

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Juares Dutra da Silva

Simuladores computacionais

X

Oficina de modelos

**Um estudo entre a alternância destes métodos na aprendizagem de um
mesmo fenômeno físico**

VITÓRIA

2012

Juares Dutra da Silva

Simuladores computacionais

X

Oficina de modelos

**Um estudo entre a alternância destes métodos na aprendizagem de um
mesmo fenômeno físico**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação do Centro de Educação da UFES – Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Educação - na área de Diversidade e Práticas Educacionais Inclusivas. Orientadora: Prof^a Dr^a Jussara Martins Albernaz

VITÓRIA

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S586s Silva, Juares Dutra da, 1971-
Simuladores computacionais X Oficina de modelos : um estudo entre a alternância destes métodos na aprendizagem de um mesmo fenômeno físico / Juares Dutra da Silva. – 2012.
185 f. : il.

Orientadora: Jussara Martins Albernaz.
Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Educação.

1. Simulação (Computadores). 2. Ciência - Estudo e ensino. 3. Física. 4. Informática. 5. Educação. I. Albernaz, Jussara Martins. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Educação. III. Título.

CDU: 37



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

JUARES DUTRA DA SILVA

**SIMULADORES COMPUTACIONAIS X OFICINA DE
MODELOS. UM ESTUDO ENTRE A ALTERNÂNCIA
DESTES MÉTODOS NA APRENDIZAGEM DE UM
MESMO FENÔMENO FÍSICO.**

Dissertação apresentada ao
Curso de Mestrado em
Educação da Universidade
Federal do Espírito Santo
como requisito parcial para
obtenção do Grau de Mestre
em Educação.

Aprovada em 28 de março de 2012.

COMISSÃO EXAMINADORA

Jussara Martinz Albernaz

Professora Doutora Jussara Martinz Albernaz
Universidade Federal do Espírito Santo

Hiran Pinel

Professor Doutor Hiran Pinel
Universidade Federal do Espírito Santo

Orivaldo de Lira Tavares

Professor Doutor Orivaldo de Lira Tavares
Universidade Federal do Espírito Santo

Eduardo de Campos Valadares

Professor Doutor Eduardo de Campos Valadares
Universidade Federal de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

À *Fabiana*, minha esposa cuja paciência, alegria e companheirismo me levantaram, quando fraