
Figura 22 – Questionário com 12 questões no Google Classroom. Fonte: O autor	61
Figura 23 – Repositório de arquivos texto e simuladores no Google Classroom. Fonte: O autor	61
Figura 24 – Acesso ao experimento remoto no Google Classroom. Fonte: O autor	62
Figura 25 – Acesso ao questionário de pós-teste no Google Classroom	63
Figura 26 – Processo do PBL aplicado ao Laboratório de Física do ITA. Fonte: O autor	69
Figura 27 – Proposta de problema apresentada aos alunos.	71
Figura 28– Representação do circuito para montagem do sistema de medição do período.	71
Figura 29 – Montagem do circuito.	72
Figura 30 – Montagem do Sistema de captura contendo LED e LDR.	72
Figura 31 – Modelo sugerido aos estudantes para prática experimental. Fonte: O autor.	73
Figura 32 – Montagem realizada pelos alunos na disciplina de LABFIS26. Fonte: O autor ...	73
Figura 33 – Fluxograma do Projeto Piloto proposto para o Laboratório de Física do ITA.....	79

Figura 34 – Página de gerenciamento das atividades do Laboratório na plataforma Google Classroom. Fonte: O autor.....	80
Figura 35 – Página inicial do site do laboratório FIS26.....	80
Figura 36 – Fotos do Kit Estruturas para o laboratório FIS26.	81
Figura 37 – Página inicial do material digital instrutivo do laboratório LABFIS26 disponível no sítio http://www.laboratorioremoto.com.br/labfis/story_html5.html . Fonte: O autor.....	82
Figura 38 – Relatório dos alunos apresentando o problema em vídeo. Fonte: O autor	82
Figura 39 – Gráfico parcial de avaliação feita pelos estudantes que participaram do projeto. Fonte: O autor.....	83
Figura 40 – Gráfico parcial de avaliação feita pelos estudantes que participaram do projeto. Fonte: Gonçalves et al (2018).....	90
Figura 43 – Experimento realizado com uso de Realidade Virtual. A) Visão com uso do óculos HoloLens. B) Visão real do experimento. Fonte: (Stryzys <i>et al.</i> , 2017).....	92

Sumário

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Objetivo da pesquisa	22
1.2	Objetivos específicos.....	22
2	UM BREVE HISTÓRICO DO ENSINO DE FÍSICA EXPERIMENTAL NO BRASIL	24
2.1	Breve olhar na disciplina de Física Experimental dos anos 70	26
2.1.1	Dos objetivos do laboratório experimental.....	26
2.1.2	Da metodologia usada no laboratório experimental	27
2.1.3	Dos recursos tecnológicos do laboratório de física experimental	28
2.2	Breve olhar na disciplina de Física Experimental dos anos 80	28
2.3	Breve olhar na disciplina de Física Experimental dos anos 90	29
2.3.1	Dos objetivos do laboratório experimental.....	29
2.3.2	Da metodologia usada no laboratório experimental	29
2.3.3	Dos recursos tecnológicos do laboratório de física experimental	30
2.4	Breve olhar na disciplina de Física Experimental dos anos 2000	30
2.4.1	Dos objetivos do laboratório experimental.....	30
2.4.2	Da metodologia usada no laboratório experimental	30
2.4.3	Dos recursos tecnológicos do laboratório de física experimental	31
2.5	As disciplinas de Física Experimental dos anos 2010.....	31
2.5.1	Dos objetivos do laboratório experimental.....	31
2.5.2	Da metodologia usada no laboratório experimental	32
2.5.3	Dos recursos tecnológicos do laboratório de física experimental	32
3	O USO DE TIC NO ENSINO DE FÍSICA: UMA BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.	33
3.1	Os laboratórios remotos.....	33
3.1.1	RExLab – Laboratório remoto na UFSC.....	36
3.1.2	DEUSTO	37
3.1.3	iSES	37
3.2	PBL no ensino de física experimental.....	39
3.3	HomeLabs: Os laboratórios feitos em casa	40
3.4	Os HomeLabs na Universidade de Athabasca	42
3.5	Os HomeLabs da UNINTER	44
4	METODOLOGIA.....	46

4.1	Introdução	46
4.2	Características gerais das disciplinas LABFIS26	47
4.3	Características gerais das disciplinas TE-235	48
5	O LABORATÓRIO REMOTO WEBLAB 2.0	50
5.1	Laboratório remoto IV - Esteira Geiger	53
5.1.1	Geiger Russo	53
5.1.2	Geiger Chinês	54
5.2	Weblab – Automação dos sensores de Radiações Ionizantes	56
5.2.1	Construção da esteira automatizada	56
5.3	Atividade proposta	58
5.4	Conhecendo as atividades propostas	59
5.4.1	Conhecendo o experimento	60
5.4.2	Pré-Teste	60
5.4.3	Repositório de arquivos e simuladores	61
5.4.4	Prática Experimental	62
5.4.5	Pós – Teste	62
5.5	Conclusão parcial	63
6	O PBL APLICADO AO LABFIS26	68
6.1	Ementa da disciplina LABFIS 26	70
6.2	Propostas com uso da plataforma Arduino e o software Tracker como aquisição de dados no laboratório de física	70
6.2.1	Pêndulo Simples	70
6.2.2	Oscilações Amortecidas	73
6.3	As dificuldades e aprendizados dos estudantes	74
6.4	Outras possibilidades do PBL	75
6.5	Conclusão parcial	75
7	BIBLIOTECA DE EXPERIMENTOS PARA LABFIS 26	77
7.1	Gestão das atividades via Google Classroom	79
7.2	Site do LABFIS 26	80
7.3	Maletas com kits experimentais	81
7.4	Avaliação do projeto pelos alunos	83
7.5	Conclusão Parcial	84
7.5.1	Sobre a biblioteca de experimentos	84
7.5.2	Sobre os tutoriais digitais da biblioteca de experimentos	84
7.5.3	Sobre o ambiente Google Classroom	85

7.5.4	Sobre o site LABFIS26	85
7.5.5	Sobre o relatório digital	86
7.5.6	Sobre a experiência dos estudantes	86
8	CONCLUSÃO.....	88
8.1	Processos de Interação	88
8.2	Formas de Avaliação	88
9	TRABALHOS FUTUROS	90
9.1	Mineração de dados dos relatórios experimentais	90
9.2	Realidade Virtual e aumentada no ensino laboratorial	91
	REFERÊNCIAS	94
	ANEXO A – INTRODUÇÃO E PROGRAMAÇÃO DA DISCIPLINA DE FÍSICA 1 DO CURSO DE FÍSICA DA USP – SP	103
	ANEXO B – PROGRAMAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA EXPERIMENTAL DA USP – SP DE 1974.....	104
	ANEXO C – OBJETIVO DO LABORATÓRIO DE FÍSICA DA USP - SP DE 1995... 	105
	ANEXO D – DEFINIÇÃO DAS HABILIDADES EDUCACIONAIS NO LABORATÓRIO.....	106
	ANEXO E – QUESTIONÁRIO APRESENTADO AOS ESTUDANTES DE TE-235..	107
	ANEXO F – ANÁLISE COMPLETA DA BIBLIOTECA DE EXPERIMENTOS.....	111
	ANEXO G – GUIA EXPERIMENTAL COM MATERIAL FORNECIDO NA MALETA.....	126

1 Introdução

As aulas de laboratórios são importantes e fundamentais para facilitar o aprendizado dos alunos, podendo se verificar na prática os conteúdos adquiridos nas aulas teóricas. Normalmente os experimentos são dotados de expectativa pelos estudantes, porque estes permitem a visualização dos conteúdos abordados pelos livros de Física. Os experimentos laboratoriais são importantes ferramentas para a formação do Engenheiro, permitindo que ele verifique as diferenças e exatidões entre a prática e a teoria.

A ciência no Ensino Superior é apresentada, na maior parte das vezes, apenas por meio de fórmulas, definições e exercícios padronizados. É um desafio para os professores de educação científica criar experimentos laboratoriais utilizando diversos tipos de sensores para que o aluno possa comprovar ou modelar as equações aprendidas em aulas teóricas.

Melhorar a formação do futuro engenheiro é um desafio para o professor do ensino superior e a criação de experimentos laboratoriais é uma forma de aumentar esse aprimoramento. O grande desafio não é só criar o experimento, mas também verificar o seu comportamento e compará-lo com a teoria empregada, antes de entregá-lo ao aluno. É fácil de ser observado que o aprendizado é mais efetivo quando o aluno verifica na prática os conceitos teóricos aprendidos.

A justificativa para a realização dos trabalhos em laboratório é fazer com que o aprendizado seja consolidado no aluno por meio da realização dos experimentos, retirando os dados transformando-os em informação e verificando os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula.

Neste sentido, Monteiro (2013) destaca que uma metodologia que vem sendo utilizada no ensino superior são os experimentos remotos. Eles são disponibilizados em local diferente daquele onde se encontram os estudantes que vão controlá-los para observarem os fenômenos e coletarem os dados.

Para isso, são automatizados para que possam receber comandos de usuários por meio de computador conectado à internet. Por meios de câmeras locais que enviam imagens em tempo real, os usuários podem visualizar todo o procedimento experimental, bem como a ocorrência do fenômeno em questão.

Alguns autores destacam algumas vantagens do experimento remoto (ELAWADY E TOLBA, 2009; CARDOSO E TAKAHASHI, 2011; LOPES, 2007; SILVA, D 1999; MONTEIRO et al. 2013):

- Maior utilização dos equipamentos do laboratório. Ao estarem disponíveis os equipamentos 24 horas por dia, 365 dias ao ano, seu rendimento é maior.
- Organização de laboratórios. Não é necessário manter abertos os laboratórios todas as horas, basta que estejam operacionais.
- Organização do trabalho dos alunos. Com os laboratórios remotos os alunos e professores podem organizar melhor seu tempo, de maneira similar aos horários de aulas.
- Abertura à sociedade. Os laboratórios remotos podem ser colocados à disposição da sociedade.
- Inserção dos usuários em um contexto real.
- Permite ao estudante interagir com o experimento real, sem qualquer risco de danificar o experimento ou o aluno sair ferido ao manuseá-lo.

É importante destacar que existem diversas pesquisas do ponto de vista de validação dos laboratórios remotos em ambientes de engenharia com o uso da metodologia híbrida (BOURNE, J. 2005, MA, J.; NICKELSON, J. 2006).

Bourne, J. *et al* (2005) discute 9 pontos nos quais é possível melhorar a qualidade e validar um laboratório remoto. Os autores destacam que a tendência se diz necessária, uma vez que a indústria já inicia um investimento em funcionários que realizam atividades em laboratórios remotos. Desta forma, seria essencial esta habilidade ser lecionada na formação dos futuros engenheiros.

Ma e Nickelson (2006) comparam os laboratórios de acesso remoto a laboratórios convencionais e simuladores, evidenciando sua praticidade e grande potencial de aprendizagem, uma vez que os custos de manutenção e espaço físico são muito reduzidos quando comparados com os laboratórios convencionais e os dados são reais, se comparados aos resultados idealizados dos softwares de simulação.

Com relação às práticas laboratoriais realizadas com a metodologia PBL – Problem Based Learning, existem pesquisas recentes pontuando-a como uma prática motivadora e engajadora.

Susanti *et al* (2017) aplicou um modelo de PBL mais focado ao ensino de física laboratorial. Os autores propuseram que os alunos concebessem um modelo de guia de prática experimental baseado em 4D (Definir, Desenhar, Desenvolver e Disseminar). Este formato proporcionou aos estudantes um entendimento melhor das práticas a serem realizadas.

Dounas-Frazer e Lewandowski (2018) mostram que há um maior engajamento em atividades no laboratório de física quando uma mesma atividade experimental possui duração

de mais semanas. Em laboratórios de laser e óptica, durante 7 semanas, 33 alunos se debruçaram sob temáticas complexas.

É baseado nessas três metodologias que se apresenta o objetivo desta pesquisa.

1.1 Objetivo da pesquisa

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar o uso de tecnologias em três metodologias distintas de ensino aplicadas em atividades experimentais no laboratório de física para engenharia.

Esta análise foi realizada em três frentes:

- I. Laboratório Remoto de Radiações Ionizantes – WEBLAB Radiações TE-235.
- II. PBL – *Problem Based Learning* aplicado ao Laboratório de Física – PBL LABFIS26.
- III. Biblioteca de Experimentos para LABFIS 26.

A primeira metodologia é sustentada pelo ensino experimental à distância por meio de recursos de internet e IoT – Internet of Things para realizar o experimento.

A segunda metodologia é sustentada pelo processo de construção, desenvolvimento e solução de um problema.

A terceira metodologia é sustentada pelo ensino autônomo, também realizado à distância, porém com recursos físicos para realizar o experimento presencial, ou seja, os estudantes realizam os experimentos em suas casas com material disponibilizado pela IES – Instituição de Ensino Superior.

A partir da análise do processo de desenvolvimento das atividades experimentais em cada uma das metodologias, somados aos resultados apresentados no relatório experimental, espera-se traçar uma comparação entre as formas de ensino supracitadas com relação a alguns aspectos que serão apresentados nos objetivos específicos.

1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desse trabalho é realizar uma comparação entre as três metodologias (Laboratório Remoto, PBL e Biblioteca de Experimentos) sob os seguintes aspectos:

Processos de Interação - Espera-se discutir a forma como cada metodologia proporcionou a interação experimental. Evidenciar se a metodologia proporcionou engajamento e profundidade de análise e se favoreceu o processo de ensino-aprendizagem, bem como se a forma de interação proporcionada pela metodologia favoreceu a colaboração entre os estudantes no processo de discussão dos resultados.

Formas de Avaliação - Espera-se discutir se a metodologia auxiliou no desenvolvimento do relatório e evidenciar se os recursos digitais colaboraram com a forma de demonstrar o conhecimento técnico e científico adquirido no processo experimental.

Desta forma, espera-se realizar uma análise do processo de ensino aprendido por meio do acompanhamento das aulas e análise dos relatórios.

A partir dos objetivos gerais e específicos apresentados, nas páginas que seguem, apresenta-se um breve histórico do curso de física no Brasil no capítulo 2. Neste mesmo capítulo 2, apresenta-se um pouco da evolução dos objetivos, das metodologias e das tecnologias nos cursos de física experimental durante o período dos anos 1970 aos anos 2010.

No capítulo 3 apresenta-se uma revisão bibliográfica a respeito do uso de tecnologias no ensino de física laboratorial bem como alguns projetos de sucesso como o RexLab (UFSC), Deusto (Espanha) e iSES (República Tcheca). Ademais, trata-se da incorporação do PBL nos cursos de física e engenharia e também de um novo olhar para o EaD por meio dos HomeLabs, os kits experimentais que são utilizados em casa.

No capítulo 4 apresentam-se as três metodologias utilizadas no curso laboratorial de física para as engenharias.

No capítulo 5 descreve-se a primeira atividade realizada baseada no laboratório remoto para radiações na pós-graduação em ciência e tecnologia.

No capítulo 6 descreve-se a segunda atividade baseada em problemas, o PBL, aplicada durante dois anos para os alunos do 2º ano de engenharia.

No capítulo 7 descreve-se a terceira atividade denominada biblioteca de experimentos. Esta atividade foi aplicada para alguns alunos do 2º ano de engenharia.

Finalmente, no capítulo 8 descrevem-se algumas possibilidades para trabalhos futuros sobre o mesmo tema. Acredita-se que a mineração de dados dos relatórios e a realidade virtual e aumentada irão, num futuro próximo, fazer parte do ensino laboratorial a medida que aumentem as ofertas de cursos a distância.

2 Um breve histórico do ensino de Física Experimental no Brasil

Neste capítulo mostra-se como os cursos de física foram tratados e desenvolveram-se no Brasil por meio da leitura e análise de documentos como apostilas de cursos de física experimental e da literatura científica.

Pode se pensar brevemente no motivo de realizar tal estudo histórico na física e não na engenharia. Mas é fato que, dentro dos cursos de engenharia, as disciplinas de física experimental são realizadas nos departamentos de física, como salienta Saad, 1981.

Desta forma, este breve histórico, traz uma luz sobre o início dos cursos de física do ponto de vista da ementa e leis. Mais adiante traremos um olhar para as disciplinas de física experimental dos de 1970 a 2010.

Os primeiros cursos de Engenharia nos remetem ainda ao final do período colonial e início do irepublicano somente direcionado às elites.

No entanto, na era Vargas, 1930-45, é que surgem os primeiros cursos de Física numa formatação mais próxima, no sentido de aulas e currículo, como as conhecidas nos dias de hoje com o decreto nº1190 de 1939.

A partir disso foi possível legislar cursos de formação de candidatos a magistério de Ensino Secundário de Física e Matemática dentre outras disciplinas.

Particularmente, o curso de Bacharelado em Física da USP Campus São Paulo, naquele momento foi definido com 3 anos de duração com a ementa que segue no Quadro 1.

Quadro 1 – Sugestão de estrutura curricular do curso de bacharelado em Física (IFUSP) estabelecido no decreto de 1939. Fonte: ARAÚJO e VIANNA (2010)

1º ano	2º ano
<ul style="list-style-type: none"> • Análise matemática • Geometria analítica e projetiva • Física geral e experimental 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise matemática • Geometria descritiva e complementos de geometria • Mecânica racional • Física geral e experimental
3º ano	Curso complementar de Didática
<ul style="list-style-type: none"> • Análise superior • Física superior • Física matemática • Física teórica 	<ul style="list-style-type: none"> • Didática geral • Didática especial • Psicologia educacional • Administração escolar • Fundamentos biológicos da educação • Fundamentos sociológicos da educação

Surgiam, então, neste momento os primeiros cursos de física experimental no Brasil. Do ponto de vista documental, não tivemos acesso ao material lecionado neste período.

A primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação, documento que organiza e sistematiza o Sistema educacional brasileiro é de 1964¹.

Quadro 2 – Proposta de estrutura curricular do curso de bacharelado em Física do Instituto de Física da USP de São Carlos (IFSC) estabelecido após a reformulação dos anos 90. Fonte: ARAÚJO e VIANNA (2010)

1° ano	2° ano
<ul style="list-style-type: none"> • Matemática I • Física I • Química I • Biologia I • Redação • Astronomia 	<ul style="list-style-type: none"> • Matemática II • Física II • Química II • Biologia II • Redação • Psicologia
3° ano	4° ano
<ul style="list-style-type: none"> • Matemática III • Física III • Química III • Biologia III • Redação • Didática • Optativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura e funcionamento do ensino de 1° e 2° grau • Instrumentação para o ensino • Prática de ensino (física, química, matemática ou ciências do 1° grau) • História da ciência • Disciplina especializada em física, química ou matemática • Optativa

A estrutura curricular apresentada no quadro 2 é do Instituto de Física da USP – São Carlos (IFSC) do ano de 1993.

Pode-se ressaltar o caráter integrador das disciplinas de Biologia e Química nos três primeiros anos. Essa característica é oriunda da construção de museus e ambientes não formais de ensino que permitem uma abordagem de ciências mais interdisciplinar e ampla, como destacam (ARAÚJO e VIANNA, 2010).

Há o acréscimo de um ano na formação e também um número maior de disciplinas de ensino, concentradas no 4° ano. Percebe-se uma ênfase na prática de redação, existente nos 3 anos. E nota-se a ausência da disciplina de física experimental. Na verdade, o laboratório era parte integrada às disciplinas de Física 1, 2 e 3, como mostra o Anexo A.

Desta forma, temos no quadro 3 uma síntese desta evolução nos cursos de licenciatura no que se refere ao contexto histórico, global, objetivos da formação, local de formação, duração do curso e formato do curso.

¹ Ver a Lei 4.024 de 1961 na íntegra em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4024.htm Acessado em 17-07-2019

Quadro 3 – Evolução dos aspectos legais que regulam os cursos de Física no Brasil. Fonte: ARAÚJO e VIANNA (2010)

	1939	1968	1996
Contexto político brasileiro	- Era Vargas - República populista	- Governo militar	- Redemocratização
Contexto global	- Pós-guerra	- Guerra fria	- Globalização
Objetivos da formação de professores	- Formar os formadores da elite	- Suprir a demanda de uma carência permanente de professores	
Lócus da formação	- Faculdade Nacional de Filosofia	- Departamentos universitários	- Departamentos universitários - Polos presenciais e a Internet
Esquema da formação	- 3 anos iniciais de disciplinas de conhecimentos específicos de física seguidos de 1 ano de disciplinas de conhecimentos específicos da Educação - Esquema 3+1	- Licenciaturas curtas ou polivalentes com visão integradora das diferentes ciências. Isto é, formação de vários licenciados em um único curso - Esquema vários em 1	- Graduação em Licenciatura Plena em Física dividido em dois módulos: um Núcleo Comum geral; e um específico, definidor de perfis (Físico-Educador ou Físico-Interdisciplinar) - Esquema 2+2
Fragmentação da formação	- Curricular, com a oferta das disciplinas de didática após o curso de Bacharelado	- Departamental, com a fragmentação do curso entre os Departamentos herdeiros da extinta Faculdade Nacional de Filosofia	- Departamental - Institucional, com a fragmentação do curso entre as instituições formadoras de consórcios para a EaD - Geográfica, com a dispersão espacial dos alunos e dos professores na EaD

2.1 Breve olhar na disciplina de Física Experimental dos anos 70

No excelente acervo do Instituto de Física da USP – Universidade de São Paulo temos os materiais didáticos utilizados pelos professores Albereto Villani, Alfredo Galeão, Antonio Violin, Joaquim de Moraes, Mikiya Muramatsu, Nelson Wisnick, Otaviano Helene, Ruth Cesar, Vera Lemos Soares, Wayne Seale e Yassuko Hosoume dos cursos de física experimental que datam de 1974 (Anexo A).

Este material mostra como era a ementa básica dos cursos de física experimental nos anos 70 e aqui trataremos de três perguntas fundamentais.

Qual o objetivo do laboratório experimental para os estudantes?

Qual a metodologia das práticas experimentais?

Quais recursos tecnológicos são utilizados na prática experimental?

2.1.1 Dos objetivos do laboratório experimental

Os objetivos apresentados na apostila mostram que a proposta da disciplina de física 1 tem como norte apresentar conceitos de metodologia científica aplicada ao laboratório de física e noções de estatística aplicada aos experimentos.

Muito interessante notar que a prática experimental inicial dos estudantes é a respeito da radiação ionizante.

2.1.2 Da metodologia usada no laboratório experimental

Como mostra o anexo B, as aulas tinham um formato tradicional a partir de roteiros práticos e com a grade horária pré-definida.

Nota-se o interesse em testar novas metodologias no curso de física por meio do método Keller.

O método Keller foi desenvolvido nos EUA nos anos 60 para melhorar o rendimento dos alunos no processo de ensino aprendizagem e difundido no Brasil nos anos 70 (Dionísio, 1976).

Em poucas palavras, o método Keller se tratava de uma metodologia na qual o professor e monitores da disciplina se dividiam num atendimento individualizado dos estudantes para tirar dúvidas e analisar seus estudos em entrevistas divididas durante o ano.

As aulas eram extintas e os alunos estudavam a partir do cronograma previamente elaborado pelos professores. Um fluxograma das ações do método Keller pode ser visto na figura 1, a seguir.

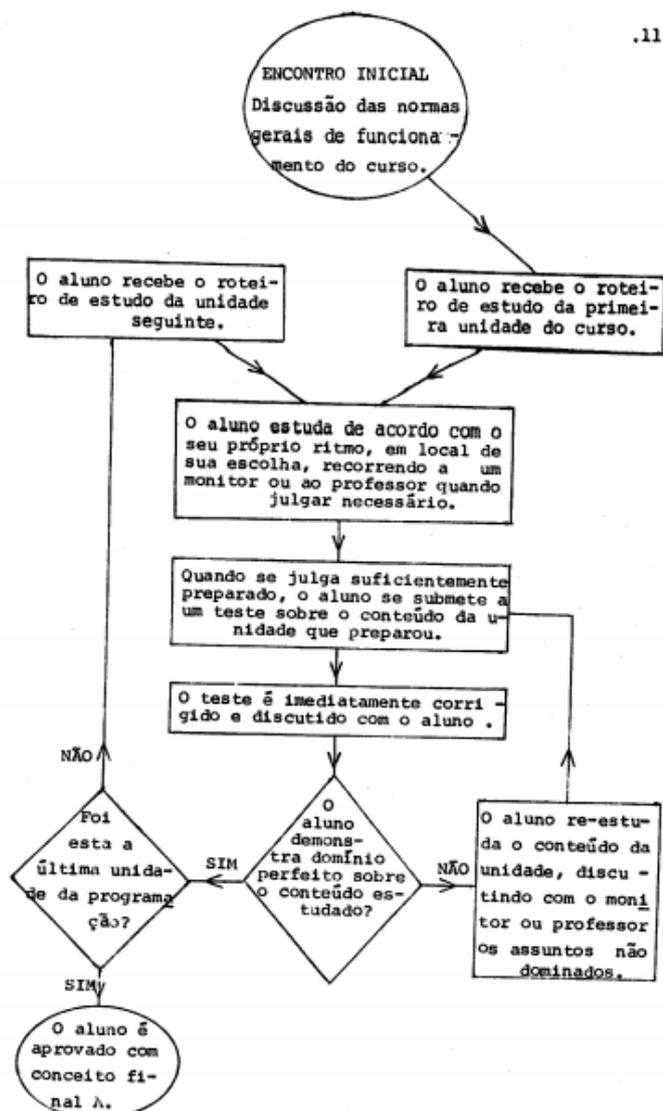


Figura 1 – Fluxograma do método Keller (Dionísio, 1976, p11)

2.1.3 Dos recursos tecnológicos do laboratório de física experimental

O material consultado não apresenta referência ao uso de recursos tecnológicos no processo de ensino aprendizagem a não ser a questão dos equipamentos laboratoriais tradicionais como paquímetro, cronômetro e balança.

Ademais, outros experimentos que exigem um pouco mais de eletrônica, como, por exemplo, o experimento de radiação, tratam de sistemas fechados, onde os estudantes não manipulam os equipamentos ou alteram suas condições, apenas coletam dados.

2.2 Breve olhar na disciplina de Física Experimental dos anos 80

Não foi encontrado material desta década para consulta.

2.3 Breve olhar na disciplina de Física Experimental dos anos 90

Também coletado no acervo do Instituto de Física da USP – Universidade de São Paulo temos os materiais didáticos utilizados pelos professores nos cursos de física experimental que datam de 1995 (Anexo C).

Estes materiais mostram como eram os cursos de física experimental nos anos 90 e aqui trataremos de três perguntas fundamentais.

Qual o objetivo do laboratório experimental para os estudantes?

Qual a metodologia das práticas experimentais?

Quais recursos tecnológicos são utilizados na prática experimental?

2.3.1 Dos objetivos do laboratório experimental

Os objetivos apresentados na apostila mostram que a proposta da disciplina de física 1 têm como norte apresentar conceitos de metodologia científica aplicada ao laboratório de física e noções de estatística aplicada aos experimentos.

Cabe destacar que nesta apostila há uma seção mais elaborada a respeito dos “Objetivos da disciplina”, como podemos ver no anexo C.

Nesta seção, estão resumidos os objetivos em 8 pontos principais. No entanto, como destaca o autor: “há uma ênfase nos objetivos a, b e c”.

Os três objetivos são:

- a) Aprendizado de técnicas de sistematização, tratamento e apresentação de dados experimentais;
- b) Aprendizado de teoria de erros e sua aplicação no tratamento de dados experimentais;
- c) Desenvolvimento da capacidade de expressão na forma de relatório científico.

Muito interessante notar que os objetivos são puramente técnicos, deixando um pouco em aberto a parte abstrata e criativa dos estudantes.

2.3.2 Da metodologia usada no laboratório experimental

A metodologia neste período dos anos 90 foi mantida a mesma dos anos 70. Houve apenas uma ênfase maior no uso do “caderno de laboratório”.

A instrução do uso do caderno de laboratório traz uma rígida cobrança individual de cada aluno em ter seu próprio caderno de notas para a entrevista.

Ainda há destacada a frequente alegação de não responder uma pergunta na entrevista por conta de dados terem ficado com o colega.

Isso mostra uma certa preocupação com a aprendizagem individual. Um resquício da metodologia Keller inicialmente testada nos anos 70, algo que foi mostrado no item 2.1.2 deste capítulo.

2.3.3 Dos recursos tecnológicos do laboratório de física experimental

No material consultado não há em algum momento referência ao uso de recursos tecnológicos no processo de ensino aprendizagem a não ser a questão dos equipamentos laboratoriais tradicionais como paquímetro, cronômetro e balança.

2.4 Breve olhar na disciplina de Física Experimental dos anos 2000

Neste período dos anos 2000 temos a última apostila analógica utilizada no Instituto de Física da USP de São Paulo, desenvolvida pelo Prof. Dr. José Henrique Vuolo.

Este material mostra como era o curso de física experimental 1 nos anos 2000 e aqui trataremos de três perguntas fundamentais.

Qual o objetivo do laboratório experimental para os estudantes?

Qual a metodologia das práticas experimentais?

Quais recursos tecnológicos são utilizados na prática experimental?

2.4.1 Dos objetivos do laboratório experimental

Os objetivos apresentados na apostila de 2006 mostram que a proposta da disciplina de física 1 tem em primeiro lugar uma introdução à arte da experimentação.

A arte da experimentação contempla o processo de realizar uma atividade de investigação. Desde o momento da construção do experimento, onde é possível vivenciar e entender um fenômeno passando pela coleta de dados e finalizando pela compreensão de uma situação física a partir de dados concretos.

A apostila destaca que esta disciplina visa proporcionar o instrumental teórico e prático para analisar de forma adequada os dados colhidos e tornar o aluno consciente da necessidade de manter uma atitude atenta e crítica durante o processo de obtenção dos dados, treinando-o para a observação crítica.

2.4.2 Da metodologia usada no laboratório experimental

A metodologia neste período dos anos 2000 foi mantida a mesma das décadas anteriores. Não percebemos nenhuma alteração no texto.

Destaca-se apenas a introdução de uma pré-síntese do experimento realizado, que é definida como um pré-relatório. Ela é apresentada na semana seguinte à realização da prática experimental.

Sua pontuação é acrescida à nota final do relatório.

As demais formas de avaliação são mantidas no mesmo formato das décadas anteriores, isto é, prova, relatório e entrevista.

2.4.3 Dos recursos tecnológicos do laboratório de física experimental

No material consultado, Física Experimental 1 – FEP 113 do Prof. Dr. José Henrique Vuolo, há na seção 1.6.7 informações a respeito do uso da sala de informática para confecção de relatórios e planilhas.

Nas páginas que se seguem na apostila as práticas a serem executadas pelos estudantes, não há referência ao uso de recursos tecnológicos no processo de aquisição de dados, tampouco de eletrônica associada às práticas a não ser a questão dos equipamentos laboratoriais tradicionais como paquímetro, cronômetro e balança.

2.5 As disciplinas de Física Experimental dos anos 2010

O início do século XXI foi marcado pela descontinuidade das apostilas de física experimental.

As apostilas dos laboratórios de física experimental da USP passaram a ser distribuídas no formato digital²

Estes materiais mostram como são os cursos de física experimental nos anos 2010 e aqui trataremos de três perguntas fundamentais.

Qual o objetivo do laboratório experimental para os estudantes?

Qual a metodologia das práticas experimentais?

Quais recursos tecnológicos são utilizados na prática experimental?

2.5.1 Dos objetivos do laboratório experimental

Os objetivos apresentados na apostila de 2018 mostram que a proposta da disciplina de física experimental 1 visa em primeiro lugar oferecer a oportunidade de revisar e aprofundar conceitos fundamentais da Física fazendo transposição a situações práticas concretas.

²Disponível no sítio http://www.ifsc.usp.br/~laf/lab_fis_1_2018/apostila_lab_fis_1.pdf (acesso em 01/04/2019).

Em segundo lugar, ela busca desenvolver a capacidade de planejar e executar medições, processar os dados quantitativamente e apresentar os resultados de acordo com os padrões científicos.

No entanto, a missão mais importante consiste em desenvolver a capacidade de análise crítica desses resultados e extrair conclusões logicamente fundamentadas.

2.5.2 Da metodologia usada no laboratório experimental

A metodologia empregada nas aulas de laboratório dos anos 2010 continuaram seguindo a mesma estratégia das décadas anteriores com práticas que seguem um roteiro e ao final deve ser entregue um relatório. Além disso, há um acompanhamento do caderno individual dos alunos.

2.5.3 Dos recursos tecnológicos do laboratório de física experimental

No material digital em pdf não há em algum momento referência ao uso de recursos tecnológicos no processo de ensino aprendizagem a não ser a questão dos equipamentos laboratoriais tradicionais como paquímetro, cronômetro e balança.

3 O Uso de TIC no ensino de física: Uma breve revisão bibliográfica.

Neste capítulo vamos apresentar uma revisão bibliográfica a respeito do uso de tecnologias de informação e comunicação no ensino de física laboratorial focado no ensino superior.

Historicamente, grandes pesquisadores iniciaram seus olhares para melhorias na prática laboratorial para o ensino superior, como por exemplo: Fuad Saher Saad, Ernst Hamburger, Cecília Pimentel, Frank Oppenheimer, Jerrold Zacharias e Francis Friedman (PSSC) e mais recentemente, Carl Wieman (PHET), Natasha Holmes, Pablo Orduña (Deusto), Marisa Cavalcante, Juarez Bento Silva (RexLab), Marco Aurélio Alvarenga e José Silvério Germano, entre outros que têm sua importância em seus respectivos locais de atuação no mundo.

3.1 Os laboratórios remotos

Nesta seção se discute uma revisão de excelentes projetos de laboratórios remotos que visaram tornar laboratórios experimentais acessíveis pelo computador ou smartphone.

Uma extensa revisão foi realizada por Ma e Nickerson (2006) que comparam o número de artigos publicados e também apontam as habilidades desenvolvidas num laboratório remoto em comparação com outros laboratórios virtuais e presenciais. Há um número crescente de pesquisas sobre laboratório remoto, principalmente focado no ensino de engenharia.

Além disso, os autores mostram que a comparação da eficiência dos laboratórios tem se mostrado alta em comparação aos laboratórios tradicionais e virtuais.

Table II. Comparison of Lab Formats

Article	C & H				Sample Size	Outcome
	*	S	R	H		
Carlson and Sullivan [1999]	H	✓	✓	✓	N = 3160	Overwhelming positive for integrated labs
Subramanian and Marsic [2001]	H	✓		✓	N = 18	Positive attitude for simulation as supplement
Gillet et al. [2005]	H	✓		✓	N = 96	Positive attitude of simulation as supplement
Edward [1996]	C	✓		✓	N = 56	Hands-on group learning superior, but simulation group is preferred**
McAteer et al. [1996]	C	✓		✓	N = 66	Positive attitude for simulations as alternative
Engum et al. [2003]	C	✓		✓	N = 163	Hands-on groups have more cognitive gains, more satisfaction**
Sonnenwald et al. [2003]	C		✓	✓	N = 40	Equivalence of remote labs**
Scanlon et al. [2004]	C		✓	✓	N = 12	Equivalence of remote labs
Cortier et al. [2004]	C		✓	✓	N = 29	Equivalence of remote labs
Sicker et al. [2005]	C		✓	✓	N = 12	Equivalence of remote labs, but hands-on is preferred

*The first column indicates whether the articles evaluate hybrid combinations of labs, or strictly compare the different types; S, R, and H represent simulated, remote, and hands-on labs. **Those which discuss p statistics on the significance of tests.

Tabela 1 – Comparação das interações de estudantes com laboratórios simulado, remoto, presencial. Fonte: Adaptado de Ma e Nickerson (2006).

A respeito das metas educacionais alcançadas no laboratório remoto, há um extenso debate se os ganhos são iguais para os diferentes tipos de laboratórios (Remoto, Virtual e Presencial).

O aprendizado no laboratório pode ser definido em quatro grandes áreas como sugerem Ma e Nickerson (2006), como foi adaptado adiante:

- Conhecimento Conceitual – Conceptual Understanding
- Habilidades de Design – Design Skills
- Habilidades Socioemocionais – Social Skills
- Habilidades Profissionais – Professional Skills

Com esses parâmetros, foi possível aos autores destacarem quais laboratórios desenvolvem melhor cada uma das habilidades por meio da análise de 60 artigos na área.

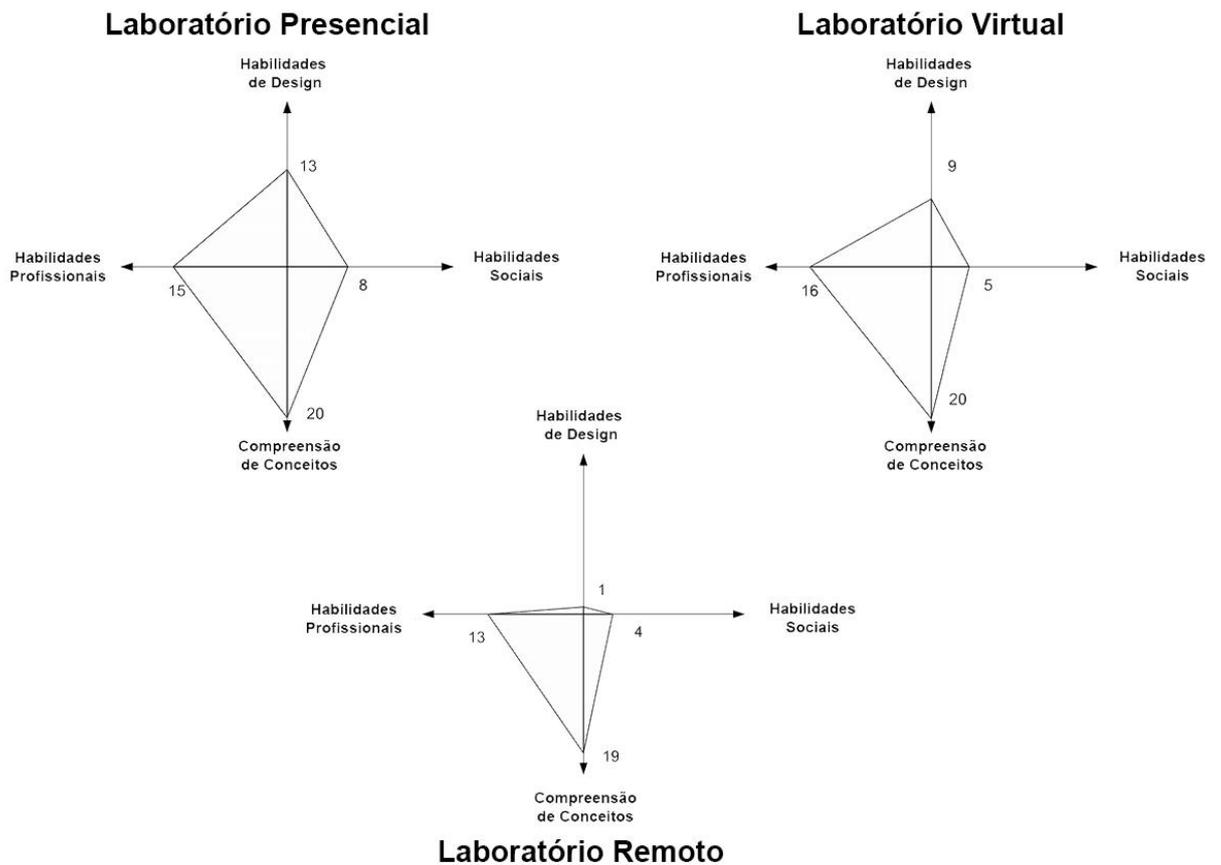


Figura 2 – Comparativo de habilidades desenvolvidas em atividades laboratoriais sob 3 ópticas (Presencial, Virtual e Remoto). Fonte: Adaptado de Ma e Nickerson (2006)

Com um olhar atento sob os 3 laboratórios, fica latente qual é a potência e a carência do laboratório remoto.

Vê-se a potência relacionada com a compreensão de conceitos e habilidades profissionais, ao passo que a carência está nas habilidades sociais e habilidades de design. Cabe ressaltar que a pesquisa foi realizada dentro de um universo de 60 artigos.

Outra pesquisa mais recente Faulconer e Gruss (2018) realizaram uma extensa análise a respeito dos laboratórios tradicionais, laboratório remoto e kits para laboratório à distância. A pesquisa foi realizada com artigos publicados de 1997 a 2017. A intenção era categorizar devidamente o laboratório por modalidades como mostra a tabela 2.

Benefits	Traditional lab	Online or remote	Distance (lab kit)
Tangible results with sensory feedback	✓		✓
Low operating & maintenance costs		✓	✓
Student costs	(variable)	✓	
Growth potential & class sizes		✓	✓
Replication	✓	✓	
24/7 availability		✓	✓
Multiple access opportunities		✓	✓
Extended access time		✓	✓
Disability access	✓	✓	✓
Student-instructor contact	✓	(variable)	(variable)
Safety		✓	

Tabela 2 – Modalidades as quais os laboratórios estão inseridos. Fonte: Faulconner e Gruss (2018, p.159)

Desta forma, corroboramos com os autores supracitados que o laboratório remoto tem potencial em algumas frentes como disponibilidade, custo, recursos didáticos, acesso múltiplo, tempo de uso, segurança. Porém é deficiente em outras frentes como interação social, resultados e feedbacks, desenvolvimento e criação de experimentos, estes últimos relacionados pelos autores, a habilidades de desenvolvimento ou “*design skills*”.

Com esta revisão, podemos apresentar adiante alguns projetos considerados pelo pesquisador como exemplares a respeito de laboratório remoto. Serão apresentados três projetos, RexLab – Santa Catarina (UFSC), DEUSTO (Espanha) e iSES (República Tcheca).

3.1.1 RExLab – Laboratório remoto na UFSC

As instalações do RExLab encontram-se fisicamente no Campus Araranguá em Santa Catarina, onde se iniciaram suas atividades em dezembro de 2014. Os laboratórios remotos e seus conteúdos didáticos podem ser acessados de forma gratuita por meio do endereço eletrônico <http://gtmre.ufsc.br>.

Estão disponíveis 14 laboratórios remotos, para uso em diversas áreas de atuação e 3 laboratórios remotos em fase de teste. A figura 3 apresenta os laboratórios disponíveis

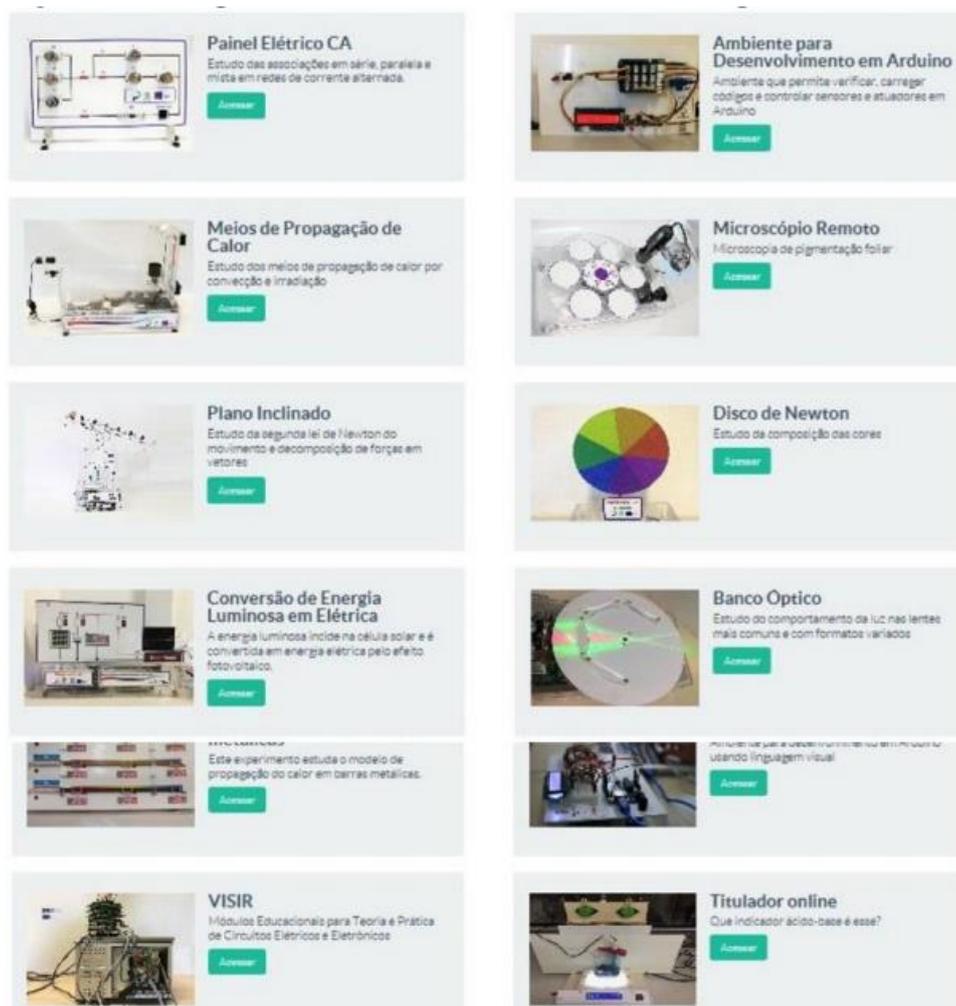


Figura 3 – Laboratórios remotos disponíveis para acesso no REXLab. Fonte: REXLab (2018)

3.1.2 DEUSTO

O laboratório remoto da universidade de Deusto – Espanha iniciou suas atividades no início dos anos 2000. Após a primeira e segunda versão, finalmente os autores chegaram a 3ª versão em 2012, sendo este último premiado como Top 10 inovação da Espanha³.

3.1.3 iSES

O iSES – International School Experimental System é um projeto implementado desde 2010 na Universidade de Praga na República Tcheca. O projeto conta com mais de 18 experimentos acessíveis remotamente na área de Física, como mostra a figura 4.

³ Informações retiradas de <https://weblab.deusto.es/website/about.html>. Acessado em 10/05/2019



Fig. 8: Electromagnetic induction
http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz/ovladani_2_en.html

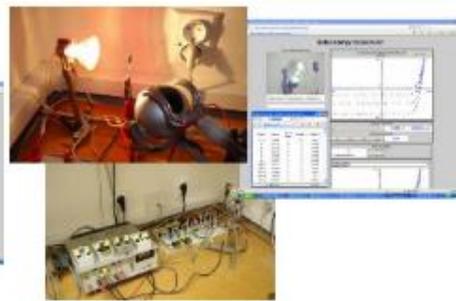


Fig. 9: Solar energy conversion
http://kdt-4.karlov.mff.cuni.cz/index_en.html

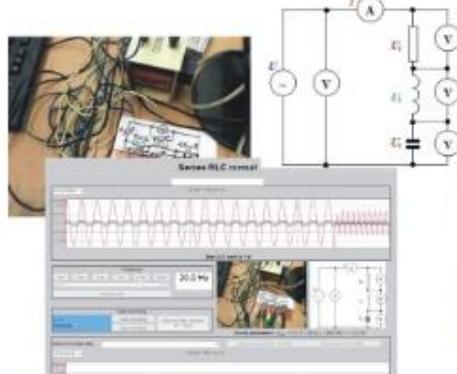


Fig. 10: Series RLC circuit
http://kdt-30.karlov.mff.cuni.cz/index_en.html



Fig. 11: Water level control
<http://kdt-34.karlov.mff.cuni.cz/en/mereni.html>

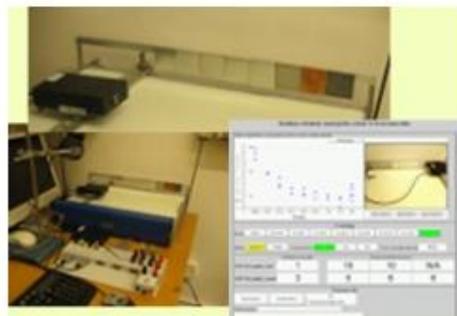


Fig. 12: Study of radioactivity (5 experiments)
http://kdt-38.karlov.mff.cuni.cz/choice_en.html

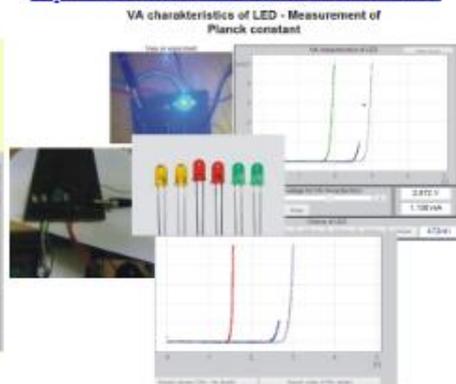


Fig. 13: Measurement of Planck constant
http://kdt-33.karlov.mff.cuni.cz/index_en.html

Figura 4 – Lista de experimentos do iSES. Fonte: iSES⁴

Os experimentos vêm sendo testados e até premiados como no *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation - REV* de 2016.

Atualmente, o portal iSES propõe kits de desenvolvimento de laboratórios remotos e um adaptador eletrônico que permite fazer a transmissão de dados online³.

⁴ <http://www.ises.info/index.php/en/systemises/sdkisesstudio> acessado em 23/05/2019

3.2 PBL no ensino de física experimental

Nesta seção faremos uma breve apresentação da definição do PBL – *Problem Based Learning* ou na tradução literal Aprendizagem Baseada em Problemas – e alguns casos de aplicação desta metodologia no ensino superior, mais precisamente em disciplinas de engenharia e física.

A estratégia principal do PBL é aprender por meio da discussão e resolução de problemas (PERRENOUD et al., 2002) que são formulados pelos professores de acordo com as determinações curriculares. Esses problemas são construídos considerando o conhecimento prévio dos alunos e são agrupados por temas afins em módulos temáticos (BERBEL, 1998).

Segundo Berbel (1998), a Metodologia da Problematização é composta de cinco etapas que se desenvolvem a partir da realidade ou de um recorte da realidade: Observação da Realidade; Pontos Chave; Teorização; Hipóteses de Solução e Aplicação à Realidade.

A primeira etapa é a *Observação da Realidade Social*, concreta, pelos alunos, a partir de um tema ou unidade de estudo. Os alunos são orientados pelo professor a olharem atentamente e registrarem sistematicamente o que percebem sobre a parcela da realidade em que aquele tema está sendo vivido ou acontecendo, podendo para isso serem orientados por questões gerais que ajudem a focalizar e a não fugir do tema.

Esta observação permite aos alunos identificar dificuldades, carências, discrepâncias de várias ordens, que serão transformadas em problemas, ou seja, serão problematizadas. Poderá ser eleito um desses problemas para todo o grupo estudar ou então vários deles, distribuídos um para cada pequeno grupo.

Para realizar as atividades da segunda etapa que é a dos *Pontos Chave*, os alunos são levados a refletirem primeiramente sobre as possíveis causas da existência do problema em estudo.

Neste momento os alunos, com as informações de que dispõem, passam a perceber que os problemas de ordem social são complexos e geralmente multideterminados. Agora, os alunos percebem que existem variáveis menos diretas, menos evidentes, mais distantes, mas que interferem na existência daquele problema em estudo.

A terceira etapa é a da *Teorização*. Esta é a etapa do estudo, da investigação propriamente dita. Os alunos se organizam tecnicamente para buscar as informações que necessitam sobre o problema, onde quer que elas se encontrem, dentro de cada ponto chave já definido. Vão à biblioteca buscar livros, revistas especializadas, pesquisas já realizadas, jornais, atas de congressos etc; vão consultar especialistas sobre o assunto; vão observar o

fenômeno que está ocorrendo; aplicam questionários para obter informações de várias ordens; assistem palestras e aulas quando oportunas etc.

A quarta etapa é a das *Hipóteses de Solução*. Todo o estudo realizado deverá fornecer elementos para os alunos que poderão elaborar as possíveis soluções. O que precisa acontecer para que o problema seja solucionado? O que precisa ser providenciado? O que pode realmente ser feito?

Nesta metodologia, as hipóteses são construídas após o estudo, como fruto da compreensão profunda que se obteve sobre o problema, investigando-o por todos os ângulos possíveis.

A quinta e última etapa é a da *Aplicação à Realidade*. Esta etapa da Metodologia da Problematização ultrapassa o exercício intelectual.

Deste contexto faz-se um recorte para a metodologia PBL aplicada em atividades laboratoriais. Hofstein and Lunnetta (2003) trazem a discussão da evolução das metodologias no laboratório de ciências nas escolas e destacam o papel central dos roteiros de prática.

Os autores também destacam que nos últimos 20 anos, 1983 a 2003, houve muita evolução das tecnologias para as metodologias de sala de aula e estas corroboraram para melhoria da interação social dos estudantes e também de práticas mais engajadoras dos estudantes, nas quais estes assumiam papel protagonista nas atividades experimentais.

Susanti et al (2017) aplicaram um modelo de PBL mais focado ao ensino de física laboratorial. Os autores propuseram que os alunos concebessem um modelo de guia de prática experimental baseado em 4D (Definir, Desenhar, Desenvolver e Disseminar). Este formato proporcionou aos estudantes um entendimento melhor das práticas a serem realizadas.

Dounas-Frazer e Lewandowski (2018) mostram que há um maior engajamento em atividades no laboratório de física com maior duração de semanas. Em laboratórios de laser e óptica, durante 7 semanas, 33 alunos se debruçaram sob temáticas complexas.

3.3 HomeLabs: Os laboratórios feitos em casa

A primeira vez que um kit experimental caseiro foi mencionado na literatura científica advém dos remotos anos 60, revista *Physics Teacher (Announcements, 1964)*.

No Brasil podemos destacar iniciativas de kits experimentais chamados “Os cientistas”⁵, que eram vendidos em bancas de jornal para realizar as práticas em casa. Os kits foram desenvolvidos por professores e tiveram apoio do grupo Abril, editora de livros e materiais didáticos.

⁵ <http://www.invencoesbrasileiras.com.br/kit-qos-cientistasq/> - acessado em 19-07-2019

Houve uma tentativa de realizar um relançamento destes kits em 2011 por cientistas renomados como Hersch Moysés Nussenzeig e Vanderlei Bagnato.⁶

Atualmente, corroborando para esse movimento de ensino de ciências experimentais a empresa SILAB – Soluções Laboratoriais lançou seus kits experimentais de Eletricidade, Mecânica e Fisiologia Humana⁷.

Mais adiante, nos anos 80, o conceito de HomeLabs foi inicialmente apresentado na Universidade Aberta do Reino Unido ou *Open University* (Ioannides, A 1987).

Uma definição de HomeLabs foi descrito por Al-Shamali e Connors (2007). Os autores descreveram como sendo o processo de fornecer aos alunos equipamentos necessários, na forma de um kit, que permitem realizar um experimento real em suas casas. Os autores ainda destacam que os kits devem ter custo reduzido para serem financiáveis para a instituição de ensino.

Ademais, os kits devem ser transportáveis, isto é, pequeno o suficiente para facilitar a logística do material de modo seguro.

Neste sentido vale destacar o trabalho realizado pela física Rebeca Reck no desenvolvimento do kit acessível para engenharia elétrica, denominado pela autora como “*Affordable Kit*” Reck (2015). Neste projeto a pesquisadora propôs um material mínimo e suficiente para realização das práticas experimentais com qualidade de dados com apenas \$125 dólares, apresentado na figura 5.

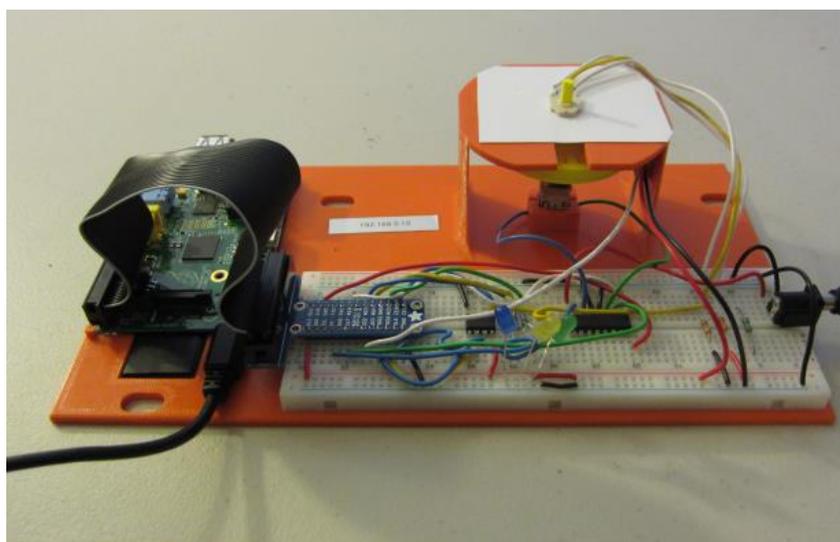


Figura 5– Kit desenvolvido pela engenheira Rebeca Reck. Fonte: Reck, R 2015.

⁶ <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v63n1/a22v63n1.pdf> - acessado em 19-07-2019

⁷ <http://www.sibox.com.br/novo/> - acessado em 19-07-2019

Também é importante destacar a questão do material didático para suporte ao estudante. Como nos laboratórios experimentais realizados nos campi universitários, é essencial que os estudantes tenham acesso a manuais de uso e referenciais teóricos para desenvolver as práticas experimentais.

Adiante, algumas experiências são descritas em universidades como o caso da Universidade de Athabasca (Canadá) e o caso nacional da UNINTER – Universidade Internacional (Curitiba).

3.4 Os HomeLabs na Universidade de Athabasca

A Universidade de Athabasca está localizada no principado de Alberta ao norte do Canadá. Esta universidade, desde o final dos anos 90, vêm formatando seu curso para o ensino à distancia Al-Shamali e Connors (2007).

Neste sentido, os cursos experimentais de física foram adaptados para o formato EaD com o desenvolvimento do HomeLabs.

Os HomeLabs são os kits experimentais que são fornecidos aos estudantes matriculados nos cursos de engenharia, física e outros cursos de ciências exatas, como destaca Connors (2004).

As práticas experimentais HomeLab possuem um manual de instruções de Física 1. Elas foram colocadas em prática em 1997, passando por adaptação em 2004 e 2008. Atualmente, a versão 2.3 do manual utilizada é de 2012⁸.

⁸ http://science.athabasca.ca/Labs/documents/PHYS200_Lab_Manual_v2.3.pdf acessado em 15/06/2019



Figura 6– Material fornecido no kit PHY 200 da Universidade de Athabasca. Fonte: Lab Guide Athabasca University PHYS 200, 2012

O material fornecido para os estudantes é básico, e conta com recurso tecnológico para aquisição de dados, GoMotion, como mostra a figura 6.

Esse kit tem como suporte um material didático que contém roteiros de 7 práticas experimentais, como listado na figura 7.

Experiment 1 Graphical Analysis

Experiment 2 Force Constant

Experiment 3 Kinematics

Experiment 4 Mechanical Energy

Experiment 5 Dropping and Bouncing

Experiment 6 The Atwood Machine

Experiment 7 Motion on Incline

Figura 7– Experimentos que podem ser realizados de acordo com o Manual PHYS 200, p.2.

O manual ainda traz a forma de avaliação que é feita por meio dos relatórios, que têm um peso maior na parte de análise e discussão de dados, 40% da nota.

Nota-se a ausência de recursos audiovisuais para auxiliar no processo de aprendizagem do aluno que, de forma autônoma, deverá montar o experimento, colher os dados, analisá-los e informar suas conclusões via relatório.

No entanto, há no manual um informe a respeito de dúvidas e monitoria disponível na universidade para auxiliar o aluno.

3.5 Os HomeLabs da UNINTER

O Centro Univesitário Internacional – UNINTER – começou seus cursos de graduação a distância no início dos anos 2010. A partir de um longo processo de aprovação do MEC – Ministério da Educação em 2012 a UNINTER iniciou diversos cursos e aos poucos foi aperfeiçoada sua grade curricular⁹.

A partir de 2016¹⁰, a UNINTER iniciou uma estratégia inovadora no mercado EaD nacional ao propor kits experimentais para cada estudante. Inicialmente a instituição enveredou pelos cursos de engenharia com kits de eletrônica básica.

⁹ Informações retiradas do sítio https://pt.wikipedia.org/wiki/Centro_Universit%C3%A1rio_Internacional acesso em 05/05/2019

¹⁰ Informações retiradas do sítio <https://www.baguete.com.br/noticias/25/07/2016/uninter-kits-de-eletrica-para-ead> acesso em 05/05/2019

Os kits usam nomes de cientistas famosos como por exemplo Thomas Edison e George Boole. Alguns exemplares podem ser vistos na figura 8.



Figura 8– Kits Experimentais da Uninter. Fonte: Uninter¹¹

Os kits são entregues pelo correio aos estudantes no segundo ano dos cursos de engenharia presenciais e na modalidade de educação a distância. Cada maleta tem todos os componentes eletrônicos que o universitário irá usar durante o período do curso.

A forma de interação das práticas experimentais, fórum de dúvidas e entrega de relatório é feita via sistema de gestão nos cursos EaD e pelos professores no formato presencial.

Neste sentido, não foram encontrados relatos ou evidências de interações com uso de metodologias PBL ou com relatórios em outros formatos, senão o tradicional relatório de práticas experimentais.

Assim, encerramos o capítulo no qual exploramos um pouco do que a literatura científica nos apresenta a respeito do uso de novas tecnologias em atividades laboratoriais.

Adiante vamos apresentar as metodologias que foram utilizadas nesta pesquisa para tornar mais claro o processo de investigação realizado no decorrer dos anos de 2016 a 2019.

¹¹ A lista dos kits pode ser encontrada no site da Uninter: <https://www.uninter.com/noticias/alunos-de-engenharia-da-uninter-receberam-kits-praticos-da-profissao> (acessado em 08/05/2019)

4 Metodologia

4.1 Introdução

Nesta seção apresenta-se cada uma das metodologias aplicadas e descreve-se como foi o processo de concepção, desenvolvimento e resultado de cada uma das três propostas investigadas nesta pesquisa.

Durante os anos de 2016 a 2019 foram implementados três projetos em disciplinas laboratoriais do curso de engenharia do ITA.

O primeiro projeto, denominado PBL no laboratório de física, teve duração de 2 anos. Este projeto foi aplicado em duas turmas completas de alunos do 2º ano de engenharia na disciplina LABFIS26. Cada turma possui 120 alunos.

O segundo projeto, denominado Laboratório Remoto de Radiações Ionizantes teve duração de 1 semestre e foi aplicado com 8 alunos da pós-graduação em ciências tecnológicas espaciais.

O terceiro projeto, denominado Biblioteca de Experimentos teve duração de 2 anos e foi aplicado em semestres ímpares com 50 alunos na disciplina do 2º ano de engenharia LABFIS26.

Abaixo a tabela 3 apresenta cada um dos projetos realizados com os respectivos prazos de duração, disciplina realizada e número de alunos atingidos.

Tabela 3 – Tabela dos projetos aplicados nos cursos de engenharia do ITA.

Projeto	Disciplina	Período	Alunos
PBL no Laboratório de Física	LABFIS 26	Março de 2017 a Dezembro de 2018	240 alunos
Laboratório Remoto de Radiações Ionizantes	TE 235	Março a Junho de 2018	8 alunos
Biblioteca de Experimentos	LABFIS 26	Março de 2018 a Junho de 2019	20 alunos

Nas próximas seções, 4.2 e 4.3 apresenta-se um pouco das características das disciplinas LABFIS 26 e TE-235 e, adiante, como foram realizados os projetos.

4.2 Características gerais das disciplinas LABFIS26

Os conteúdos de LABFIS26 fazem parte da disciplina FIS26, conhecida nos cursos das engenharias como Física 2.

A sua ementa é apresentada a seguir:

FIS-26 - MECÂNICA II. Requisito: FIS-15 e FIS-16. Horas Semanais: 4H. Dinâmica do corpo rígido: centro de massa, momento de inércia, energia, equação do movimento de rotação, rolamento, movimento giroscópico. Movimento oscilatório: dinâmica do movimento harmônico simples; pêndulos, osciladores acoplados, oscilações harmônicas, oscilações amortecidas, oscilações forçadas e ressonância. Movimento ondulatório: ondas em cordas, ondas estacionárias, ressonância, ondas sonoras, batimento, efeito Doppler. Gravitação. Introdução à Mecânica Analítica: trabalho virtual, equação de D'Alembert, equações de Lagrange, princípio de Hamilton e equações de Hamilton. Bibliografia: Hibbeler, R. C., Dinâmica: Mecânica para Engenharia, 12^a ed., Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2011; Nussenzveig, H. M., Curso de Física Básica, Vols 1 e 2, 5^a ed., Edgard Blücher, São Paulo, 2013; Arya, A. P., Introduction to Classical Mechanics, 2a.ed., Prentice Hall, New York, 1997.

O conteúdo das atividades de laboratório da disciplina pode ser visto na íntegra no catálogo disciplinar do aluno do ITA. Temos na figura 9 um excerto deste catálogo.

Área do laboratório: 189 m ²	
Capacidade do laboratório: 32 alunos	
Infraestrutura material para realização dos experimentos:	
Indeterminação Intrínseca (conjunto de dados)	Pêndulo cônico
Calibração de uma escala milimetrada	Deflexão de barras engastadas
Cálculo da massa específica de uma barra de metal (régua, paquímetro, micrômetro e balança)	Torção de barras cilíndricas
Movimento de uma esfera metálica imersa em óleo (trena, cronômetro)	Módulo de Young
Simulação do decaimento radioativo de núcleos (Cubos)	Termômetro de gás a volume constante
Cálculo da aceleração de um movimento de carros em um trilho de ar	Dilatação linear
Movimento de projéteis	Tensão superficial
Cinética da rotação	Escoamento de fluidos
Pêndulo simples	Viscosímetro de Searle
Lei de Hooke	Dinâmica de rotação
Momento linear	Raio de giração
Energia mecânica	Pêndulo composto
	Pêndulo em forma de anel
	Pêndulo balístico
	Pêndulo de torção

Figura 9 – Trecho do Catálogo de disciplinas do ITA de 2019¹². Fonte: Catálogo do ITA, p.48.

¹² Disponível no sítio http://www.ita.br/sites/default/files/pages/collection/ITA-CG-2019_1.pdf acesso em 10/06/2019.

Os experimentos apresentados em maioria encontram-se disponíveis no laboratório de física do ITA. No entanto, experimentos como escoamento e viscosímetro encontram já fora de uso por falta de manutenção.

4.3 Características gerais das disciplinas TE-235

Nesta seção discutiremos a respeito da ementa das disciplinas TE – 235 - Monitoração da Radiação Ionizante do Ambiente.

Esta disciplina faz parte das disciplinas necessárias para cumprir créditos na pós-graduação do Centro de Tecnologias Espaciais do IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço. Sua duração semanal é de 2 horas e contempla além de conteúdo teórico, aulas experimentais de radiação ionizante.

Adiante apresentaremos sua ementa que pode ser lida na íntegra no sítio do IAE¹³.

TE – 235 - Fundamentos físicos da radiação ionizante. Tipos de radiação ionizante (alfa, beta, gama, nêutrons e múons). Medidores de radiação (fótons e partículas). Práticas de laboratório: coletas de contagens de radiação ionizante com detectores proporcionais. Estatística de contagens de radiação ionizante. Análise de séries de tempo contagem de radiação; análise espectral de séries de tempo. Fontes naturais de radiação ionizante (geologia, atmosfera). Séries de decaimento radioativo do urânio, tório e rádio. Práticas de laboratório: Medidas de radiação com um analisador multicanal. Correlação entre variação de radiação ionizante e parâmetros meteorológicos. Instrumentos meteorológicos (pluviômetros, detectores de campo elétrico, radiômetros). O problema do radônio no ambiente e sua medição. Práticas de laboratório: Observação da variação no ambiente com um cintilador de NaI(Tl) e Geiger. Múons e raios cósmicos. Medição de radiação cósmica via múons omnidirecionais. A aplicação de recursos da web para a monitoração em tempo real da radiação no ambiente.

Na última linha da ementa é descrita a aplicação de recursos da web para monitoração em tempo real da radiação no ambiente. E exatamente neste ponto que atuamos nesta pesquisa com o laboratório remoto de radiações ionizantes.

¹³Disponível em http://www.ieav.cta.br/CPPG_IEAv/up/TE-235_Monitoracao%20da%20Radiacao%20Ionizante%20do%20Ambiente.pdf acessado em 10/05/19.

A seguir apresenta-se e descreve-se como foi o processo de interação com os estudantes da pós-graduação na realização das atividades experimentais.

5 O Laboratório Remoto WebLab 2.0

O laboratório remoto de radiação ionizante faz parte de um projeto maior do LPECT – Laboratório de Pesquisa em Educação Científica e Tecnológica.

Uma das frentes de atuação do LPECT são os laboratórios remotos, denominados Weblabs.

Diversas universidades e centros de pesquisa no mundo têm feito pesquisas e desenvolvimento de laboratórios de acesso remoto. Simão *et al.* (2014) discute a utilização de experimentação remota no ensino médio como sendo eficaz no processo ensino-aprendizagem.

Importante destacar que Jing Ma e Jeffrey Nickerson *et al.* (2006) comparam os laboratórios de acesso remoto a laboratórios convencionais e simuladores, evidenciando sua praticidade e grande potencial de aprendizagem, uma vez que os custos de manutenção e espaço físico são muito reduzidos quando comparados com os laboratórios convencionais e os dados são reais, se comparados aos resultados idealizados dos softwares de simulação.

Os laboratórios remotos vêm com o objetivo de associar um experimento real, como o desenvolvido nos laboratórios presenciais, a um ambiente on-line, utilizado nos laboratórios virtuais. Eles aparecem como uma alternativa interessante, pois podemos construir vários experimentos de ciências e compartilhá-los com diversas instituições de ensino, reduzindo o custo e auxiliando professores e alunos no processo de ensino-aprendizagem, sendo necessário que a instituição de ensino possua apenas computadores com acesso à internet (SIEVERS *et al.*, 2007).

O WebLab 2.0¹⁴ foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Física, na área de Física Atômica e Molecular, sob orientação do Prof. Dr. José Silvério Edmundo Germano.

O WebLab 2.0 atualmente conta com os seguintes experimentos de acesso remoto:

- i) Data Logger
- ii) Espectrometria
- iii) Galvanômetro
- iv) Esteira Geiger

O WebLab 2.0 visa levar ao alcance, de quem não possui um laboratório presencial, experimentos de qualidade, altamente confiáveis e materiais didáticos que suportam as atividades práticas, como artigos, simulações e material audiovisual.

¹⁴ www.laboratorioremoto.com.br/weblab2.0 Acessado em 18-07-2019

O uso do WebLab pode ser feito gratuitamente por qualquer pessoa e todo material educacional está totalmente disponível para ela, sem qualquer limitação ou pré-requisitos. Este projeto propõe levar a todos a oportunidade de aprender cada vez mais, e de uma maneira totalmente dinâmica.

A estrutura física do WebLab encontra-se localizada Instituto Tecnológico da Aeronáutica, Departamento de Física - Divisão de Ciências Fundamentais e começou a ser desenvolvida em 2012 com pouca eletrônica embarcada e modelos simples.

Todavia esse movimento foi essencial para iniciar uma nova frente de atuação em Ensino para o grupo de pesquisa LPECT.

Temos um diagrama explicativo da estrutura de funcionamento do laboratório remoto, como mostra a figura 10.

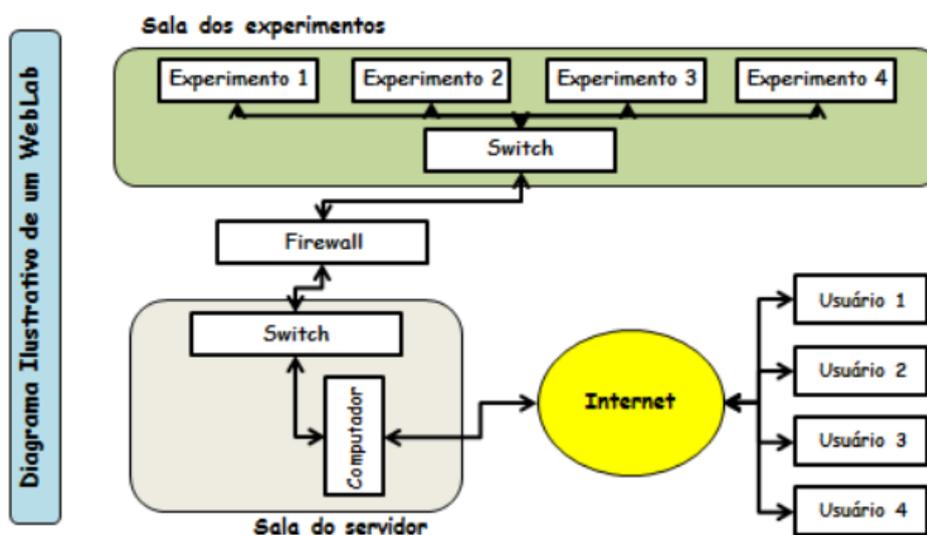


Figura 10 - Diagrama ilustrativo do WEBLAB. Fonte: O autor

Mais adiante, em meados de 2017, o sistema de gestão online passou por uma evolução tecnológica, contendo sessões onde os estudantes têm acesso a materiais didáticos instrucionais como pdfs, simuladores virtuais e video aulas.

Essa síntese evolutiva pode ser vista no diagrama conceitual da figura 11.

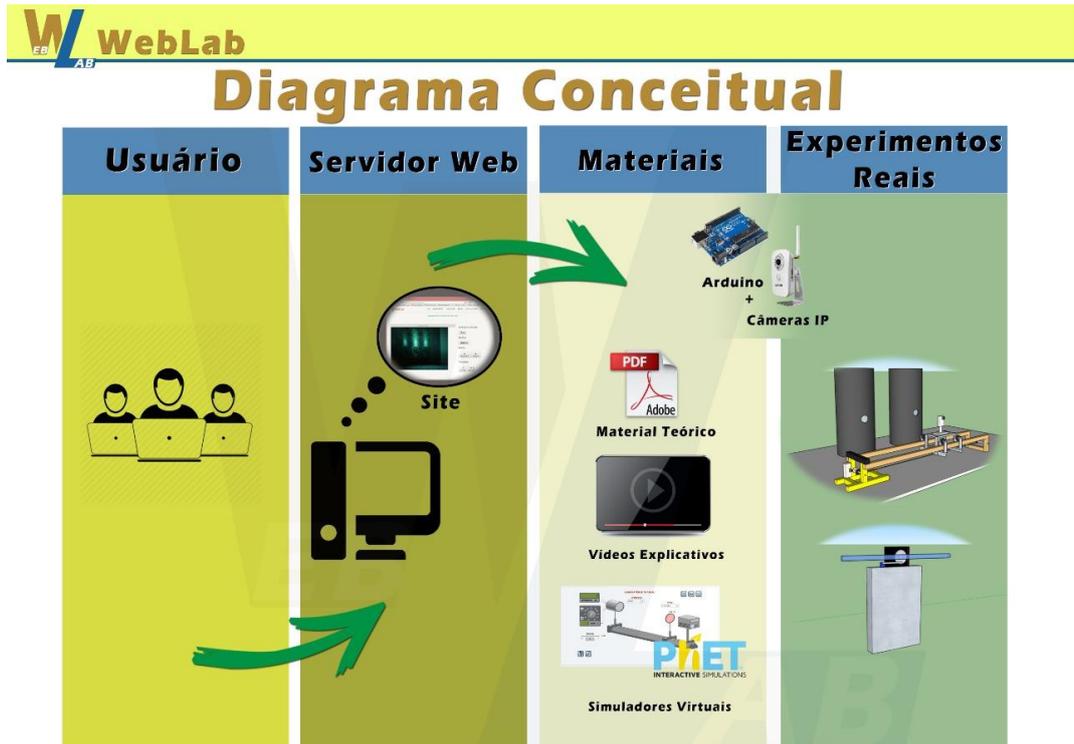


Figura 11 – Diagrama conceitual do WEBLAB após a sessão de materiais digitais.
Fonte: O autor

Finalmente, após estudo, amadurecimento e sinergia na área da educação online, houve um modelo de negócio implementado para formalizar como uma plataforma de gestão de ensino laboratorial remoto, o WEBLAB 2.0, de acordo com a figura 12.

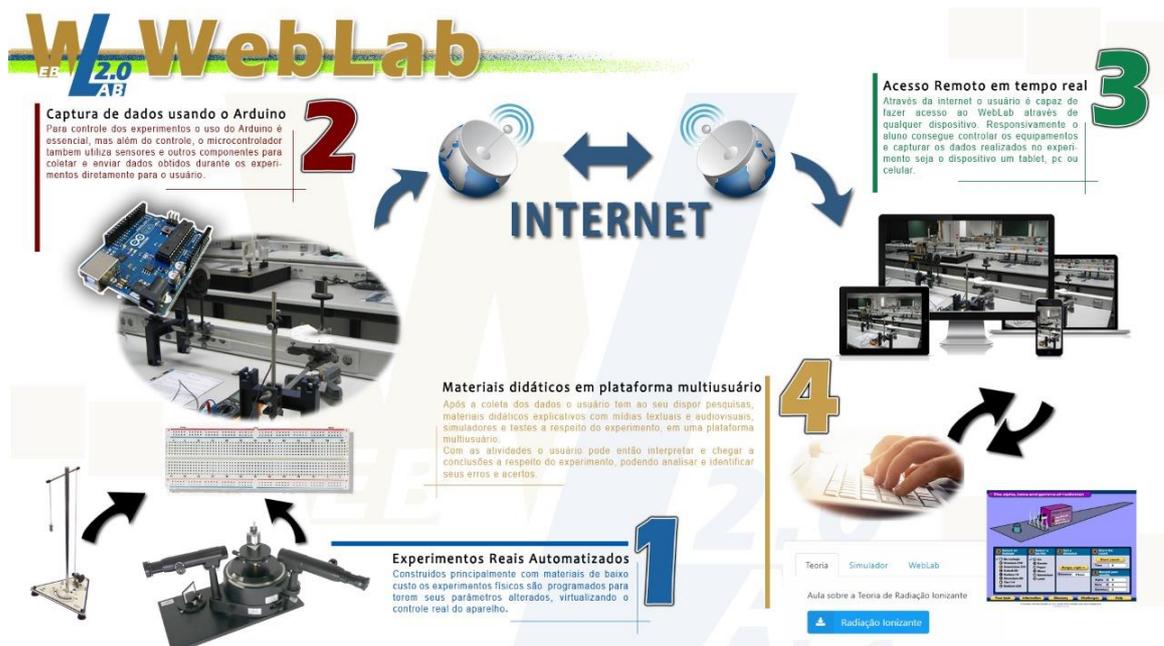


Figura 12 – Diagrama conceitual do WEBLAB 2.0. Fonte: O autor

Dentro dos experimentos apresentados vamos focar no experimento IV denominado Esteira Geiger.

5.1 Laboratório remoto IV - Esteira Geiger

Para desenvolvimento deste laboratório remoto, foi realizado um estudo da melhor forma de aquisição de dados de radiação ionizante a partir da eletrônica existente no ITA:

- I. Geiger com tubo Russo – CTC 6
- II. Geiger com tubo Chinês

5.1.1 Geiger Russo

No primeiro teste o geiger russo foi montado na torre do IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço, localizado no ITA, para aquisição de dados durante um longo período, afim de estudar estabilidade, variações e ruídos, dentre outros fenômenos passíveis de interferência temporal, como mostra a figura 13.



Figura 13 – Geiger com tubo Russo no datalogger instalado na torre do IAE – Fonte: O autor

A Figura 14 apresenta os dados gerados pelo geiger russo durante um período de tempo. A contagem da radiação é dada em CPM (*Counts Per Minute*).

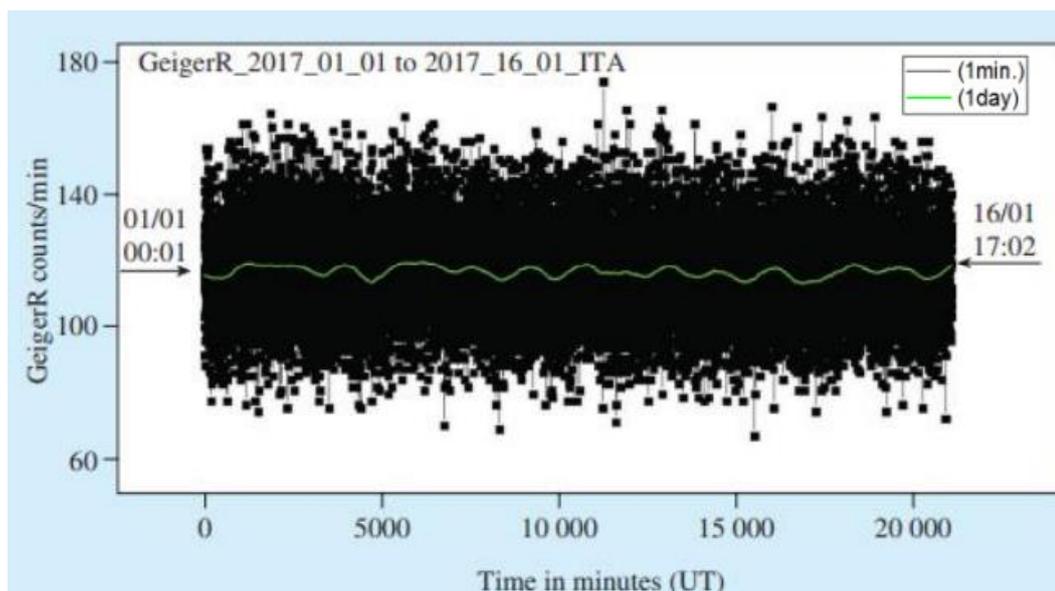


Figura 14 – Dados do geiger Russo durante 15 dias ou 20000 minutos – Fonte: (SILVA *et al*, 2017)

Nos testes realizados percebemos uma variação dia/noite que pode ser caracterizada pela curva verde no centro da figura 14. Ademais, percebemos em testes que há uma estabilidade de aquisição de dados do geiger Russo.

É importante destacar que a principal função de um geiger é medir a dose de radiação ambiental à qual os seres humanos são expostos. Desta forma, a partir das contagens por minuto é possível realizar uma conversão para dose de radiação ambiental (aproximadamente 0.0057 CPM corresponde a $1 \mu\text{S}\cdot\text{h}^{-1}$).

O montante encontrado na figura 14 corresponde a aproximadamente $25\mu\text{S}\cdot\text{h}^{-1}$ de dose de radiação ambiental. Os seres humanos podem ser expostos anualmente a $5\text{mS}\cdot\text{h}^{-1}$. Mais detalhes podem ser vistos do quadro de dose de radiações¹⁵.

5.1.2 Geiger Chinês

No segundo teste verificamos a eletrônica do geiger chinês. Este geiger apresenta uma construção bem simples, o que permite aplicações em diferentes ambientes.

Além disso, este eletrônico tem um custo reduzido se comparado com medidores geiger americanos e alemães. O custo deste geiger ficou em torno de R\$ 178,00 a unidade¹⁶,

¹⁵ https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9f/Exposure_chart-XKCD.svg - acessado em 19-07-2019.

¹⁶ <https://www.ebay.com/p/DIY-Assembled-Radiation-Detector-Geiger-Counter-Kit-Nuclear-Beta-Gamma-Ray-C/26005336243?iid=401288225001> – acessado em 19-07-2019.

ao passo que os de origem norte-americana e alemã estão próximos de R\$ 1.229,00¹⁷. A figura 15 apresenta a montagem realizada e o sistema de aquisição de dados.

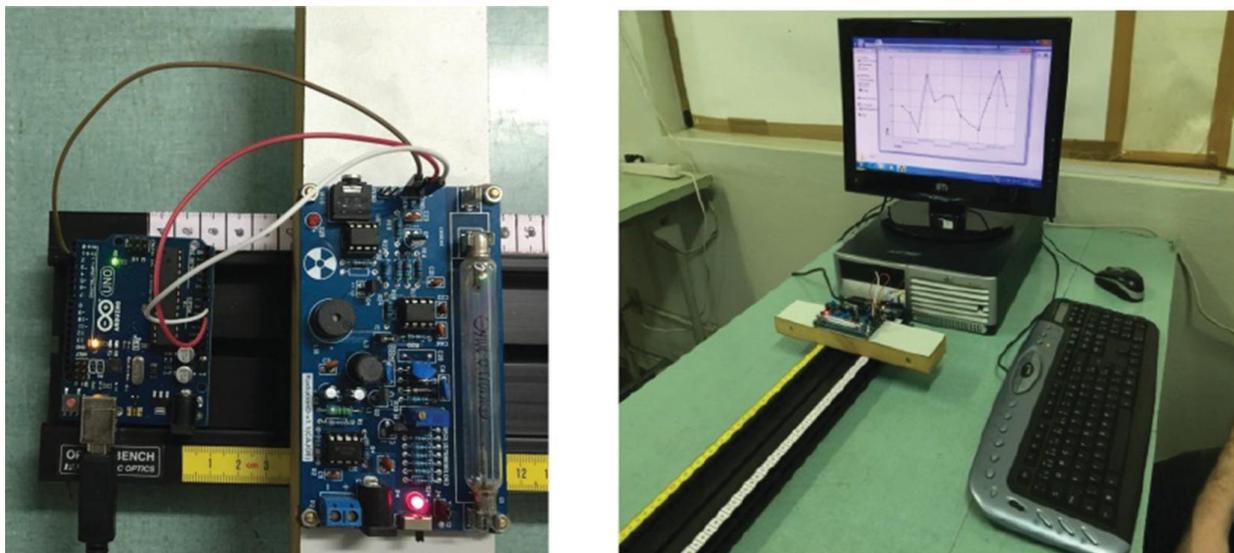


Figura 15 – Geiger Chinês à esquerda. À direita temos o sistema montado no laboratório de eletrônica da Divisão de Ciências Fundamentais do ITA. Fonte – O autor

A figura 16 apresenta um gráfico onde temos no eixo y os dados de CPM - Counts Per Minute e no eixo x o tempo em minutos; o fit linear para verificar a variação temporal apresentada no período dia/noite está no centro do gráfico na cor verde. As medidas foram realizadas de 01 de janeiro de 2017 a 16 de janeiro de 2017 no laboratório de eletrônica do ITA.

¹⁷ <https://www.ebay.com/itm/NEW-GCA-07W-Digital-Geiger-Counter-/153444506176> - acessado em 19-07-2019.

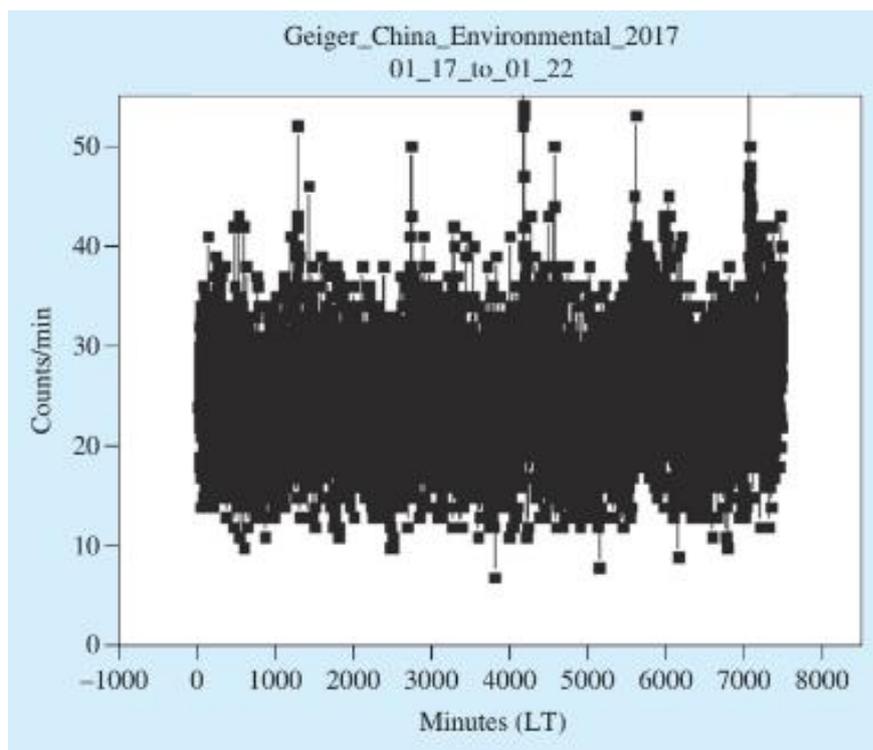


Figura 16 – Gráfico do geiger Chinês: Aquisição da radiação ionizante durante um longo período de tempo (8000 minutos) ou 6 dias. Fonte: (SILVA *et al*, 2017)

5.2 Weblab – Automação dos sensores de Radiações Ionizantes

A partir dos testes de calibração realizados com o geiger Russo e o geiger Chinês podemos chegar à conclusão que o geiger Chinês possui boa eletrônica por apresentar estabilidade na tensão fornecida $\sim 400V$ e também por ter comunicação de dados via usb, o que permite automatizar o acesso aos dados.

Dentro desse cenário, foi desenvolvida a automação da experiência com a finalidade de construir um experimento de radiação acessível para os estudantes e professores 24 horas por dia, 7 dias por semana. A seguir apresentamos o processo de automação e de integração com a plataforma web.

5.2.1 Construção da esteira automatizada

Com a proposta de criar uma atividade didática, concebemos uma esteira com um fuso guia para aproximar e afastar uma amostra educacional de Césio 137. Esta esteira pode ser vista na figura 17.

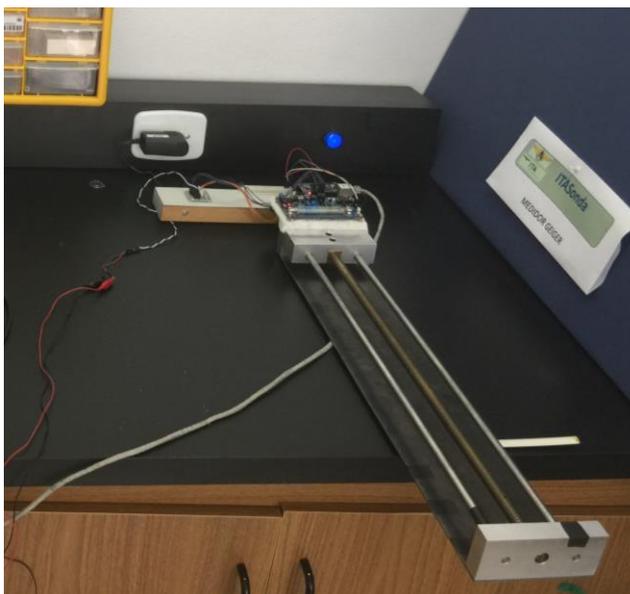


Figura 17 – Esteira automatizada: Vista superior mostra a esteira com o geiger em uma das extremidades. A amostra pode variar de 0 a 60 cm. Fonte: O autor

A partir da montagem e testes experimentais com a esteira, foi realizado o processo de integração à web. Para isso, foi construída uma página web para interação com o usuário.

Na figura 18 temos a página de acesso da plataforma onde estão os experimentos remotos.



SISTEMA DE GERENCIAMENTO DOS EXPERIMENTOS

Para ter acesso aos experimentos faça seu login:

Email Senha

Primeiro Acesso como aluno | Entrar como Visitante

Entrar no Sistema de Gerenciamento

Figura 18 – Plataforma web: O sistema pode ser acessado por meio do link www.laboratorioremoto.com.br/weblab2.0 Fonte: O Autor

Ao acessar, o usuário tem na lateral esquerda o menu de navegação, no qual na segunda opção pode escolher “Experimentos” na opção “Física”. Depois, novamente na segunda opção, aparece “Esteira Geiger”, como mostra a figura 19.

Lembra-se que qualquer usuário pode acessar como visitante este site e conhecer a plataforma em sua essência.

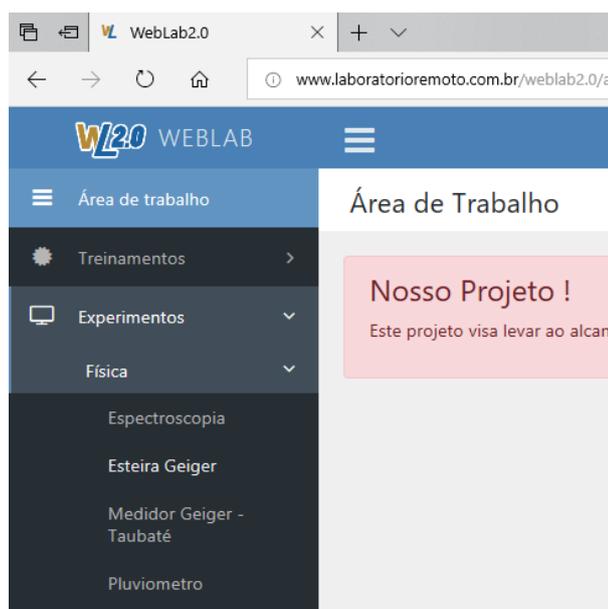


Figura 19 – Menu de acesso do laboratório remoto de radiações ionizante denominado “Esteira Geiger”. Fonte: O Autor

5.3 Atividade proposta

Nesse capítulo foi apresentado o desenvolvimento de uma esteira automatizada e integrada à web do experimento de radiações ionizantes. Com isso, foi possível medir a relação de intensidade de radiação com o inverso do quadrado da distância. Também mostramos que a plataforma web está disponível para uso de professores e alunos 24 horas por dia, 7 dias por semana.

Ao final desse processo, publicou-se um artigo referente ao desenvolvimento do mesmo na revista *Physics Education*. (SILVA *et al*, 2017).

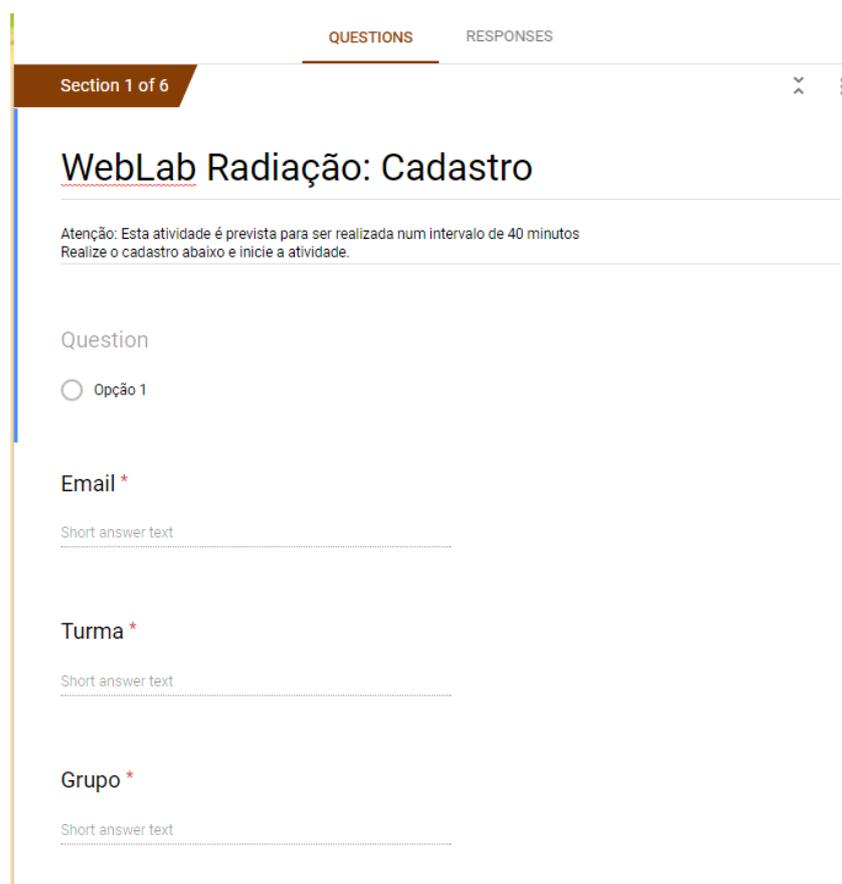
Para esta atividade no formato remoto, criou-se uma sequência didática na plataforma Google Classroom.

Alguns resultados recentes mostram que aplicações do Google Classroom em sala de aula tem uma efetividade relativamente alta, na medida em que há internet e smartphones com mais qualidade e acessibilidade¹⁸.

¹⁸ <https://teachingforward.net/improved-teacher-experience-with-google-classroom/> acessado em 18-05-2019.

Com isso, adiante, foi estruturada uma sequência de atividades montada com o seguinte formato:

1. Pré-teste com 6 questões.
2. Uso de um simulador virtual de radiação ionizante.
3. Atividade Experimental com o Laboratório Remoto.
4. Pós-Teste com 6 questões.



The screenshot shows a Google Classroom interface for an activity titled "WebLab Radiação: Cadastro". At the top, there are tabs for "QUESTIONS" and "RESPONSES". Below the title, a warning message states: "Atenção: Esta atividade é prevista para ser realizada num intervalo de 40 minutos. Realize o cadastro abaixo e inicie a atividade." The activity is categorized as a "Question" type. It includes a radio button for "Opção 1". There are three required text input fields: "Email *", "Turma *", and "Grupo *", each with a "Short answer text" label and a dotted line for input.

Figura 20 – Atividade desenvolvida no Google Classroom para realização do experimento de Radiações Ionizantes. Fonte: O autor.

5.4 Conhecendo as atividades propostas

Na seção 5.4, apresentamos a sequência de atividades desenvolvidas no Google Classroom e a tela inicial, na qual o aluno/professor realiza o cadastro para iniciar a atividade. Nesta seção vamos apresentar cada uma das telas seguintes com as respectivas atividades.

5.4.1 Conhecendo o experimento

Na segunda sessão de atividade temos um link para um vídeo no Youtube disponível no link <https://www.youtube.com/watch?v=O1giD45bAxM> , conforme apresentados na Figura 21



Tutorial de Funcionamento - WEBLAB ITA - GEIGER

Figura 21 – Vídeo com a explicação de como funciona o experimento. Fonte: O autor

5.4.2 Pré-Teste

Na terceira sessão temos uma atividade de pré-teste com 12 questões teóricas acerca do tema de radiação ionizante conforme apresentado na Figura 22. O questionário completo está no Anexo deste trabalho.

Section 3 of 6

Pré - Teste

Nesta seção responda o questionário de 6 questões sobre conceitos de radiação. Lembre-se ao todo você tem 40 minutos para realizar a prática.

Dentre as fontes descritas a seguir qual (quais) fornece (fornecem) maior radiação ionizante *

- Polônio
- Chumbo
- Ambiente
- Chumbo e Polônio
- Césio
- Other...

Como você descreveria radiação ionizante?

- Possui íons livres para polarizar os átomos
- Possui energia suficiente para ionizar os átomos e moléculas com as quais interagem.
- Não possuem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos
- Tem poder de quebrar moléculas e ligações químicas.

Figura 22 – Questionário com 12 questões no Google Classroom. Fonte: O autor

A estratégia de aplicar um pré-teste antes de realizar o experimento é para saber a respeito dos conteúdos prévios do aluno.

5.4.3 Repositório de arquivos e simuladores

Na quarta tela temos um repositório com arquivos de texto e simuladores virtuais acerca do tema de radiação ionizante conforme apresentado na Figura 23.

Section 4 of 6

Material didático: Simuladores e Teoria

Nesta seção vocês poderão ter contato com simuladores virtuais para entender melhor o funcionamento de um medidor geiger

Lembre - se que você tem 40 minutos para realizar toda essa atividade

Link para o simulador

<http://www.scootle.edu.au/ec/viewing/L45/index.html>

Link para o material didático

<https://drive.google.com/file/d/0B9wUWYwE8nUncXZqaEpTbS1Qd1E/view?usp=sharing>

Figura 23 – Repositório de arquivos texto e simuladores no Google Classroom. Fonte: O autor

5.4.4 Prática Experimental

Na quinta sessão tem-se o link para os estudantes acessarem o weblab radiações ionizantes, conforme apresentado na Figura 24.



Figura 24 – Acesso ao experimento remoto no Google Classroom. Fonte: O autor

5.4.5 Pós – Teste

Na sexta e última sessão tem-se o pós – teste com questões mistas, teóricas e aplicadas. Após realizar o experimento os alunos respondem ao questionário final conforme apresentado na Figura 25.

Section 6 of 6

Pós - Teste

Nesta seção responda o questionário de 6 questões sobre conceitos de radiação
Há um espaço (Questão 7) para incluir o gráfico comparativo das amostras realizado na prática do experimento WebLab Radiação. Fazer upload da imagem do gráfico ou arquivo xls e uma breve explicação do que observou na prática

Lembre-se ao todo você tem 40 minutos para realizar a prática

Como você descreveria radiação ionizante?

- Possui íons livres para polarizar os átomos
- Possui energia suficiente para ionizar os átomos e moléculas com as quais interagem.
- Não possuem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos
- Tem poder de quebrar moléculas e ligações químicas.
- É uma radiação de baixa energia que interagem com qualquer tipo de corpo.
- Other...

Qual(ais) da(as) alternativa(as) abaixo você julga ser um tipo de radiação?

- Raio - X
- Ondas Sonoras
- Micro-ondas

Figura 25 – Acesso ao questionário de pós-teste no Google Classroom.

No Google Classroom, ao final da prática, tanto o professor, quanto o aluno têm o resultado final de acertos e erros. Isso pode funcionar como uma excelente estratégia de gestão, bem como para melhorar o estudo nos pontos que os alunos possuem maior índice de erro.

5.5 Conclusão parcial

Apresenta-se nesta seção os resultados obtidos com a aplicação de uma proposta didática para o curso de pós-graduação em ciências e tecnologias espaciais - CTE. A eficiência da intervenção didático-pedagógica foi medida usando os parâmetros de tamanho do efeito de Cohen e o ganho educacional $\langle g \rangle$.

Todos os cálculos podem ser vistos em profundidade numa série de vídeos produzidas para interpretar e entender melhor a estatística quantitativa deste trabalho (https://www.youtube.com/watch?v=D6C4J54_8Kk&list=PLO3KZLETOaykNtXWFokqWq

[qZuRS_35aF4](#)). Nesta série de cinco vídeos, temos no vídeo 3 a explicação detalhada dos cálculos do ganho educacional e do d de Cohen.

O ganho educacional pode ser calculado a partir das notas de pré e pós-teste, a partir de uma média das notas, como mostra a equação 1.

$$\langle g \rangle = \frac{N_{\text{pós}} - N_{\text{pré}}}{N_{\text{máx}} - N_{\text{pré}}}$$

Equação 1 – Equação para cálculo do ganho educacional.

Na equação 1 temos $N_{\text{pós}}$ que é a nota do aluno no pós-teste, $N_{\text{pré}}$, que é a nota do aluno no pré-teste e $N_{\text{máx}}$ que é a nota máxima que o estudante pode obter na atividade.

Para mensurar o conhecimento agregado, pode-se também utilizar o ganho educacional, proposto por Gery (1972), no qual o cálculo do ganho de aprendizagem pode ser medido como uma variável dependente das médias obtidas.

Os valores deste ganho foram analisados por Hake (1998, 2002) que classificou os seus valores como 0,30 baixo; 0,3 até 0,7 médio e acima de 0,7 alto, como mostra a tabela 4.

Tabela 4 – Escala da metodologia estatística g (ganho educacional). Fonte: Hake (1998, 2002)

Baixo	Médio	Alto
$g < 0,30$	$0,30 < g < 0,70$	$g > 0,70$

Outra estatística utilizada para analisar o efeito da metodologia aplicada, isto é, o laboratório remoto, temos o d de Cohen.

O tamanho do efeito d de Cohen foi determinado em cada uma das turmas, onde foram utilizadas diferentes estratégias didático-pedagógicas.

O coeficiente d de Cohen é usado para estimar o tamanho do efeito da intervenção fornecida pelos participantes de um grupo experimental (FREITAS-LEMES, 2017 apud COHEN, 1977; HALLAHAN et al., 1996).

A equação 2 mostra como é realizado o cálculo deste coeficiente.

$$d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{(N_1 - 1)s_1^2 + (N_2 - 1)s_2^2}{N_1 + N_2}}}$$

Equação 2 – Equação para o cálculo do d de Cohen.

Onde M1 e M2 são as médias dos alunos no pré e pós teste, N1 e N2 o número de alunos que realizaram o pré e pós teste e s1² e s2² os desvios padrões do pré e pós teste.

Para ajudar a entender os resultados obtidos, Cohen (1977) mensurou alguns valores para determinar o tamanho do efeito provocado por uma intervenção como sendo um $d < 0,5$ considerado pequeno, $0,5 \leq d < 0,8$ considerado médio e $d > 0,8$ considerado grande. Em uma escala mais detalhada, pode-se adotar os resultados do tamanho do efeito d de Cohen, como explícito na tabela 5.

Tabela 5 – Escala da metodologia estatística d de Cohen. Fonte: Cohen (1977)

Insignificante	Pequeno	Médio	Grande	Muito Grande
$d < 0,19$	$0,20 < d < 0,49$	$0,50 < d < 0,79$	$0,80 < d < 1,29$	$d > 1,30$

Lindenau (2012) afirma que o tamanho de efeito é uma estatística descritiva útil e importante. Sendo assim, ele reflete as propriedades dos dados e as condições sobre as quais os dados foram coletados. Portanto, ele deve ser considerado dentro do contexto de delineamento e procedimento, além de considerar as propriedades das distribuições dos dados para as diferentes análises de resultados experimentais quantitativos e qualitativos.

O resultado individual de acerto nos pré e pós-teste pode ser visto na tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – Notas dos alunos no pré e pós-teste de Radiações Ionizantes. Fonte: O autor

Aluno	Pré-teste	Pós-teste	<g>
1	6	9	0,75
2	7	10	1
3	5	8	0,6
4	6	8	0,5
5	5	10	1
6	6	8	0,5
7	7	9	0,6
8	5	9	0,8

A partir dos dados da tabela 6 é possível afirmar que todos os estudantes conseguiram obter um ganho individual no processo de aprendizagem.

Isso mostra que a metodologia utilizada, o laboratório remoto, teve resultado positivo no que se refere ao ganho.

O d de Cohen foi de 1,07. Este valor pode ser considerado alto a partir da tabela 5. Isso mostra que o ganho educacional dos estudantes que utilizaram o experimento remoto foi considerável.

Cabe ressaltar que o número de alunos para os quais foi aplicado este laboratório é, de certa forma reduzido; todavia, outras pesquisas realizadas em outros contextos com mais estudantes corrobora esta pesquisa nos seus aspectos positivos quantitativamente e qualitativamente.

Salienta-se que no atual contexto, onde há um baixo investimento em infraestrutura para equipar adequadamente os laboratórios em todas as escolas e universidades e com a crescente expansão dos cursos de graduação à distância oferecidos pelas mais diversas universidades, o laboratório remoto pode ser uma excelente alternativa à falta de laboratórios de ciências em instituições de ensino médio e de ensino superior.

Retomando as questões desta pesquisa que buscam analisar os processos de interação e as formas de avaliação experimental, pode-se destacar do laboratório remoto os seguintes aspectos:

O processo de interação proporciona um engajamento positivo com relação à inovação tecnológica apresentada aos estudantes. Ele favorece o processo, pois permite que os estudantes possam acessar os experimentos depois do momento da aula, como foi realizado em um dos pós-testes com um dos alunos.

A colaboração é um aspecto que deve ser observado, pois a atividade realizada individualmente no computador não colabora para a interação dos estudantes entre si. Diante disso, propõe-se abrir uma aba de interação e fórum, como já existente em outras plataformas de ensino a distância como o Moodle.

A respeito do desenvolvimento do relatório, neste caso não houve. O processo de pré e pós – teste permitiu avaliar, com os ganhos e o d de Cohen, o quanto os alunos aprenderam individualmente e como um todo. Ambos os resultados foram positivos.

6 O PBL aplicado ao LABFIS26

6.1 Contextualização

O processo de formação do engenheiro passa pelas disciplinas teóricas e pelas disciplinas experimentais. É observado um comportamento mecânico dos alunos nas disciplinas de laboratório, com a produção de relatórios pobres em análise de resultados. Esse comportamento se reproduz dentro de uma estrutura de metodologias pouco ativas (AAAS, 2010; HOLMES *et al.*, 2016; BROWNELL *et al.*, 2015).

Outro ponto observado consiste na insuficiente integração entre as disciplinas teóricas e experimentais, ação necessária para maximizar os resultados de qualquer proposta de aula prática (AAAS, 2010).

Normalmente, as disciplinas experimentais são vistas em segundo plano, principalmente pelo aspecto dissociado das aulas práticas, com roteiros experimentais de ações previsíveis e atividades distantes das exigidas no mercado de trabalho.

Contudo, há um esforço de pesquisadores nacionais e internacionais no desenvolvimento de novas metodologias para o laboratório de física (SEYMOUR *et al.*, 2004; BORGES, A. 2002, KUBINOVA *et al.*, 2015; BOUQUET *et al.*, 2019).

Uma das abordagens utilizadas é o desenvolvimento do laboratório de física no ensino de engenharia com foco na aprendizagem baseada em problemas, o PBL.

Na perspectiva teórica, autores discutem a incorporação de projetos nos laboratórios de ensino de física. A proposta de desenvolver algum protótipo - e nesse processo adquirir e desenvolver o conhecimento de física - funcionou com êxito nas turmas iniciais de engenharia (MARTÍNEZ *et al.*, 2017; MITCHELL *et al.*, 2010).

É possível perceber na literatura certa tendência em favor de metodologias de ensino voltadas às práticas de laboratório didático baseadas em problemas abertos, por propiciarem benefícios educacionais como o encorajamento à imaginação, à busca da reflexão, do pensamento crítico, da mudança de atitudes, conceituais e epistêmicas e, especialmente, porque essa metodologia integra o ensino teórico e experimental, coloca os estudantes como sujeitos “ativos” ao invés de “passivos”, tanto na investigação científica quanto na resolução de problemas de papel e lápis, como aponta Laburu (2006).

Em uma revisão de literatura extensa, foi observado que há consenso entre os pesquisadores no sentido de que as atividades de laboratório aparecem como um aspecto

chave no ensino e aprendizagem de ciências, mas que devem ser situadas em um contexto investigativo, capaz de envolver os estudantes em situações problemáticas e evitando orientações algorítmicas, como comenta Carrascosa *et al.*(2006).

Na perspectiva prática muitos projetos de laboratório vêm sendo realizado com o uso da ferramenta Arduino como uma forma de aquisição de dados e como um componente eletrônico que permite realizar diversas atividades experimentais.

Existem diversas pesquisas que mostram a eficiência do Arduino como uma ferramenta barata para uso no laboratório de acordo com Hernández *et al.* (2015).

Também ressaltamos o uso do Arduino em práticas PBL, sobretudo em cursos de engenharia (ZACHARIADOU *et al.*, 2012; VERA *et al.*, 2014).

Dentro desse cenário, vamos apresentar o processo realizado no laboratório de física do ITA, com algumas práticas experimentais com o uso do Arduino como forma de aquisição de dados, dentre outras ferramentas tecnológicas como Smartphone e Softwares de simulação, como mostra a figura 18.

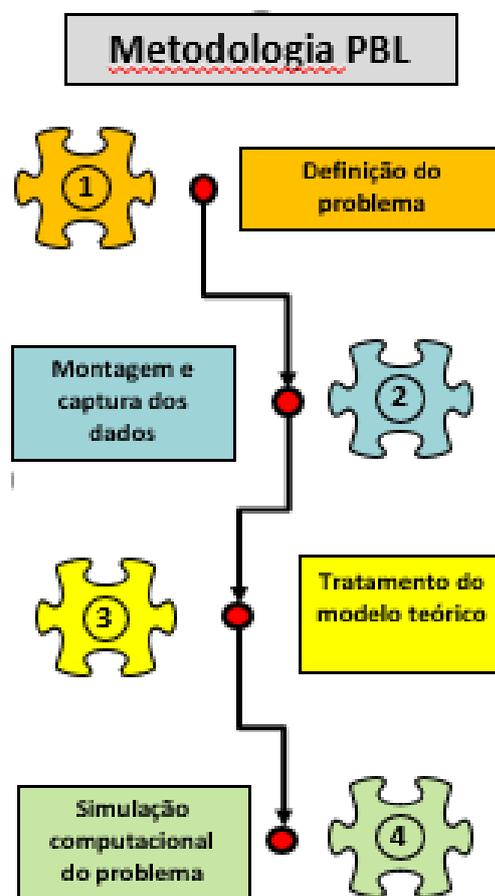


Figura 26 – Processo do PBL aplicado ao Laboratório de Física do ITA. Fonte: O autor

O processo se inicia com a definição de um problema. Os professores sugerem aos alunos, em grupos, qual problema vão trabalhar no processo experimental, a partir de questões teóricas ou propostas experimentais pré-concebidas.

O segundo passo é a montagem experimental e captura de dados, ambas realizadas no laboratório de física pelos alunos.

O terceiro passo é o tratamento do experimento comparando com a teoria. Esse processo é realizado por meio dos dados obtidos experimentalmente. Essa proposta busca proporcionar aos estudantes um pouco da vivência científica, que tem em seu cotidiano o trabalho de comparação experimental-teórica na análise de um fenômeno.

Finalmente, o último passo é transpor o experimento para uma simulação em 3D em softwares gratuitos como Algodoo.

Esta estratégia visa aproximar o aluno de novas tecnologias educacionais e permite ter um contato mais duradouro com o experimento, não se resumindo apenas à coleta de dados.

6.1 Ementa da disciplina LABFIS 26

Este conteúdo foi explorado na seção 4.2 deste trabalho.

6.2 Propostas com uso da plataforma Arduino e o software Tracker como aquisição de dados no laboratório de física

As propostas de PBL apresentadas para o laboratório de física em 2016 para os alunos do 2º ano de engenharia do ITA para a disciplina LABFIS 26 foram as seguintes:

6.2.1 Pêndulo Simples

O primeiro caso que vamos descrever foi o pêndulo simples. O pêndulo simples consiste em uma linha de massa aproximadamente desprezível, inextensível, presa à um ponto fixo em referencial inercial, em cuja extremidade está fixada uma massa sob a ação do campo gravitacional.

O conjunto linha-massa oscila então em torno da vertical com período oscilatório que pode ser calculado de forma teórica por meio da mecânica analítica, por exemplo.

Na Figura 27 tem-se a representação do pêndulo simples que será utilizada como base para o desenvolvimento do experimento que segue.

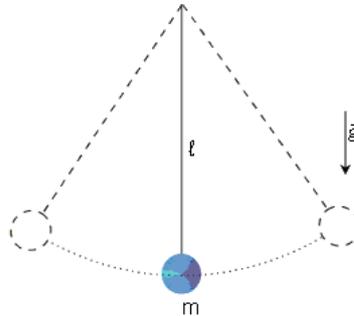


Figura 27 – Proposta de problema apresentada aos alunos.

Escolhe-se como coordenada generalizada o ângulo θ formado entre a linha do pêndulo e a vertical.

Para o experimento, foi utilizado um pêndulo com comprimento de 40 cm medidos do ponto de fixação ao centro de massa. A gravidade foi considerada como sendo $9,8 \text{ m/s}^2$.

Inicialmente, foi montado o sistema para captar o período do pêndulo por meio do sensor LDR e de um LED, que varia sua resistência com a ação luminosa. A Figura 28 mostra o circuito a ser montado.

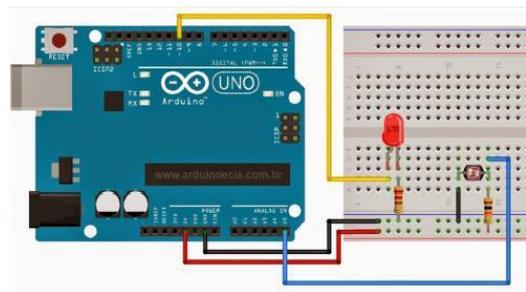


Figura 28– Representação do circuito para montagem do sistema de medição do período.

Na Figura 28, destaca-se a montagem do circuito na *protoboard*, enquanto que na Figura 29 mostra-se a montagem do mecanismo para captar a passagem do pêndulo. Como pode ser visto na Figura 30, quando o pêndulo passar, irá interromper o fluxo de luz no LDR, o que será captado pelo sensor.

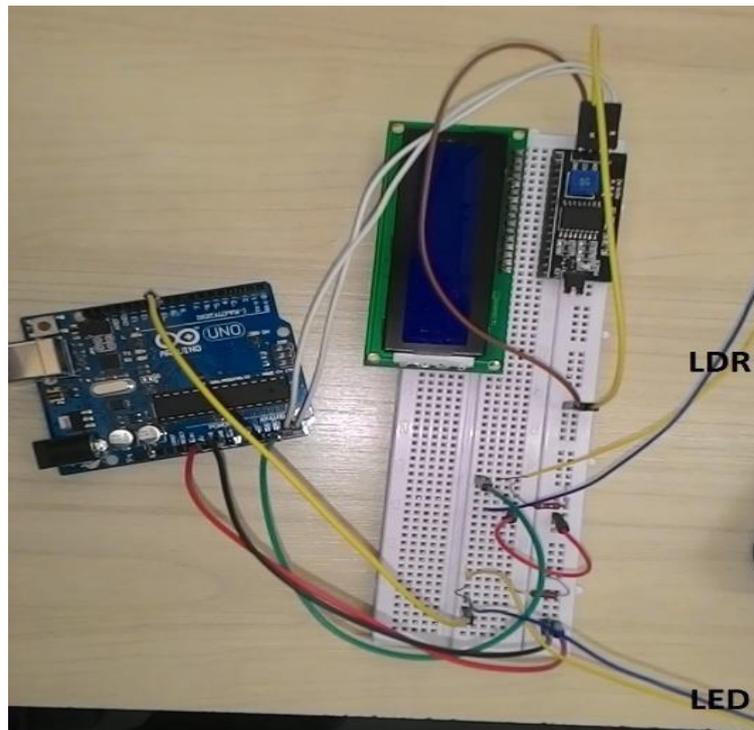


Figura 29 – Montagem do circuito.

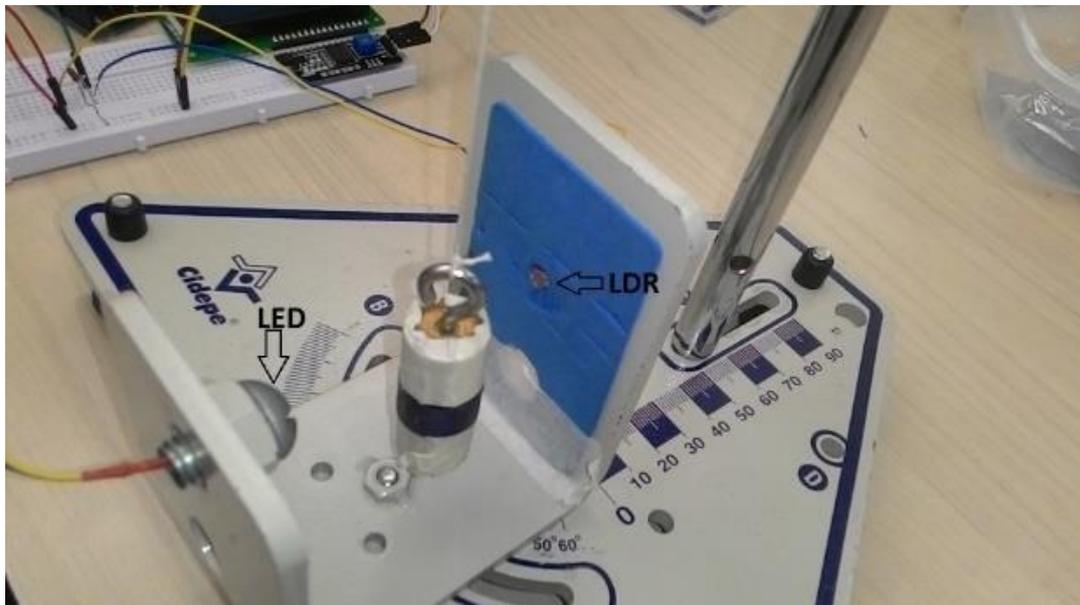


Figura 30 – Montagem do Sistema de captura contendo LED e LDR.

Após a captura de dados por meio do sistema com Arduino também foi realizada a captura com o software Tracker, permitindo a comparação de dois sistemas de aquisição de dados concomitantemente para encontrar o período do sistema.

6.2.2 Oscilações Amortecidas

A segunda atividade baseada na metodologia PBL com uso do Arduino e Tracker como sistemas de aquisição de dados teve como tema as oscilações amortecidas. Foi proposto aos alunos a seguinte montagem, com mostra a figura 31.

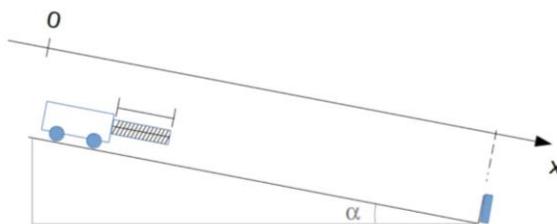


Figura 31 – Modelo sugerido aos estudantes para prática experimental. Fonte: O autor.

O sistema apresentado na Figura 31 mostra um plano inclinado com um carrinho em seu ponto mais alto. Na frente desse carrinho há uma mola que irá ao encontro de um anteparo no final da rampa.

Esse movimento é caracterizado pela perda de energia a cada impacto do carrinho no anteparo no final do plano inclinado.

O objetivo desta prática era os estudantes realizarem a montagem utilizando o Arduino para capturar informações necessárias como velocidade e posição para realizar o cálculo do coeficiente de amortecimento do sistema.

Uma montagem realizada pelos estudantes pode ser vista na figura 32, a seguir.

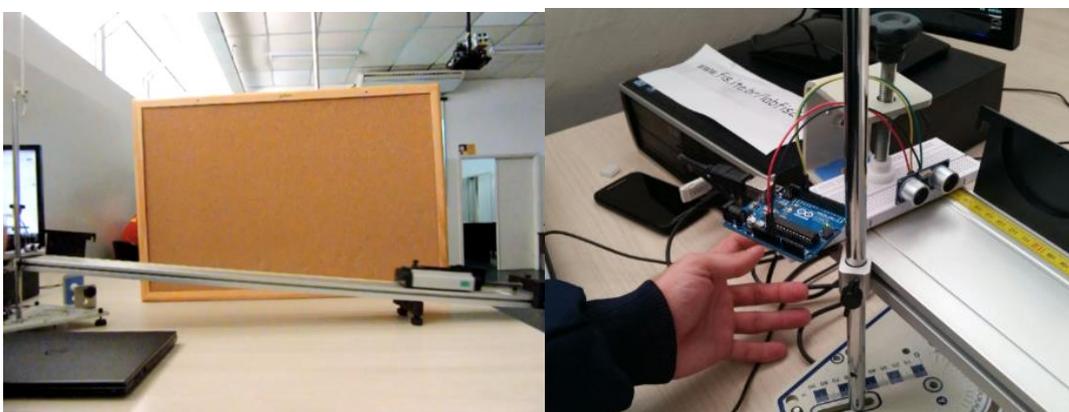


Figura 32 – Montagem realizada pelos alunos na disciplina de LABFIS26. Fonte: O autor

Estas atividades permitiram que os estudantes vivenciassem dois sistemas de aquisição modernos e distintos.

O arduino trabalha com uma base de sensores eletrônicos e também exige habilidades de programação e raciocínio lógico.

O software Tracker potencializa a aquisição de dados por meio da análise de vídeo. O software consegue capturar velocidade, aceleração e posição, dentre outras grandezas importantes para cálculos em experimentos de mecânica.

6.3 As dificuldades e aprendizados dos estudantes

No final dos relatórios produzidos pelos estudantes foi possível ver as conclusões com relação ao processo de desenvolver o experimento no formato PBL e também a imersão num novo contexto onde ele é o protagonista das ações.

Adiante, vamos apresentar algumas das dificuldades e processos de aprendizado obtidos pelos grupos transcrevendo, parcialmente, a partir dos relatórios dos alunos, o que foi vivenciado no processo:

Pêndulo Simples

Apesar das limitações do software utilizado para a análise dos dados experimentais, cuja obtenção de valores foi o objetivo deste trabalho, apresentaram valores satisfatórios perante à precisão inerente a cada equipamento de medida (câmera e Tracker).

No primeiro experimento, o caráter oscilatório do movimento de um pêndulo pode ser confirmado por meio dos gráficos experimentais. Além disso, a proximidade com um dos gráficos teóricos comprova a eficiência da experiência frente ao objetivo do estudo realizado.

No segundo e no terceiro experimentos (feitos com ângulos pequenos), pode-se observar também o caráter oscilatório do movimento e as diferenças entre os períodos ocasionadas pela diferença entre os momentos de inércia. Além disso também se observou a proximidade com a fundamentação teórica ilustrada pelas simulações do software Arduino e pelo Tracker.

Dessa forma, pela análise dos gráficos apresentados no presente relatório, conclui-se que as condições experimentais e suas posteriores análises foram suficientes para a obtenção dos dados pretendidos.

Oscilações Amortecidas:

“A partir dessa prática, a equipe aplicou e desenvolveu conhecimentos experimentais e teóricos sobre oscilações amortecidas de maneira eficiente e simples, porém devido a defeitos no código implementado, defeitos no acompanhamento quadro por quadro e o método de cálculo utilizado para o coeficiente de amortecimento ser mal condicionado, ou seja, pequenas variações em determinados parâmetros alteram bastante o resultado final (fisicamente pode ser considerado como um sistema muito sensível, necessitando de uma precisão muito grande), tornaram a obtenção de resultados em uma condição não muito satisfatória. O uso de um código que trabalhe em menores intervalos de tempo e um método mais preciso de cálculo do coeficiente são alternativas que aproximariam o resultado experimental do teórico. A conclusão a ser tirada é que a aquisição de dados por imagem não é perfeita, mas é mais aproximada do que a aquisição por meio de ultrassom (nas condições em que foi medido no experimento)”

6.4 Outras possibilidades do PBL

Outra característica que foi encontrada nas atividades do PBL é que ela permite que os estudantes desenvolvam habilidades que não estão sendo exigidas, podendo assim, dar luz a um talento ou conhecimento dos estudantes pouco explorado em disciplinas do currículo e em um sistema avaliativo engessado, isto é, baseado em provas.

Este potencial também despertou talentos em estudantes que conheciam alguma linguagem prévia.

6.5 Conclusão parcial

Dentro do processo de desenvolvimento do experimento apresentado, podemos identificar que os estudantes tiveram contato com diferentes habilidades, como propõe a referência curricular norte-americana *Recommendations for the Undergraduate Physics Laboratory Curriculum* (AAPT, 2014).

Habilidades como programação, montagem de circuitos, prototipagem e modelagem, são novas referências no currículo de um engenheiro.

Tais habilidades são de caráter complexo, pois não são ensinadas em outras disciplinas de um curso de engenharia e precisam de um processo para amadurecimento do seu uso.

Entender o fenômeno físico com discussão científica e discutir os resultados com base nos erros são duas evidências que pesquisadores vêm investigando com laudos positivos no processo ensino aprendizagem (HOLMES *et al.*, 2013).

Ter a capacidade de trabalhar com erros, e identificar os parâmetros físicos que aumentam ou diminuem esses erros possibilita ao engenheiro um desenvolvimento de uma habilidade considerada importante na sua formação.

O experimento também permite aos estudantes evidenciar as limitações da sua própria montagem experimental, como por exemplo a eletrônica do Arduino e seu erro intrínseco.

Em suma, acreditamos que o PBL, como uma atividade mais aberta no sentido de montagem experimental e análise, permite aos alunos realizarem observações e identificar limitações na prática, o que é geralmente suprimido no laboratório tradicional com roteiro sistematizado de ações.

7 Biblioteca de Experimentos para LABFIS 26

Nos anos de 2015 a 2019, como parte integrante do curso LABFIS14 e LABFIS26 ministrado pelo Departamento de Física no curso fundamental do ITA, foram desenvolvidos pelos alunos que estavam no 1º e 2º ano dos cursos de engenharia diversos projetos de elaboração a partir do conceito PBL (Problem Based Learning) dos experimentos de física sob coordenação do proponente do projeto, Prof. Dr. José Silvério Edmundo Germano.

Os vídeos explicativos desses projetos podem ser assistidos e acompanhados no canal criado no Youtube no canal “Laboratório de Física do ITA”.

Do ponto de vista acadêmico, essa iniciativa propiciou aos alunos que estão nos primeiros anos de engenharia a possibilidade de se envolverem no desenvolvimento de experimentos desafiantes e motivantes, possibilitando, dessa forma, explorar outras habilidades e competências destes alunos, como:

- Construção de experimentos com instrumentos de baixo custo;
- Pequenas usinagens com ferramentas disponíveis no laboratório;
- Impressão de objetos com a impressora 3D;
- Utilização de sensores como forma de aquisição de dados;
- Construção de relatório por meio de vídeo.

Essas habilidades e competências se alinham com as novas demandas exigidas no mercado de trabalho e também com o uso de novas tecnologias no ensino de ciências.

Moreira (2009) aponta que atualmente o ensino da Física tornou-se desatualizado, tanto em termos de conteúdo quanto de tecnologias, e é focado no treinamento para as provas é abordando a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro de texto. Tal ênfase resulta em um ensino centrado no docente, não no aluno, e, muitas vezes, vazio de significado para a sua formação. O autor ainda aponta que, dificilmente, são incorporadas as TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) fazendo uso de situações que não trazem sentido para os alunos, ou seja, não buscam uma aprendizagem significativa crítica.

Moreira e Gonçalves (1980), destacam a importância do ensino experimental, em suas diversas etapas, principalmente no caso da Física, que é uma ciência essencialmente experimental. Eles apontam ainda que a atividade prática é fundamental no processo de

formação, pois é no laboratório que o aluno comprovará os modelos teóricos vistos em sala de aula.

Aguiar e Laudares (2001) dizem que apesar da importância da atividade experimental para a aprendizagem dos conceitos físicos, o que se observa é uma certa passividade dos alunos em relação às práticas em laboratório. Segundo eles, tal fato pode estar relacionado com:

“a utilização de procedimentos experimentais que utilizam kits pré-fabricados, que muitas vezes operam como verdadeiras caixas-pretas. Por ser hermético, quase não há a possibilidade de realizar medidas diferentes daqueles para os quais foram projetadas (Aguiar e Laudares, 2001), fazendo com que o aluno desenvolva apenas alguns critérios adotados no processo científico”. (Laudares et al, 2014, p. 02)

Outro motivo que pode levar ao desinteresse do aluno é a defasagem estrutural dos equipamentos utilizados nos laboratórios.

Dentre as diversas ações sugeridas, o autor aponta a inclusão de novas tecnologias, justificando que essa opção pode “diminuir os custos na realização de experiências”. (LAUDARES *et al.*, 2014). Com base nisso, desenvolveu-se no ITA um projeto piloto denominado “Biblioteca de Experimentos”.

A seguir descreve-se esse projeto, seu desenvolvimento e sua aplicação com os alunos. Ao final, discute-se os resultados apresentados durante o processo, salientando que este experimento continua em desenvolvimento no momento de entrega deste texto.

A proposta desse projeto tem como objetivo central construir uma biblioteca de experimentos no formato EAD – Ensino à Distância para dar suporte ao processo de expansão do laboratório de física, dado o aumento do número de alunos previsto para os próximos anos de 2020 ou 2021 no ITA.

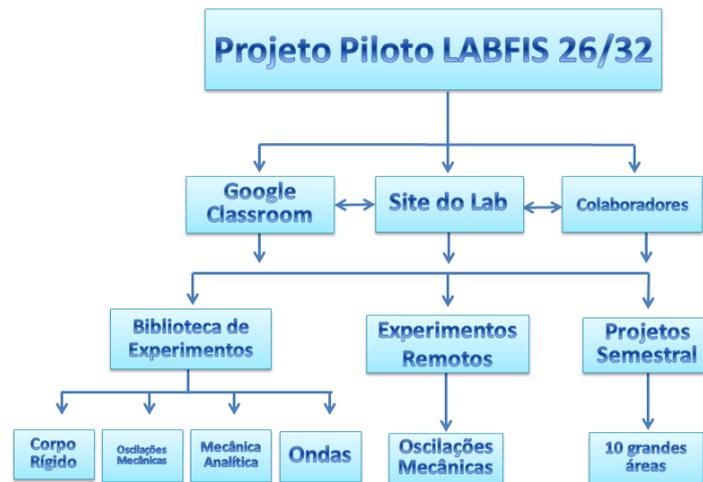


Figura 33 – Fluxograma do Projeto Piloto proposto para o Laboratório de Física do ITA.

Fonte: O autor.

7.1 Gestão das atividades via Google Classroom

A aplicação de atividades de laboratório tem como pressuposto ações para os alunos realizarem e, na maioria das vezes, um relatório para ser gerado. A pergunta que fazemos é: Quando o aluno acessa um experimento remoto, como ele deve realizar esse relatório? Qual o melhor formato? Como interagir com o mesmo?

Diante disso, criamos uma sequência didática na plataforma Google Classroom. Esta plataforma existe desde 2012 e vêm sendo aprimorada e incorporada em escolas e universidades do mundo como uma TIC entre professores e alunos.

Alguns resultados recentes mostram que aplicações do Google Classroom em sala de aula tem uma efetividade relativamente alta, na medida que há internet e smartphones com mais qualidade e acessibilidade. Com isso, adiante tem-se na figura 34 o formato da página previamente montada para gerenciar as atividades do curso.

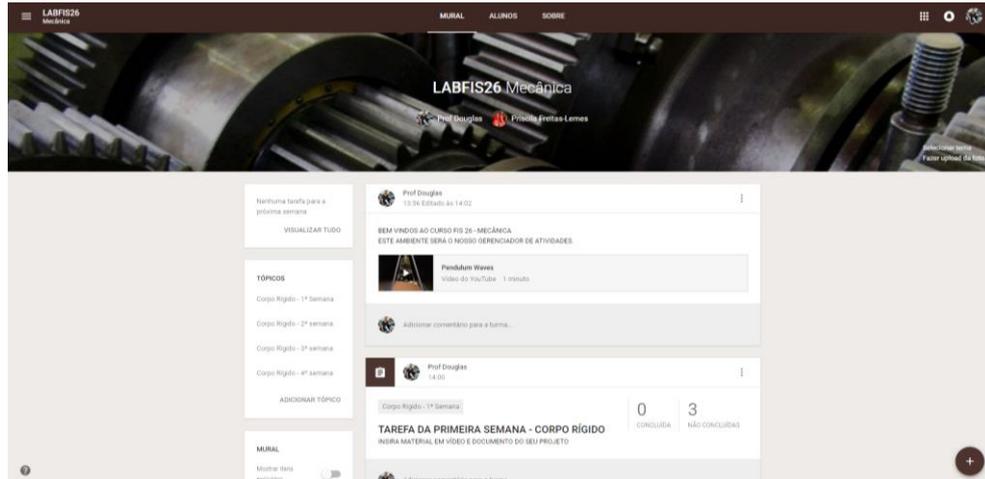


Figura 34 – Página de gerenciamento das atividades do Laboratório na plataforma Google Classroom. Fonte: O autor.

7.2 Site do LABFIS 26

Do ponto de vista de material de apoio, há apostilas com conteúdo teórico, vídeos, artigos de experimentos e métodos experimentais que estão contemplados em um site (www.fis.ita.br/labfis26), como mostra a figura 35.



Figura 35 – Página inicial do site do laboratório FIS26.

Fonte: O autor.

O site possui conteúdo digital e uma gama de artigos com propostas de atividades PBL. Além de contribuir com o material instrutivo o site possui informações relevantes como e-mail de professores, material para confecção de relatório (Word e PDF) e notebooks do software Mathematica® para criar tabelas e gráficos e para cálculo de erros, dentre outras ações indispensáveis no laboratório de física.

7.3 Maletas com kits experimentais

A biblioteca de experimentos é baseada num projeto da universidade canadense Athabasca. Esta universidade realiza desde o ano 2000 a disciplina de laboratório de física com o formato à distância, chamado de HomeLabs e discutido anteriormente na seção 3.

Os HomeLabs são kits de materiais para os estudantes realizarem as atividades em suas casas com um tutorial para auxiliar no desenvolvimento dos projetos.

Dentro dessa perspectiva, no 1º semestre de 2017 realizamos um piloto com o material do laboratório de física criando uma caixa com conteúdo básico para realizar o experimento no alojamento dos alunos do ITA. O kit montado para a prática de oscilações é apresentado na figura 36.



Figura 36 – Fotos do Kit Estruturas para o laboratório FIS26.

Fonte: O autor.

Para auxiliá-los foi criado um tutorial digital com video aulas sobre como montar o experimento e manipular o material contido na caixa. Essas video aulas foram distribuídas aos grupos para assistirem no alojamento do ITA, local onde os alunos moram durante a graduação. A página inicial desse material digital pode ser vista na figura 37.



Figura 37 – Página inicial do material digital instrutivo do laboratório LABFIS26 disponível no sítio http://www.laboratorioremoto.com.br/labfis/story_html5.html . Fonte: O autor.

Como resultado, com a ajuda dos recursos materiais e auxílio de toda a equipe do laboratório, professores e alunos do mestrado e doutorado envolvidos nesse projeto, os alunos da graduação desenvolveram relatórios em formato de vídeo, como por exemplo, é mostrado na figura 38.

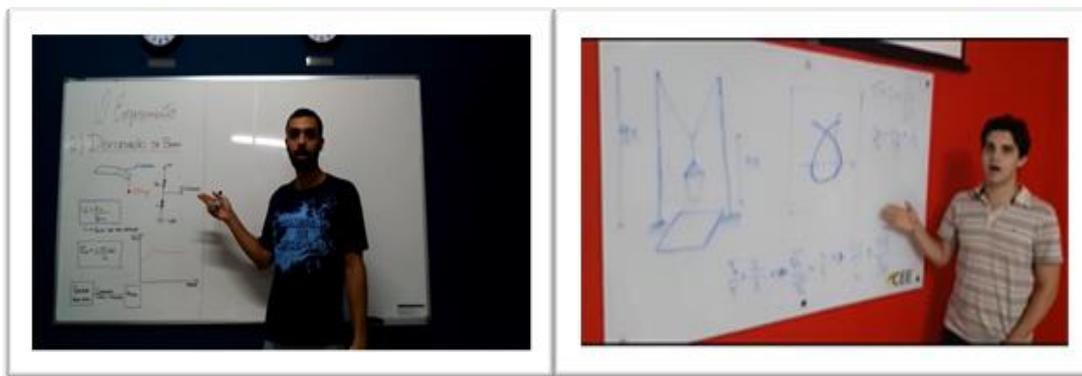


Figura 38 – Relatório dos alunos apresentando o problema em vídeo. Fonte: O autor

Contudo, salientamos que o trabalho com as tecnologias digitais pode tornar o processo de ensino e aprendizagem ainda mais atrativos, tanto para os alunos, quanto para os

professores, afinal isto possibilita a interdisciplinaridade dentro do curso de Engenharia, contribuindo para aumentar o entusiasmo pela aprendizagem.

Como apontou Veneral *et al.* (2017) as metodologias ativas, nos quais os estudantes são protagonistas, permitem, no ambiente EAD, que eles sejam autônomos do processo e ainda fiquem motivados para a realização, sendo uma metodologia nesse sentido mais plena.

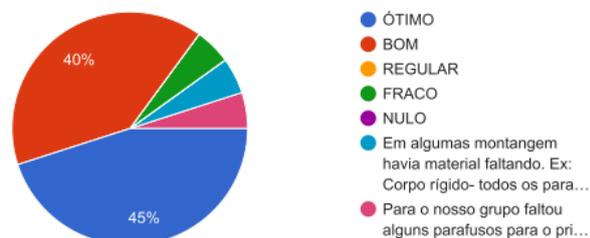
7.4 Avaliação do projeto pelos alunos

A avaliação da disciplina foi realizada no período de março de 2017 a dezembro de 2018. Um questionário dividido em seis partes (sobre a biblioteca, o site da disciplina, a plataforma google, o relatório digital, as video aulas e os kits experimentais) foi aplicado aos participantes.

Adiante temos um trecho das respostas (Figura 39). O questionário completo pode ser visto no Anexo F.

A partir do material físico contido nas maletas. Qual a sua opinião do ponto de vista dos recursos. A quantidade de material disponível foi suficiente para a montagem experimental?

20 respostas



Os tipos de sensores disponíveis nas maletas foram suficientes para a montagem experimental?

20 respostas

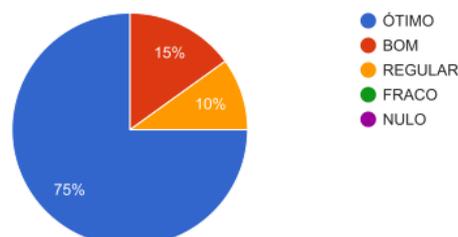


Figura 39 – Gráfico parcial da avaliação feita pelos estudantes que participaram do projeto Biblioteca de Experimentos. Fonte: O autor.

7.5 Conclusão Parcial

Ao todo tivemos 20 respostas dos alunos que participaram deste projeto, de um total de 80. A partir dessas análises apresenta-se, adiante, um panorâma de cada uma das seis partes. No final, apresenta-se alguns pontos positivos e negativos destacados pelos estudantes.

7.5.1 Sobre a biblioteca de experimentos

Nesta parte os estudantes reponderam a respeito do material contido nas maletas, denominado Biblioteca de Experimentos. As questões versavam sobre a suficiência de materiais e sensores disponibilizados na maleta, sobre a organização do material físico na maleta e sobre a guia experimental (documento fornecido na maleta com o conteúdo contido dentro da mesma, que pode ser vista no Anexo G).

Sobre a suficiência dos materiais, 85% dos alunos acharam bom e ótimo. Alguns alunos apresentaram falta de objetos específicos como uma mola com constante elástica maior ou uma haste extra para suporte na montagem experimental.

Sobre os sensores, 90% dos alunos opinaram em bom e ótimo. Os 10% restante responderam regular.

Sobre a organização e disposição dos materiais na maleta 85% responderam entre bom e ótimo.

E, finalmente, a respeito da guia experimental, 80% responderam entre bom e ótimo. 10% responderam que foi fraco, sendo um específico na definição: “Não havia a descrição dos parafusos necessários” (Ver anexo F).

Desta forma, acredita-se que os materiais, sensores e a guia experimental disponibilizados na maleta foram suficientes e bem organizados para realização das práticas.

7.5.2 Sobre os tutoriais digitais da biblioteca de experimentos

Nesta parte, os estudantes responderam a respeito dos tutoriais digitais disponibilizados on-line para auxiliar no uso do material contido nas maletas. As perguntas buscavam verificar a opinião sobre o tutorial que informava sobre o conteúdo da maleta digitalmente, sobre as informações de uso dos sensores para utilizar na prática experimental e sobre as dicas de montagem dos relatórios em vídeo.

Sobre a parte informativa dos tutoriais digitais, 70% dos alunos responderam bom e ótimo. Os 30% restante se dividiram em não ter acessado ou nulo.

Sobre os tutoriais para realização dos experimentos e uso dos sensores, em torno de 80% responderam bom e ótimo e consideraram o conteúdo dos tutoriais claros e objetivos. Os demais 20% ou não acessaram ou não tiveram disponibilizado o site para visualizar os tutoriais.

Sobre os tutoriais contendo as dicas para construção do relatório em vídeo, 75% dos alunos responderam entre bom e ótimo. Os 25% restante não utilizaram os tutoriais ou não tiveram acesso ao site.

7.5.3 Sobre o ambiente Google Classroom

Nesta parte, os estudantes reponderam a respeito do uso do ambiente Google Classroom como sistema de gestão das atividades. As perguntas buscavam verificar a opinião dos estudantes sobre a interação aluno-professor no ambiente web. Também foi questionado sobre o uso do ambiente como repositório de arquivos na nuvem na entrega das atividades e relatórios.

Sobre o uso do Google Classroom como ambiente de comunicação entre professor e os grupos de alunos para dúvidas, 65% dos alunos responderam entre bom e ótimo. 10% responderam que a interação no ambiente foi regular. 15% consideraram fraca a comunicação entre os professores e os grupos de alunos via ambiente web. As respostas restantes foram imparciais por pouco utilizarem o sistema para estava finalidade.

Sobre o uso do Google Classroom como ambiente de repositório de arquivos na nuvem, 65% dos estudantes responderam entre bom e ótimo. 25% dos alunos responderam que foi regular. As respostas restantes foram imparciais, pois não utilizaram o sistema. Eles utilizaram outra ferramenta para entrega de documentos, sendo esta, e-mail ou pessoalmente via pen-drive.

7.5.4 Sobre o site LABFIS26

Nesta parte, os estudantes reponderam a respeito do uso do site LABFIS 26 (www.fis.ita.br/labfis26) para consulta de materiais referente ao conteúdo teórico da ementa de FIS 26. (apresentado no capítulo 4.2).

As perguntas buscavam verificar a opinião dos estudantes sobre a qualidade do material didático teórico disponibilizado para os alunos. Também foi questionado sobre os materiais referente as simulações virtuais que podem ser realizadas no software *Mathematica*.

Sobre a qualidade do material didático teórico, 75% responderam entre bom e ótimo. 15% regular e 10% nula.

Sobre o material disponível para realizar as simulações virtuais, 65% responderam entre bom e ótimo. 30% regular e 10% nula. Houve declarações sobre mais materiais para uso passo a passo do *Mathematica*, não só exemplos de códigos prontos. A respeito disso, foram construídas video aulas (Canal Douglas Vilela) para auxiliar os estudantes com códigos para o referido software.

7.5.5 Sobre o relatório digital

Nesta parte os estudantes responderam a respeito da proposta de realizar um relatório digital e o auxílio para realização com o uso da ferramenta do pacote *Microsoft Office Power Point*.

As perguntas buscavam verificar a opinião dos estudantes sobre a proposta de realizar um relatório digital e se houve suporte dos professores para a construção do mesmo. Também foi perguntado sobre o processo de desenvolvimento do relatório digital quando comparado com o relatório analógico, normalmente entregue em formato de texto impresso.

Sobre a proposta de realizar um relatório no formato digital, 95% responderam entre bom e ótimo. 5% regular.

Sobre o uso do Power Point com auxílio dos professores, 100% responderam entre bom e ótimo.

Sobre a qualidade do material didático teórico, 75% responderam entre bom e ótimo. 15% regular e 10% nula.

Sobre a comparação entre o relatório digital e o analógico houve uma série de opções distintas por ser uma pergunta com possibilidade de resposta aberta, além das convencionais (ótima, boa, regular, fraco, nula). Assim sendo, 50% acharam boa e ótima. 15% opinaram que foi fraco. O restante se dividiu entre “Gostei bastante”, “Tão difícil quanto”, “Regular”, dentre outras respostas.

7.5.6 Sobre a experiência dos estudantes

Dentre as respostas dos estudantes (podem ser lidas na íntegra no Anexo F) encontramos os aspectos positivos e negativos.

Sobre os aspectos positivos pode ser destacado o desenvolvimento de material instrucional para o ensino a distância do laboratório de física na plataforma Google Classroom para uma possível expansão dos cursos de engenharia do ITA.

Os kits ficarão como bens duráveis para o laboratório para futuras atividades e próximas turmas, bem como para melhorias do material.

A plataforma Google Classroom serviu como um elo entre os tutores e professores nas dúvidas dos estudantes e feedbacks de materiais solicitados como simulações e relatórios.

Existe uma importância muito relevante para o processo de ensino aprendizagem o feedback como salienta Pardo *et al.* (2017).

Ademais, a partir dos feedbacks dos estudantes é possível melhorar os materiais didáticos mitigando futuras dúvidas.

Dentre os aspectos negativos, podemos pontuar a dificuldade de alguns materiais que não constavam nas maletas, sendo necessário realizar visitas ao laboratório ou até mesmo adaptações com materiais caseiros.

Estes materiais não constavam na maleta por sua especificidade, isto é, uma peça específica considerada desnecessária para a montagem, porém, para os alunos, considerada essencial.

A título de exemplo, uma situação ocorrida no processo foi a solicitação de molas maiores pelos estudantes, pois as molas contidas na maleta não suportavam o peso que eles utilizariam no experimento elaborado.

Também houve dificuldade de acesso ao portal de vídeo aulas devido à queda do servidor; o problema foi solucionado com o upload dos arquivos em vídeo para uma plataforma livre na nuvem.

Outra limitação encontrada foi no uso Google Drive como repositório de arquivos. Ao final do 2º mês de atividades, este já se encontrava no limite. Todavia, um backup e a limpeza do mesmo resolveu o problema.

Retomando os objetivos específicos deste trabalho, a respeito dos processos de interação, a partir dos relatos dos alunos no Anexo F foi possível evidenciar que o processo preservou a interação do grupo mediante a realização dos experimentos em suas residências e também por se preservar o grupo de trabalho.

Outro fator importante é o tempo de contato com o experimento. Os alunos permaneceram com as maletas experimentais por 8 semanas, e isso tornou possível um engajamento maior se comparado com uma prática realizada em sala de aula, do ponto de vista de aprendizagem.

A forma de avaliação se caracterizou pelos vídeos explicativos, denominados relatórios digitais. Percebe-se que a inserção de recursos digitais potencializa o trabalho dos alunos. Eles puderam explicar os resultados de forma mais livre se comparado com os relatórios científicos.

8 Conclusão

A partir dos resultados apresentados nas sessões 5.5, 6.5 e 7.5 podemos fazer um comparativo entre as três metodologias: Laboratório Remoto, PBL e Biblioteca de Experimentos, no que se refere aos processos de interação e formas de avaliação.

8.1 Processos de Interação

Percebe-se neste critério que a metodologia PBL e Biblioteca de experimentos proporcionam aos estudantes um maior relacionamento com o experimento principalmente por colocarem a mão na massa e se dedicarem um tempo maior para realizar todo o processo de conceber, montar, adquirir dados e relatar.

Outro ponto de destaque, já mencionado por Ma e Nickerson (2006), é o fato de o laboratório remoto ter a deficiência na interação social.

Assim, mesmo proporcionando ganhos eficientes como mostrado na sessão 5.4, o laboratório remoto não permite que os estudantes tenham uma troca mediada pelo ambiente colaborativo.

Com relação a isso, espera-se que, em breve, possam existir mecanismos no sistema de gestão weblab 2.0 que possam apresentar uma melhoria nesse aspecto. Por exemplo, a criação de um fórum de discussão dos resultados tornaria o ambiente digital mais social.

A criação de chats de interação online do tipo mensagem também pode ser uma alternativa para a individualidade experimental da plataforma weblab 2.0.

8.2 Formas de Avaliação

As formas de avaliação mediadas pela tecnologia tendem a apresentar mecanismos de consulta muito acessíveis como sites de pesquisa e apostilas experimentais.

No entanto, as metodologias propostas aos estudantes projetam eles em um ambiente muito mais engajador experimentalmente pelo fato de desenvolverem o experimento por conta própria no caso PBL e Biblioteca de Experimentos.

Já no caso do WebLab 2.0, o estudante é motivado por um ambiente onde possui os recursos estruturados para sua leitura, tornando suas ações e atenções centradas na questão experimental.

O recurso de questionário virtual tornou a correção e o processo de feedback para os estudantes muito mais prático e dinâmico. O potencial das ferramentas ainda está em desenvolvimento e existem alguns limites como o processo de avaliar um texto ou vídeo muito longo.

Pensando na prática docente, para uma turma com muitos estudantes, os questionários virtuais permitem uma verificação em massa dos resultados e também, um feedback individual. Isto pode ser muito motivador aos estudantes e também ao professor por focar o processo de ensino realizando estudos mais assertivos sobre alguma deficiência apresentada.

O uso do vídeo feito pelos alunos nos relatórios digitais permitiu ter uma profundidade maior nas análises dos resultados experimentais quando comparado com as conclusões dos relatórios em texto apresentado por outros grupos sobre uma mesma temática.

O vídeo permite realizar a apresentação em áudio pelos estudantes, e esta forma possibilita que os estudantes desenvolvam melhor o conteúdo quando comparado com a escrita textual. Este formato foi apenas observado nos relatórios digitais da biblioteca de experimento, sendo sugerido para as atividades PBL, porém os estudantes mantiveram os relatórios tradicionais.

Acredita-se, diante da experiência dos relatórios digitais, que esse formato possibilita uma maior dedicação dos alunos e também uma interação maior com o experimento, necessitando de mais pesquisa para de fato se evidenciar esta inferência.

9 Trabalhos futuros

O trabalho com educação nunca é finito, desta forma, nos parágrafos que seguem vamos apresentar algumas previsões a respeito do que pode ser a forma de se ensinar física experimental com uso de tecnologias.

9.1 Mineração de dados dos relatórios experimentais

Uma das tecnologias emergentes na área da computação é o “*Data Mining*” que, em uma tradução literal, é a mineração de dados. Essa tecnologia permite extrair informações importantes a respeito de uma grande quantidade de dados.

Por exemplo: Uma empresa de celulares deseja saber qual é o produto com maior número de vendas, qual a idade do comprador e horário em que o produto é comprado em seu website.

Sendo os sites de venda, locais de inúmeros acessos e vendas, o procedimento computacional de “*Data Mining*” permite obter essa informação podendo aperfeiçoar a sua propaganda e por consequência suas vendas.

Este recurso vem sendo explorados em outras esferas, como por exemplo na educação.

A tendência é ter dados suficientes para analisar a eficiência e as limitações, e talvez com uma pesquisa mais profunda legitimar esta prática inovadora dos laboratórios remotos com o uso de “*Data Mining*” como propõem Gonçalves *et al.* (2018), de acordo com a figura 40.

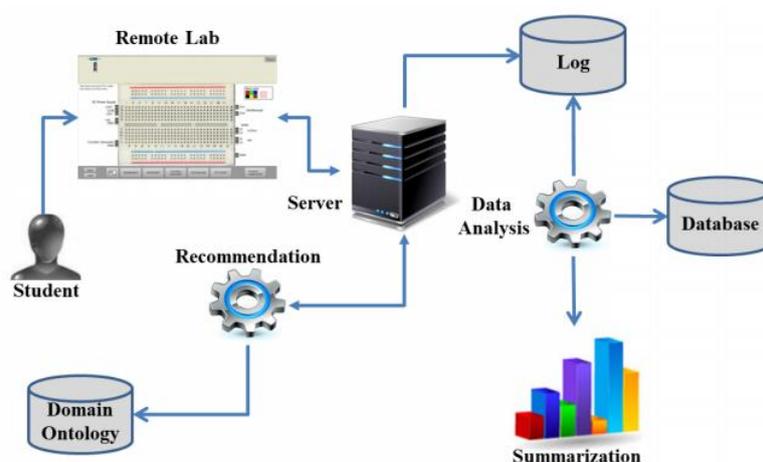


Figura 40 – Gráfico parcial de avaliação feita pelos estudantes que participaram do projeto. Fonte: Gonçalves et al (2018)

A Figura 40 mostra um processo onde um estudante, denominado “*Student*”, acessa o laboratório remoto. A cada ação do estudante nesse sistema ele deixa rastros, isto é, cliques em páginas, tempo de permanência em cada página, respostas de questionário, dentre outras ações. Na figura 40 o rastro está denominado “*Log*”.

Todas as ações ou rastros que o estudante deixa no sistema podem ser analisados para fornecer um feedback para o professor.

Em outras palavras, o professor recebe um laudo de atividades realizadas pelo aluno, e, desta forma, torna possível entender o processo de ensino aprendizagem experimental do estudante ao acessar o laboratório remoto.

9.2 Realidade Virtual e aumentada no ensino laboratorial

Outra frente que está em ascensão é o uso de realidade virtual e aumentada no ensino laboratorial. Com o desenvolvimento de dispositivos que permitem imersão em realidade virtual e aumentada, pesquisadores vem testando práticas experimentais com uso do HoloLens da Microsoft (Stryzys *et al.*, 2017).

Os autores criaram um ambiente de realidade virtual para práticas de termodinâmica e fluxo termodinâmico como mostra a figura 41.

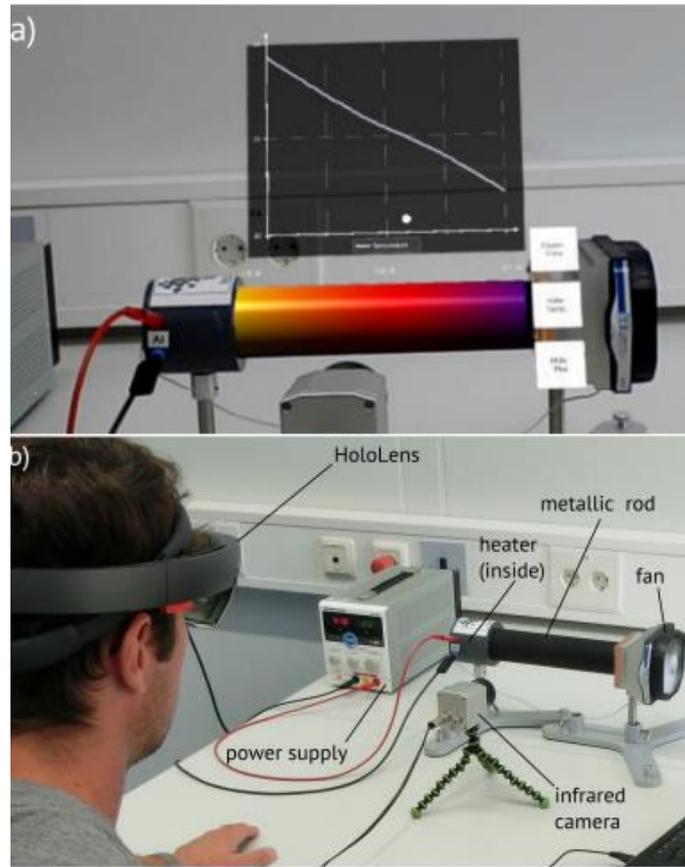


Figura 41 – Experimento realizado com uso de Realidade Virtual. A) Visão com uso do óculos HoloLens. B) Visão real do experimento. Fonte: (Stryzys *et al.*, 2017)

No Brasil o grupo de pesquisa GRV da PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul tem realizado diversas pesquisas como é mostrado em seu website (Figura 42).

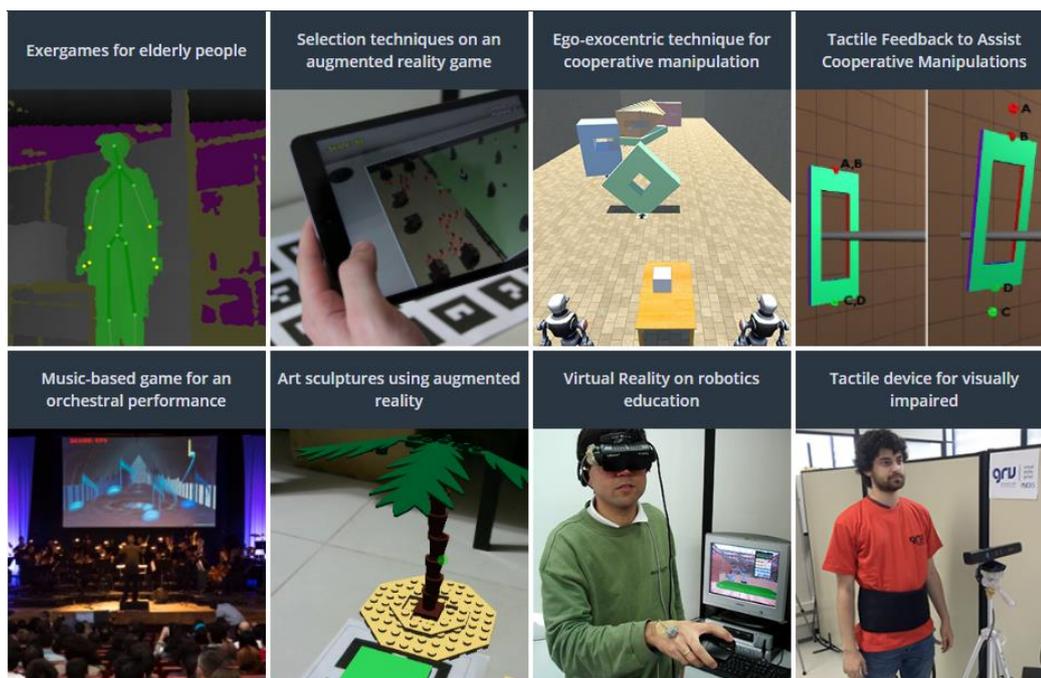


Figura 42 – Site do grupo brasileiro GRV – Virtual Reality Group¹⁹ Fonte: GRV¹⁰

Com publicações em diferentes áreas como artes, games para idosos, e técnicas para realidade aumentada, este grupo de pesquisa vem publicando com certa assiduidade.

No sentido da realidade aumentada, o ITA vem trabalhando na criação de um laboratório de realidade mista – MIRELA (Mixed Reality Laboratory). Este laboratório busca investigar atividades de realidade virtual, aumentada e mista (uso de ambas, virtual e aumentada juntas) para experimentos de engenharia.

Isso mostra que há muito caminho a ser estudado e tecnologias para serem implementadas, cabe aos pesquisadores verificar como esses recursos podem ser melhor aplicados aos processos de ensino para desenvolver cidadãos de uma sociedade tecnológica.

¹⁹ <http://grv.inf.pucrs.br/> acessado em 15/06/2019

Referências

AAPT - American Association of Physics Teachers, Technical Report, 2014,
http://www.aapt.org/Resources/upload/LabGuidlinesDocument_EBendorsed_nov10.pdf –

Acessado em 20-07-2019

AGUIAR, C. E.; LAUDARES, F. Aquisição de dados usando logo e a porta de jogos do PC. Revista Brasileira de Ensino e Física, São Paulo, 23 (4), 371-380, 2001

ANNOUNCEMENTS. News and notes: Science kits. The Physics Teacher, 2, 39–45, 1965

ARAÚJO, R.; VIANNA, D.M.; A legislação dos cursos de Licenciatura em Física no Brasil: do colonial presencial ao digital a distância. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 4, 4403, 2010

BARROWS, H.S. A Taxonomy of Problem Based Learning Methods. Medical Education, 20, 481- 486, 1986

BERBEL, N. N. “Problematization” and Problem-Based Learning: different words or different ways? Interface — Comunicação, Saúde, Educação, v.2, n.2, 1998.

BORGES, A. T. Novos rumos pro laboratório escolar, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, n.2, vol6, 2002

BOUQUET, C.; DAUPHIN, F.; BERNARD, J. Low-cost experiments with everyday objects for homework assignments. Published 3 January Physics Education, Volume 54, Number 2, 2019

BOUQUET, F.; BOBROFF, J.; FUCHS-GALLEZOT, M.; MAURINES, L.; Project-based physics labs using low-cost open-source hardware, American Journal of Physics 85(3), 216, 2017

BOURNE, J.; HARRIS, D.; and MAYADAS, F. "Online Engineering Education: Learning Anywhere, Anytime", 2005

BROWNELL, D.S. HEKMAT-SCAFE, V. S. A high-enrollment course-based undergraduate research experience improves student conceptions of scientific thinking and ability to interpret data, CBE Life Sci. Educ.14, 2015

CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI, E. K. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 11, n. 3, p.185-208. Outubro, 2011

CARRASCOSA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. Papel de la actividad experimental em la educación científica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 157-181, ago. 2006

COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences (rev. ed.) Academic Press. New York, p. 357-410, 1977

CONNORS, M. A decade of success in physics distance education at Athabasca University.

Physics in Canada, 60(1), 49–54, 2004

DIONÍSIO, P.H. O método Keller e sua aplicação no ensino de física geral na universidade,

Dissertação de Mestrado em Física. UFRGS, 1976

DOUNAS-FRAZER, D.R.; LEWANDOWSKI, H.J. Characterizing lab instructors' self-reported learning goals to inform development of an experimental modeling skills assessment

Phys. Rev. Per 14, 2018

ELAWADY, Y.; TOLBA. A. S. Educational objectives of different laboratory types: A comparative study. International Journal of Computer Science and Information Security, Vol.

6, No. 2, 2009

FAULCONER, E. GRUSS, A. A Review to Weigh the Pros and Cons of Online, Remote, and Distance Science Laboratory Experiences, 19, Number 2, May 01, ISSN 1492-3831

Publisher: Athabasca University Press, 2018

FREITAS-LEMES, P.; VILELA, D.C.; GERMANO, J.S.E.; Abordagem contextualizada do método Runge-Kutta na disciplina de cálculo numérico para engenharia. Espacios, v.38 (15),

2017.

GERY, F. W. Does mathematics matter? Research papers in economic education, p. 142-157,

1972.

GALERIU, C.; EDWARDS, S.; ESPER, G. An Arduino investigation of simple harmonic motion, *The Physics Teacher* 52, 157, 2017

GONÇALVES, A.L et al. Learning Analytics and Recommender Systems toward Remote Experimentation Conference: Learning Analytics Summer Institute Spain At: León, Spain, 2018

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998

_____ Relationship of individual student normalized learning gains in mechanics with gender, high-school physics, and pretest scores on mathematics and spatial visualization. *Physics Education Research Conference (Boise), ID*, 2002

HALLAHAN, M.; ROSENTHAL, R. Statistical power: Concepts, procedures, and applications. *Behaviour research and therapy*, v. 34, n. 5, p. 489-499, 1996.

HERNÁNDEZ, D. *et al.* Development of an exploration land robot using low-cost and Open Source platforms for educational purposes *J. Phys.: Conf. Ser.* 582 012007, 2015

HOFSTEIN, A. LUNNETA, V. The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education* 88:28 – 54, 2003

HOLMES, N.; BONN, D. A. “Doing Science or Doing a Lab? Engaging Students with Scientific Reasoning during Physics Lab Experiments,” PERC Proceedings [Portland, OR, July 17-18, 2013

_____ Quantitative comparisons to promote inquiry in the introductory physics lab, Physics Teacher, 2015

HOLMES, N. WIEMAN, C. Examining and contrasting the cognitive activities engaged in undergraduate research experiences and lab courses. PRPER. 12, 020103, 2016

IOANNIDES, A.A. Open education at a distance: The UK Open University experience in teaching physics. European Journal of Physics, 8, 286–296, 1987

KUBINOVA, S.; SLEGR, J. Physics demonstrations with the Arduino board, Phys. Educ. 50, 472, 2015

LAB GUIDE Athabasca University PHYS 200 (v.2.3) Dr. Farook Al-Shamali, 2012
http://science.athabascau.ca/Labs/documents/PHYS200_Lab_Manual_v2.3.pdf . Acessado em 15/06/2019

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. Caderno Brasileiro de Ensino de Física ,v. 23, n. 3, 2006.

LAUDARES, F. A. L. *et al.* Instrumentação para Ensino de Física da UFRuralRJ: experiências docentes para a introdução tecnológica. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*, v. 7, n. 1, p. 51-58, 2014.

LINDENAU, J.D.; GUIMARÃES, L.S.P.; Calculando o tamanho do efeito. *Revista Hospital das Clínicas de Porto Alegre*, 32(3):363-381, 2012

LOPES, S.P.M.L. Laboratório de acesso remoto em Física. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra, 2007

Ma, C.; Nickerson, J. Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. *ACM Computing Surveys*, Vol. 38, No. 3, Article 7, 2006.

MARTINEZ-RODRIGO *et al.* Using PBL to improve educational outcomes and students satisfaction. *IEEE - Transactions on Education*, 2017

MITCHELL, B. C.; SMITH, J. “Problem-based learning in communication systems: Student perceptions and achievement,” *IEEE Trans. Educ.*, vol. 53, no. 4, pp. 587–594, 2010

MONTEIRO, M.A.A. *et al.* Protótipo de uma atividade experimental para o estudo da cinemática realizada remotamente. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 30, n. 1, p. 191-208, 2013

MOREIRA, M. A.; Gonçalves, E. S. Laboratório estruturado versus não estruturado: um estudo comparativo em um curso individualizado. *Revista Brasileira de Física*, São Paulo, 10 (2), 1980

MOREIRA, M. A. Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física. Porto Alegre: Editora de Universidade, 2009

NICKERSON, J. Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Comput. Surv.* 38, 3, Article 7, 2006

NOSE, M. M.; REBELATTO, D. A. N. O perfil do engenheiro segundo as empresas. In: *Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia – COBENGE*. Porto Alegre, RS: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2001

PARDO, J.M. *et al.* Engenharia na educação a distância: o potencial de contribuição do feedback no processo de aprendizado. *ABED – Associação Brasileira de Educação a Distância*, n.3, 2017

PERRENOUD, Philippe. *Dez Novas Competências para Ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2002.

PETRY, C. *et al.* Project teaching beyond Physics: Integrating Arduino to the laboratory, in *Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE)*, 1–6, IEEE, 2016

RECK, R. BYOE: Affordable and Portable Laboratory Kit for Controls Courses. 122nd Annual Conference & Exposition, 2015

SAAD, F. D.; PIMENTEL, C.A. O laboratório didático de física no ensino experimental: um estudo visando a viabilidade de novas abordagens. [S.l: s.n.], 1981

SEYMOUR, A.; HUNTER, S.L.; LAURSEN, T. Establishing the benefits of research experiences for under graduates in the sciences: First findings from a three-year study, *Sci. Educ.*88, 493, 2004

SIEVERS, F.; GERMANO, J.S.E. A utilização do ambiente WebLab no ensino de arquitetura de computadores utilizados nas aulas de sistemas operacionais. Workshop sobre educação em arquitetura de computadores, 2007

SILVA, D. O engenheiro que as empresas querem hoje, In: I. von Linsingen et al, “Formação do Engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da organização tecnológica”. Florianópolis, Editora da UFSC: 1999.

SILVA, M.C.; VILELA, D.C.; MIGOTO, V G; GOMES, M.P.; MARTIN, I.M. ; GERMANO, J .S. E. Ionizing radiation measurements using low cost instruments for teaching in college or high-school in Brazil. *Physics Education*, v. 52, p. 064004, 2017

SIMÃO, J.P.S. *et al.* Remote labs in developing countries: na experience in brazilian public education. Universidade Federal de Santa Catarina, IEEE 2014 Global Humanitarian Technology Conference, 2014

STRZYS, S. *et al.* Augmenting the thermal flux experiment: A mixed reality approach with the HoloLens, iPhysicsLabs, Phys. Teach. **55**, 376–377, Sept., 2017

SUSANTI, D *et al.* Designing PBL-Based Science Laboratory Handbook to Improve Student Laboratory Activities. J. Phys.: Conf. Ser. 895, 2017

VENERAL, D.C. *et al.* Metodologias ativas nos cursos de engenharia ead: tecnologias aplicadas na busca da inovação e da qualidade de ensino – ABED Maio 2017

ZACHARIADOU, K. *et al.* A low-cost computer-controlled Arduino-based educational laboratory system for teaching the fundamentals of photovoltaic cells Eur.J. Phys. 33 1599, 2012

VERA, F. *et al.* A simple experiment to measure the inverse square law of light in day light conditions Eur. J. Phys. 35 015015, 2014

Anexo A – Introdução e programação da disciplina de Física 1 do curso de Física da USP – SP

O que é a disciplina Física 1

O objetivo da disciplina de Física 1 é dar a você um visãõ de toda a física, como exemplo do poder do método científico e como base para aplicação da física em outros campos (química, geociências, engenharia, computaçãõ, etc.) ou para trabalhos avançados na própria física.

As aulas serão de três tipos:

a) teoria, discussãõ e exercíciõs, em três períodos de 2 aulas cada, totalizando 6 aulas por semana.

b) laboratõrio, em um período de 4 aulas cada duas semanas, dando em média 2 aulas por semana.

c) aula de demonstraçãõ, facultativa, uma vez por semana, para tratar com maior profundidade alguns tópicos do curso.

Em geral o mesmo assunto será tratado nos três tipos de aula. Às vezes será conveniente estudar um fenômeno no laboratõrio antes que seja discutido nas aulas teóricas.

Anexo B – Programação do curso de física experimental da USP – SP de 1974.

FEP 101 - PROGRAMAÇÃO PARA MARÇO E ABRIL

SEMANA	ASSUNTO	PROVA	REFERÊN- CIA*	LABORATÓRIO	AULA DE DEMONSTR TRAÇÃO
4 - 9 março 11-16 março 18-23 março 25-30 março	Introdução, História, Métodos e Objetivos Radioatividade	1a.A [†] 15/3 1a.B [†] 29/3	Apostila J.G. I	Geiger Decaim. Radioat.	Estr.do Nucleo ¹ Aceler.Eletrost. ² A Fís.no Brasil ³ Simetria
1 - 6 abril 8 -13 abril (Sem.Santa) recesso 15-20 abril	Cinemática Vetorial	2a.19/4	HR 3,4 (Pré - req.Vet.)	Queda Livre Movimento Qualquer(bi dimensional)	Apl.de Radiação ⁴
22-27 abril 29- 4 maio	Dinâmica da Partícula	3a.3/5	HR 5,6	Discussão so bre Cinemát ca	Leis de Newton ¹

Outras Provas: 17/5, 14/6 e 21/6 (Semestral). Fim das aulas: 26/6
Feriados: 1/5, 13/6. Trancamento de matrícula até 3/5
[†] A 1a. prova será realizada em 2 partes, A e B
*Vide Bibliografia a seguir.
¹ Ernst W. Hamburger ² Oscar Sala ³ José Goldemberg ⁴ Shiguo Watanabe

Anexo C – Objetivo do laboratório de física da USP - SP de 1995

Os objetivos gerais da disciplina Física Experimental 2, os critérios de avaliação e outras informações gerais são reunidas aqui. É responsabilidade do aluno ler com atenção esta apresentação, procurando esclarecer quaisquer dúvidas com o professor. Não é aceitável alegação de desconhecimento dos critérios e informações aqui apresentadas. Lembre-se que o professor poderá solicitar atividades complementares ou substitutivas àquelas da apostila que julgar adequada para melhorar o aprendizado do aluno.

I.1 Objetivos da disciplina

As disciplinas de Física Experimental tem diversos objetivos importantes que são resumidos a seguir:

- a. Aprendizado de técnicas de *sistematização, tratamento e apresentação* de dados experimentais.
- b. Aprendizado da *teoria dos erros* e sua aplicação no tratamento de dados experimentais.
- c. Desenvolvimento da *capacidade de expressão* na forma de relatório científico.
- d. Conhecimento de *instrumentos e técnicas de medida* e desenvolvimento de *habilidade* experimental.

Anexo D – Definição das habilidades educacionais no laboratório.

Lab Goals	Description	Goals from ABET
Conceptual understanding	Extent to which laboratory activities help students understand and solve problems related to key concepts taught in the classroom.	Illustrate concepts and principles
Design skills	Extent to which laboratory activities increases student's ability to solve open-ended problems through the design and construction of new artifacts or processes.	Ability to design and investigate
		Understand the nature of science (scientific mind)
Social skills	Extent to which students learn how to productively perform engineering-related activities in groups.	Social skills and other productive team behaviors (communication, team interaction and problem solving, leadership)
Professional skills	Extent to which students become familiar with the technical skills they will be expected to have when practicing in the profession	Technical/procedural skills
		Introduce students to the world of scientists and engineers in practice
		Application of knowledge to practice

Anexo E – Questionário apresentado aos estudantes de TE-235

WebLab Radiação: Cadastro

Atenção: Esta atividade é prevista para ser realizada num intervalo de 40 minutos
Realize o cadastro abaixo e inicie a atividade.

*Obrigatório

1. Endereço de e-mail *

2. Turma *

3. Grupo *

Ir para "Conhecendo o Experimento".

Conhecendo o Experimento

Nesta seção você pode conhecer melhor o experimento WebLab Radiação
Assista o vídeo e entenda o seu funcionamento
Lembre-se ao todo você tem 40 minutos para realizar a prática

Tutorial de funcionamento WebLab ITA - Experimento de Radiação Ionizante



<http://youtube.com/watch?v=O1giD45bAxM>

Pré - Teste

Nesta seção responda o questionário de 6 questões sobre conceitos de radiação
Lembre-se ao todo você tem 40 minutos para realizar a prática

4. Quando você se afasta de uma fonte radioativa, a intensidade da radiação que chega até
você tende a :

Marcar apenas uma oval.

- Aumentar
- Diminuir
- Manter constante
- Aumenta e diminui periodicamente
- Será nula independente da distância

9. **Dentre as fontes descritas a seguir qual (quais) fornece (fornecem) maior radiação ionizante ***

Marcar apenas uma oval.

- Polônio
- Chumbo
- Ambiente
- Chumbo e Polônio
- Césio
- Outro: _____

Material didático: Simuladores e Teoria

Nesta seção vocês poderão ter contato com simuladores virtuais para entender melhor o funcionamento de um medidor geiger

Lembre - se que você tem 40 minutos para realizar toda essa atividade

10. **Link de acesso ao simulador ***

Marque todas que se aplicam.

- <http://www.scootle.edu.au/ec/viewing/L45/index.html>

11. **Link de acesso ao material didático ***

Marque todas que se aplicam.

- <https://drive.google.com/file/d/0B9wUWYwE8nUncXZqaEpTbS1Qd1E/view?usp=sharing>

Prática Experimental - WebLab Radiações

Nesta seção vocês devem seguir um roteiro prático para realizar a atividade
Após a leitura do roteiro acesse a página do experimento

Lembre-se que vocês tem 40 minutos para realizar a atividade

Roteiro da prática Experimental

Página do Experimento Remoto de Radiações

www.laboratorioremoto.com.br/weblab2.0

Pós - Teste

Nesta seção responda o questionário de 6 questões sobre conceitos de radiação
Há um espaço (Questão 7) para incluir o gráfico comparativo das amostras realizado na prática do experimento WebLab Radiação. Fazer upload da imagem do gráfico ou arquivo xls e uma breve explicação do que observou na prática

Lembre-se ao todo você tem 40 minutos para realizar a prática

12. Qual(ais) da(as) alternativa(s) abaixo você julga ser um tipo de radiação?

Marque todas que se aplicam.

- Raio - X
- Ondas Sonoras
- Micro-ondas
- Luz visível
- Decaimento de partículas.
- Abalos sísmicos
- Outro: _____

13. Como você descreveria radiação ionizante?

Marcar apenas uma oval.

- Possui íons livres para polarizar os átomos
- Possui energia suficiente para ionizar os átomos e moléculas com as quais interagem.
- Não possuem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos
- Tem poder de quebrar moléculas e ligações químicas.
- É uma radiação de baixa energia que interagem com qualquer tipo de corpo.
- Outro: _____

14. Como você define o raio-x

Marcar apenas uma oval.

- Radiação não ionizante
- raios de baixa frequência e alto comprimento de onda
- Radiação ionizante
- raios de baixa frequência e baixo comprimento de onda
- raios laser

15. Dentre as fontes descritas a seguir qual (quais) fornece (fornecem) maior radiação ionizante

Marcar apenas uma oval.

- Chumbo
- Polônio
- Césio
- Ambiente
- Estrôncio

16. Faça o upload da atividade experimental com a fonte de Césio (Ce 137) e compare com a radiação ambiental. *

Arquivos enviados:

17. Quando você se afasta de uma fonte radioativa, a intensidade da radiação que chega até você tende a :

Marcar apenas uma oval.

- Aumentar
- Diminuir
- Manter constante
- Aumenta e diminui periodicamente
- Será nula independente da distância

18. Qual o princípio de funcionamento do detector de radiação ionizante?

Marcar apenas uma oval.

- Quando a radiação ionizante penetra no contador, ela ioniza o gás e faz com que elétrons sejam liberados. Isso cria uma tensão elétrica que é detectada pelo aparelho.
- O detector emite pulsos de ondas eletromagnéticas sendo capaz de receber ecos dessa onda.
- Um diafragma fica exposto no detector, assim que a radiação ionizante incide a pressão faz com que ele se mova. Esse movimento altera a distância entre um eletrodo e isso muda sua capacitância.
- A radiação ionizante incide no detector que tem um material com coeficiente de dilatação térmico elevado. Ao aquecer esse material, ele aumenta o comprimento e a resistência ôhmica muda.
- Quando a radiação ionizante penetra no contador, é possível detectar uma diferença na sua frequência. Assim o detector registra os dados por efeito Doppler.
- Outro: _____

Powered by

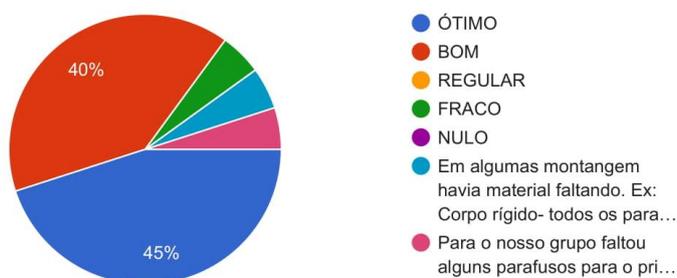
 Google Forms

Anexo F – Análise completa da biblioteca de experimentos

Sobre a Biblioteca de Experimentos

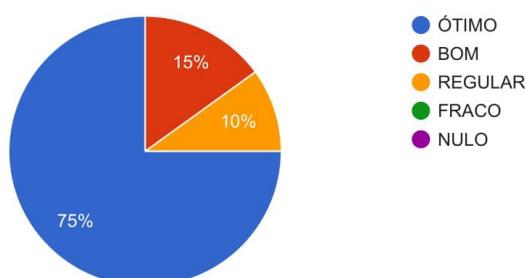
A partir do material físico contido nas maletas. Qual a sua opinião do ponto de vista dos recursos. A quantidade de material disponível foi suficiente para a montagem experimental?

20 respostas



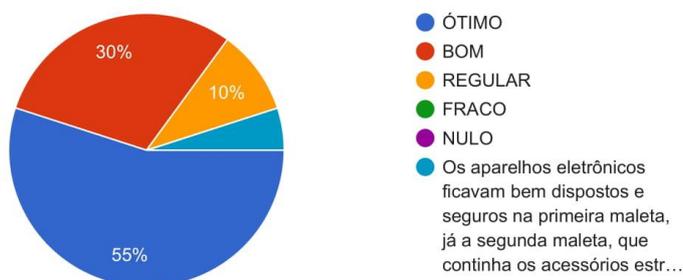
Os tipos de sensores disponíveis nas maletas foram suficientes para a montagem experimental?

20 respostas



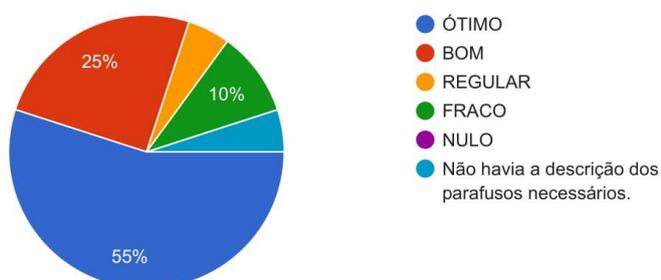
Como você define a disposição do material físico (Hastes, estruturas, roldanas e sensores) nas maletas do ponto de vista de organização?

20 respostas



A guia experimental é um documento com a descrição dos componentes contidos em cada maleta. Qual sua opinião a respeito da guia experimental enviada para os estudantes manterem a organização das maletas de acordo com os itens disponíveis?

20 respostas



Há alguma crítica e/ou sugestão a respeito das maletas utilizadas na biblioteca de experimentos? Caso não tenha algo a acrescentar, por favor, escreva "Nada a declarar"

20 respostas

Nada a declarar

Melhor divisão

Muitas vezes precisamos usar balanças digitais que tinhamos certa dificuldade de encontrar no H8 para massas menores. Talvez fosse interessante ter balanças digitais para pequenas massas. E um instrumento de medição, como uma trena.

Para o primeiro experimento do laboratório remoto, faltou uma haste metálica que permitia a utilização da polia, prejudicando o trabalho do grupo

Oferece maior autonomia ao aluno, boa iniciativa

Eu participei do projeto nas duas vezes do experimento. E durante a primeira experiência, faltou uma haste de encaixe para a roldana que veio na maleta, mas foi facilmente contornado conversando com os professores auxiliares do projeto.

Seria interessante que a montagem da maleta fosse feita consultando o grupo para adequar à prática pretendida, e não que a prática fosse de, certa forma, definida pelo conteúdo da maleta.

Nada a declara

Os equipamentos precisam ser segurados de alguma forma na maleta ou com espuma, a fim de melhorar a proteção e disposição nas maletas.

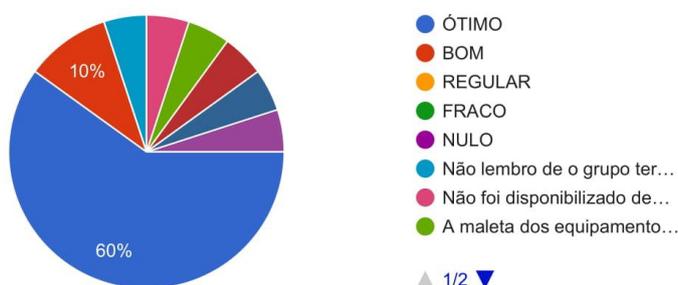
A maleta dos equipamentos estruturais poderia ter algum tipo de acochoamento para proteger as peças de ficarem muito soltas lá dentro.

Nosso grupo teve alguns problemas com o material, como falta de parafusos e outros materiais. Fomos ao laboratório diversas vezes para conseguir os que faltavam.

Sobre o tutorial digital "Biblioteca de Experimentos"

Qual sua opinião a respeito da parte informativa das maletas (Descrição dos componentes)?

20 respostas



O tutorial contém informações suficientes para a realização do experimento

20 respostas



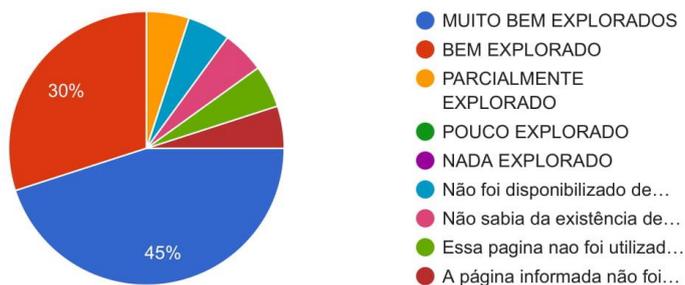
A respeito dos tutoriais em vídeo sobre os sensores, no formato em que foram apresentados e disponibilizados eles foram suficientes e eficientes ?

20 respostas



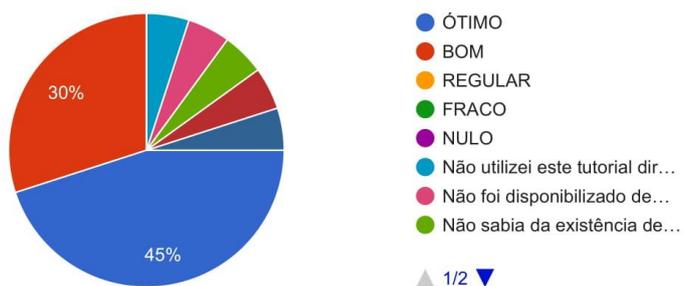
O conteúdo explorado nos tutoriais dos sensores visando a montagem e uso na prática experimental estão claros e objetivos?

20 respostas



A respeito dos tutoriais em vídeo sobre o relatório em vídeo (VIDEOSCRIBE), no formato em que foram apresentados e disponibilizados eles foram suficientes e eficientes ?

20 respostas



A dicas e orientações sobre a criação do relatório em vídeos e exemplos mostrados foram suficientes e eficientes ?

20 respostas

Se houver, deixe uma sugestão ou crítica sobre os tutoriais digitais "biblioteca de experimentos" . Caso não tenha algo a acrescentar, por favor, escreva "Nada a declarar"

20 respostas

Nada a declarar

Nos tutoriais, algumas conexões de cabos poderia ser mais detalhada. Não ficou muito claro a montagem de alguns sensores.

A possibilidade de relatório em vídeo foi muito proveitosa! Utilizamos em todos os projetos.

A introdução da ferramenta de produção de relatórios em vídeo foi uma grande contribuição do projeto Biblioteca de Experimentos. Além de dar um aspecto mais profissional ao projeto desenvolvido, torna a apresentação de métodos e resultados mais objetiva e envolvente tanto para o grupo quanto para os avaliadores.

Nada a acrescentar.

Achamos melhor a disposição dos vídeos no youtube, dado que o site era muito instável

O VideoScribe é bem demorado de fazer, talvez fosse mais pratico e eficiente para o aluno fazer um slide e gravar a tela do computador usando mesa digitalizadora ao explicar.

A ideia do relatório em vídeo é bastante interessante e didática, foi bem satisfatório explicar o experimento desta forma. Porém, o tempo de criação e edição do vídeo pode custar o dobro do tempo da elaboração de um relatório escrito. Portanto, considero necessário o caráter facultativo do vídeo e que este aspecto laborioso seja mencionado aos grupos selecionados.

Não foi disponibilizado de maneira acessível. Não encontrei durante a execução do projeto.

Nada a declarar.

Esses tutoriais não foram divulgados

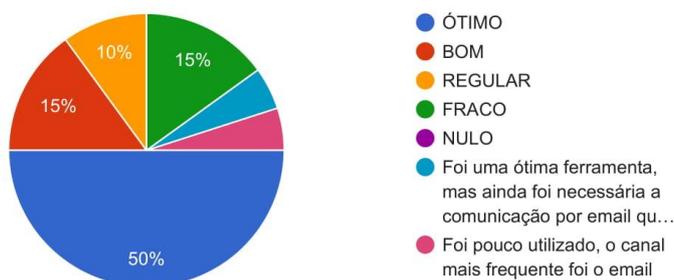
O grupo utilizou apenas as informações do site: <http://www.fis.ita.br/labfis26/> . Ao tentar entrar na página laboratório remoto para preencher esse formulário a página não foi encontrada. Os dados disponibilizados no site <http://www.fis.ita.br/labfis26/> foram suficientes. Assistimos alguns vídeos do Professor Douglas Vilela no youtube e um tutorial do Professor Marco Ridente no módulo de ondas mecânicas.

O grupo não tinha conhecimento do site informado na descrição desse forms. Foram utilizados os dados fornecidos pelo site <http://www.fis.ita.br/labfis26/> e o material fornecido pelo professor Silvério(contidos num pen drive) para confecção dos experimentos. A ideia de se ter uma biblioteca de experimentos é excelente, seria de grande ajuda tanto para dirimir dúvidas quanto para facilitar na escolha do melhor experimento a ser feito. Encontrou-se também algumas video-aulas disponíveis no canal do Professor Douglas Vilela no Youtube. Algumas delas foram utilizadas para montagem do material e para configuração do software "mathematica" para realizar a simulação.

Sobre o ambiente Google Classroom

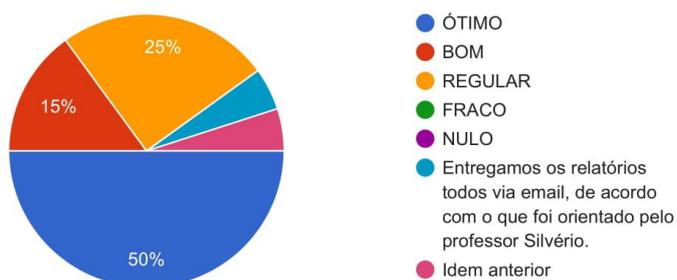
O Google Classroom como ambiente de comunicação professor-grupos sobre o conteúdo da biblioteca de experimentos foi suficiente para potenciais dúvidas?

20 respostas



O Google Classroom como ambiente de repositório de dados da biblioteca de experimentos foi suficiente para entrega dos relatórios

20 respostas



Se houver, compartilhe suas críticas e sugestões a respeito do uso do Google Classroom. Caso não tenha algo a acrescentar, por favor,

escreva "Nada a declarar"

20 respostas

Nada a declarar

Nada a declarar.

O episódio em que não estava sendo possível submeter os arquivos demonstrou um ponto negativo do classroom

Entregamos os materiais por e-mail ao professor Silvério. A tirada de dúvidas era mais fácil pessoalmente, então não exploramos muito esse recurso do Classroom. Mesmo assim, considero um recurso válido e que deveria continuar sendo usado.

E-mail

Durante a entrega de uma das atividades pelo Classroom, houve problemas, pois a nuvem de arquivos estava cheia.

nada a declarar

Melhor um google groups pois somos notificados e atualizados, diferente do classroom que nao avisa que arquivos novos foram colocados, sendo necessario trocar de conta e entrar no classroom sempre que queremos ver se tem algo novo.

O sistema causou transtorno desnecessário por causa dos problemas com o Drive.

Seria interessante disponibilizar as notas das avaliações lá

O e-mail em forma de grupo não foi uma maneira intuitiva para o acesso de informação. Acredito que o e-mail individual fosse mais intuitivo, uma vez que estamos praticamente sempre logados.

Uma ótima forma de facilitar a comunicação entre professor e aluno, no entanto a associação com o e-mail de grupo dificulta a atualização, o e-mail pessoal seria mais frequentemente acessado.

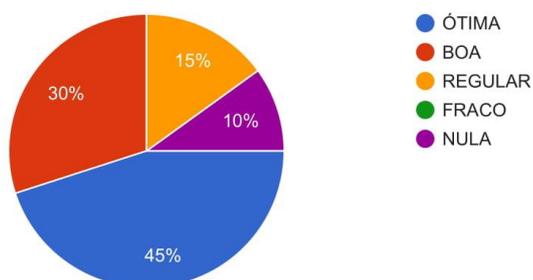
O ambiente do Google Classroom é muito bom e realmente facilitará bastante o aprendizado no ITA. Contudo, acredito que houve pouca comunicação entre os professores de Fis-26 (teoria), Fis-26 (laboratório) e Fis-32(laboratório) quanto a padronização das contas inscritas no classroom, pois os alunos receberam uma conta @ga.ita.br para cada matéria, totalizando 3 contas, o que me prejudicou pois é custoso verificar constantemente o email de cada uma das constas, pois elas se desconectam do computador diariamente.

Gostei muito do Classroom. O diferencial dela é que era possível fazer o upload de todos os dados obtidos(filmagens e fotos, principalmente), sem restrições de uso. A comunicação entre aluno e professor também foi boa.

Sobre o site da disciplina LABFIS26

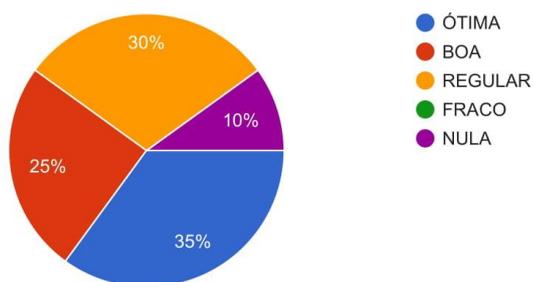
Qual a sua avaliação com relação ao material didático conceitual disponível no site (conteúdo teórico)

20 respostas



Qual a sua avaliação com relação ao material didático de simulações disponível no site (conteúdo mathematica)

20 respostas



Qual a sua avaliação com relação aos exemplos disponíveis no site (vídeo, experimentos, artigos, notebooks do mathematica)

20 respostas



ÓTIMA

Se houver, compartilhe suas críticas e sugestões a respeito do conteúdo do site. Caso não tenha algo a acrescentar, por favor, escreva "Nada a declarar"

20 respostas

Nada a declarar

Nada a declarar.

Não utilizamos o material disponibilizado. Preferimos tentar trazer ideias novas de projeto.

nada a declarar

Mal utilizei o site

Os links mais úteis foram os Templates do próprio Mathematica.

Deveria haver algum tipo de tutorial que ensine como utilizar o Mathematica: Um pouco da linguagem, simulações etc.

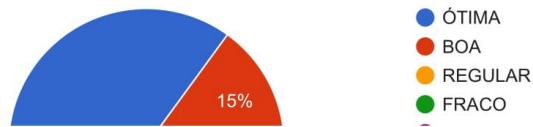
Eu acho que poderiam ser dadas aulas básicas sobre o mathematica, pois é uma ferramenta poderosíssima no ensino da física, mas o aprendizado por meio de exemplos e "cópia o código" me deixou com muitas dúvidas quanto ao uso da linguagem, que poderia ter sido evitado com algumas aulas básicas sobre a linguagem

O site disponibilizado ajudou bastante na realização dos experimentos. Alguns materiais que não estavam disponíveis no site foram disponibilizados pelo professor via pen drive.

Sobre o relatório digital

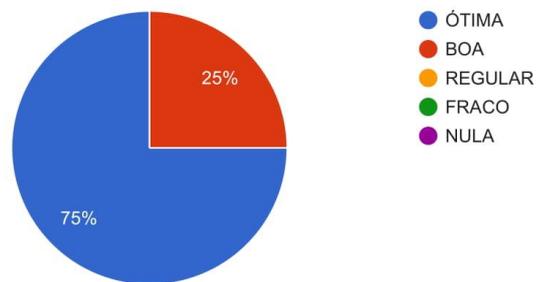
Como você classificaria a proposta de relatório digital da "Biblioteca de experimentos"

20 respostas



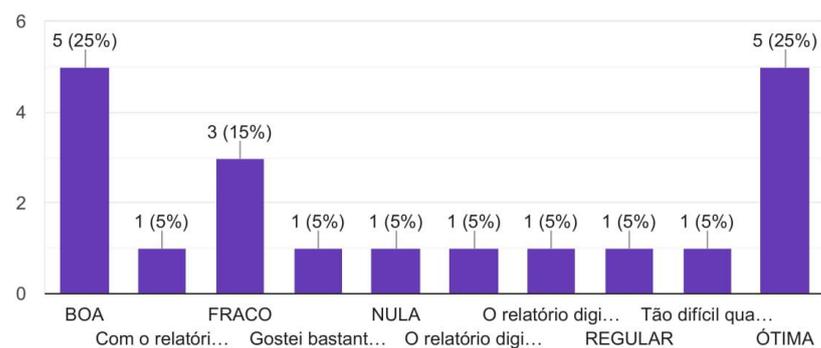
O auxílio no processo de realização do relatório digital (power point) foi considerado em sua opinião?

20 respostas



Qual sua opinião sobre o processo de desenvolvimento do relatório digital se comparado com o analógico (texto)

20 respostas



Se houver, compartilhe suas críticas e sugestões a respeito do relatório digital. Caso não tenha algo a acrescentar, por favor, escreva "Nada a declarar"

20 respostas

Nada a declarar

Nada a declarar.

Poderia ocorrer um feedback mais frequente a cada entregavel.

A comunicação com o professor foi estabelecida de maneira satisfatória, dando segurança ao grupo de tentar inovar em seus projetos mensais.

Não recebemos nenhum feedback sobre o primeiro projeto do "Biblioteca de experimentos", o projeto do 2º mês.

Conseguimos entrar em contato com os professores e tirar duvidas indo ao lab de fisica. Não fui notificado de nenhum feedback dos professores.

Nota da última prática ainda não comunicada ao grupo.

Até agora não sei qual a avaliação.

Ainda não tivemos respostas e avaliações sobre a prática e o relatório em vídeo, no entanto o engajamento dos professores envolvidos é notável, além da disponibilidade e auxílio durante a execução dos experimentos. Obrigado

Se fosse possível, seria interessante disponibilizar no futuro uma biblioteca online para visualização dos relatórios.

Considerações Finais

Espaço disponível para descrever a sua experiência no processo de desenvolvimento dos experimentos no projeto piloto "Biblioteca de Experimentos". Caso queira enviar um arquivo em vídeo ou áudio descrevendo o processo, por favor, escreva "próximo" nesta pergunta

20 respostas

O experimento realizado foi bastante proveitoso, porque pudemos realizar os projetos de forma diferenciada do formato padrão, como o relatório em vídeo, sempre podendo contar com o apoio dos professores.

A experiência realizada mostrou-se bastante eficaz nos seus objetivos. Primeiramente, o fato de trazer o material para o H8 permitiu uma flexibilidade de organização do grupo e a realização das atividades num

momento de maior proveito. Em segundo lugar, permitir que nós façamos a escolha do experimento fez com que o grupo exercesse o conteúdo teórico com uma prática que fosse agradável aos membros, tendo, assim, uma maior produtividade. Por fim, os materiais, principalmente os dispositivos eletrônicos, apresentaram aparatos que não eram conhecidos pelos membros e que se mostraram bastante interessantes para futuros experimentos que possamos desejar realizar.

A experiência foi, de forma geral, muito proveitosa. O grupo pôde organizar-se para fazer os experimentos em horários mais oportunos, com tempo de escolha do experimento, aprimoramento, sem prazos muito rígidos e sem liberdade total, incentivando o progresso contínuo, pontos esses que considero forças do projeto piloto. Não vejo fraquezas evidentes associadas ao projeto.

Muito boa a experiência, permitindo maior flexibilidade para a equipe.

O projeto piloto Biblioteca de Experimentos, a meu ver, tem potencial para transformar a maneira como as atividades de laboratório são realizadas pelos alunos. Um ponto interessante é desvincular a atividade da presença no laboratório em um horário fixo. Isso dá mais flexibilidade para que os alunos se reúnam em um horário conveniente para o grupo e realiza as atividades de maneira gradual. Além disso, isso permite uma divisão mais eficiente de tarefas. Outro ponto em que o projeto se destaca, em relação à abordagem tradicional, é a metodologia para confecção dos relatórios. Os relatórios em vídeo são muito mais dinâmicos e proporcionam mais envolvimento para os integrantes do grupo. Eu me sinto satisfeito com as experiências realizadas pelo meu grupo, bem como pelos resultados obtidos. Entretanto, senti falta de desenvolver análises que pudesse utilizar de maneira mais eficiente os sensores fornecidos. Não conseguimos, a meu ver, um bom direcionamento para realmente envolver os sensores na parte experimental dos projetos.

Uma coisa que achei bastante interessante foi o tempo que foi despendido para o projeto: tivemos que nos dedicar mais estando no H8 do que nos dedicaríamos na sala. Isso nos deu a oportunidade de melhorar a qualidade do nosso trabalho, pois, conforme os problemas iam aparecendo, tentávamos resolver imediatamente a fim de manter a continuidade do trabalho. Foi muito bom fazer parte da "Biblioteca de experimentos".

Para a realização dos experimentos, o grupo, primeiramente, nos reunimos em horário variável para a discussão acerca do experimento a ser realizado e todos os recursos que precisaríamos para realizá-lo (checando se todos estão nas maletas). O segundo passo era a realização da simulação, também feita conjuntamente e sem horário fixo, e o terceiro passo foi a montagem experimental efetivamente e a coleta de dados pertinentes (esse, por ser mais demorado, fazíamos no período da tarde/noite, levando cerca de 3-4h). Por fim, fazíamos as análises respectivas e nos juntávamos para discutir acerca dos dados e premissas para a confecção do relatório em vídeo e, efetivamente, gravá-lo.

Em geral, tivemos uma boa trajetória nos projetos.

O maior problema foi que, como queríamos fazer projetos que saíssem um pouco do padrão, os projetos acabaram saindo muito do controle e foram muito mais cansativos do que o previsto. A necessidade de entrega de uma vídeo aula e um relatório escrito em um deles também tornou o projeto mais cansativo. Mas, no geral, foi um projeto bem interessante por dar maior liberdade aos alunos, o que resultou em fazermos projetos mais interessantes.

Primeiro analisamos o experimento com um viés teórico, para saber quais partes a teoria que conhecíamos daria conta de explicar ou não. Depois realizamos o experimento em si, para então analisá-lo computacionalmente e fazer a sua simulação. Por último o integrantes do grupo fizeram o vídeo explicando detalhadamente cada parte do projeto.

Eu gostei muito de participar dessa experiência porque nos permitiu maior liberdade para conduzir os experimentos e isso tornou uma experiência bem divertida. Não ter a restrição de ir no laboratório das 13:30 só até às 16:30 e poder fazer no horário que era mais conveniente para equipe foi bem melhor. E ter que pegar a maleta, analisar todos os materiais, ver como a gente pode utilizar os recursos da melhor maneira possível, acho que para mim, essas experiências foram as melhores do laboratório de física porque realmente aprendi tudo o que eu tinha que fazer e eu tava muito a vontade no ambiente para fazer os experimentos e isso aumentou a minha liberdade criativa.

O fato de realizar a prática no H8 flexibiliza bastante a produção do experimento por parte do grupo. No nosso caso, a prática precisou ser refeita várias vezes, o que só foi possível por estarmos condicionados

a trabalhar em várias ocasiões.

Como toda inovação, não exemplos base a serem seguidos, no entanto sabemos quais os objetivos e formas de avaliação. Como meu grupo usou desta avaliação depois de outros grupos, tivemos exemplos do que foi feito, mas não identifiquei uma padrão. Então fizemos um relatório com todas as informações e apresentamos com facilidade da oralidade. Apenas o vídeo requisitou 25 horas corridas, um tempo extraordinário.

A experiência de autonomia é o mais interessante da proposta, uma vez que a construção de conhecimento pelo aluno perpassa todas as áreas e possui uma gradação nessa proposta: compreender os materiais disponibilizados e suas possíveis aplicações; pesquisar a aplicabilidade de sensores e demais equipamentos; realizar o experimento e solucionar os desafios da prática; analisar e produzir um relatório dinâmico (vídeo). Foi certamente uma experiência bem completa de assimilação de conteúdo e de laboratório. Uma outra força do projeto piloto é a organização deixada a cargo do aluno, uma vez que os horários de dedicação podem ser administrados pelo grupo. Quanto às fraquezas do projeto piloto, não acredito que nosso grupo tenha enfrentado com ênfase. Talvez a dificuldade da teoria de ondas em superfícies tenha sido nossa maior dificuldade, porém acredito que faça parte do processo de aprendizado e que não se relaciona com a proposta do projeto em si. Talvez o condicionamento do relatório em videoscribe seja um empecilho, tendo em vista que o software era bastante limitado para o que pensamos em fazer (tanto que fizemos a junção em outro software de produção de vídeo). Por fim, afirmo que foi a experiência de laboratório mais completa, sobretudo pela autonomia.

Foi muito interessante poder desenvolver o nosso projeto fora do laboratório, pois tínhamos a vantagem de fazer as atividades quando era mais conveniente para o grupo, o que tornou o processo bem mais descontraído. Por outro lado, o fato de não haver a limitação temporal, que existe quando o projeto é feito no laboratório, acabou nos permitindo passar muito mais tempo realizando o projeto do que o que nós consideraríamos ser o ideal, por exemplo, por duas vezes nós passamos dois dias de uma mesma semana fazendo atividades relativas ao projeto que, na verdade, deveriam durar apenas uma tarde. Porém, no geral, foi muito interessante e rica a experiência de fazer um projeto em casa.

Esse tipo de abordagem foi de grande valia pois trouxe uma maior liberdade para escolher os problemas bem como para solucioná-los. Trouxe alguns desafios, pois muitos desses problemas (fora do escopo comum) possuem soluções bem complexas e existem poucos materiais de apoio. Outro ponto positivo foi poder utilizar o celular como um equipamento de captura de dados seja filmando com a posterior utilização do Tracker ou mesmo utilizando o Phyphox que se utiliza dos vários sensores presentes no celular. Além disso foi possível também se familiarizar com o Mathematica, que acredito que seja um das ferramentas mais importantes que tive acesso, desde resolução de equações diferenciais até simulações.

Eu particularmente adorei a experiência, nunca tinha participado de algo do gênero, mas acrescentou muito ao meu grupo, pois pudemos aprender novas ferramentas que ainda não estão disponíveis em laboratório. Além disso, aprendemos a fazer simulação, algo que é muito bem visto e necessário para engenheiros de modo geral. Cabe ressaltar que ter a flexibilidade de fazer o trabalho no nosso tempo, saindo do formalismo de sala de aula também foi uma experiência muito interessante, porque pudemos em casa nos dedicar bem mais do que os tempos restritos de sala de aula, além de poder contar com a internet e com toda a infraestrutura dada na maleta.

No geral, achei uma experiência muito positiva. Porém acredito que a proposta do PBL seria melhor aproveitada caso o professor desse um problema para o aluno, mas deixaria para o aluno propor a solução (por exemplo: o professor pede para o aluno calcular o período de um pêndulo simples e este pode calculá-lo por meio de um cronômetro, sensor Arduino ou tracker).

O que ocorreu na maioria dos experimentos foi o professor propor um tema e deixar que o aluno escolha o problema a ser resolvido (por exemplo: o professor propôs o tema de ondas mecânicas e nosso grupo ficou responsável de realizar um experimento sobre esse tema). Acredito que o que ocorreu leva o aluno a escolher um problema mais simples do que o esperado pelo professor e prejudica o aprendizado do mesmo, pois este pode acabar o curso sem dispor dos conhecimentos necessários para concluí-lo, visto que o aluno que escolheu os experimentos.

O PBL realizado no formato apresentado no primeiro parágrafo tornará o aprendizado mais interessante e incentivará a criatividade do aluno sem que seja sacrificado nenhum dos propósitos do curso.

Por fim, agradeço a escolha de mim e do meu grupo para a realização desse experimento. Foi uma experiência muito positiva

Abraços!
Nickolas.

A experiência foi muito positiva. A flexibilidade nos horários de trabalho é o diferencial dessa atividade. De modo geral o projeto apresenta pontos muito positivos que vão além do ensino de física, o compromisso com a data de entrega, a responsabilidade com os materiais, saber planejar o tempo da melhor maneira, saber trabalhar com flexibilidade sem perder a qualidade do trabalho, todos esses pontos são muito importantes para o desenvolvimento de um bom profissional.

Vantagens encontradas:

- Apesar de o experimento ser a distância, o Professor Silvério sempre esteve disponível em sua sala para ajudar e dar opiniões sobre o experimento.
- Flexibilidade no horário. Muitas vezes, devido a própria rotina do ITA, os alunos puderam organizar seu horário de maneira mais adequada.

Dificuldades encontradas:

- Tivemos dificuldades na escolha de um experimento no meio de uma diversidade gigantesca de informações.
- Alguns materiais que eram necessários para montagem dos experimentos não constavam na maleta.

Sugestões de resolução das dificuldades:

- Talvez seria interessante dividir o experimento em etapas: a primeira etapa seria para fazer algo mais "amarrado" (por exemplo, fazer experimento "tal") e ao longo das semanas ir deixando o grupo mais livre até chegar as últimas semanas com o grupo completamente livre.
- Seria interessante para a primeira semana do experimento pedir para que alunos mandassem uma lista dos materiais que serão utilizados, para que fosse separado e disponibilizado na maleta para a semana seguinte.

Espaço disponível para descrever o processo de desenvolvimento dos experimentos no projeto piloto "Biblioteca de Experimentos". Caso tenha respondido anteriormente descrevendo o processo, por favor, desconsidere essa questão.

0 resposta

Ainda não há respostas para esta pergunta.

ANEXO G – GUIA EXPERIMENTAL COM MATERIAL FORNECIDO NA MALETA



Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Laboratório de Experimentos
Checklist do Kit de Oscilações Mecânicas

Maleta de Motores e Sensores

- 1 Fonte do Motor de rotação^a;
- 1 Caixa de Alumínio^b;
- 1 Sensor de Rotação^c;
- 1 Fonte de Energia do sensor Azeheb^d;
- 1 Photogate Vernier^e;
- 1 Cabo de Conexão ao Photogate^f;
- 1 LabQuest mini^g;
- 1 Cabo de Conexão USB^h;
- 1 Cabo de Conexão do Photogateⁱ;
- 1 Photogate Azeheb^j;
- 1 Sensor Azeheb^k;
- 1 Motor 12 V^l.



Aluno Responsável:

Turma: Grupo:

Professor ou responsável:

Data:

Telefone:

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TD	2. DATA 28 de outubro de 2019	3. REGISTRO N° DCTA/ITA/TD-028/2019	4. N° DE PÁGINAS 126
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Análise do uso de novas metodologias e tecnologias no laboratório de física para engenharia.			
6. AUTOR(ES): Douglas Carlos Vilela			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: 1.Laboratório de Física. 2. PBL. 3. Laboratório Remoto. 4. HomeLabs. 5. Engenharia.			
9.PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Metodologia; Laboratórios experimentais; Física; Engenharia; Educação.			
10. APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Física. Área de Física Atômica e Molecular. Orientador: Prof. Dr. José Silvério Edmundo Germano. Defesa em 01/10/2019. Publicada em 2019.			
11. RESUMO: Os laboratórios experimentais são momentos muito importantes e fundamentais para desenvolvimento e aprendizado dos alunos de ciências da natureza. Esse momento os estudantes podem verificar na prática os conteúdos adquiridos nas aulas teóricas. Normalmente os experimentos são dotados de expectativa pelos estudantes, porque estes permitem a visualização dos conteúdos abordados pelos livros de Física. Os experimentos laboratoriais também são importantes ferramentas para a formação do engenheiro, permitindo que ele verifique as diferenças e exatidões entre a prática e a teoria. Além disso, é um momento para que ele desenvolva habilidades de instrumentalização para desenvolver uma prática experimental. Em outras palavras, o futuro engenheiro deve se preparar para realizar experimentos de forma mais próxima da que ele realizará ao se formar. Diante desse cenário, neste trabalho apresentamos três propostas laboratoriais aplicadas nos alunos de 2º ano de engenharia e da pós-graduação do ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica e IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço, respectivamente. Estas propostas permitem que os estudantes se engajem e desenvolvam habilidades importantes para a futura profissão. A primeira proposta é o laboratório remoto. Foi desenvolvido um experimento de radiações acessível a distância. Um grupo de 8 alunos participaram desta atividade. A segunda proposta é a aprendizagem baseada em problemas (PBL) durante a qual foi implementadas práticas experimentais com uso de novas tecnologias como <i>Tracker</i> e <i>Arduino</i> . Durante dois anos 240 alunos realizaram inúmeras atividades onde puderam desenvolver suas habilidades de instrumentalização laboratorial. A terceira proposta foi a biblioteca de experimentos. Com um formato voltado para o ensino à distância, 50 alunos participaram deste projeto. Na análise desse processo podemos concluir que essas propostas permitiram um engajamento maior dos alunos pelo tempo maior dedicado na prática experimental e por permitir um contato com instrumentos tecnológicos mais modernos de captura e análise de dados. Finalmente, descrevemos algumas possibilidades futuras para práticas experimentais para laboratórios de física.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () SECRETO			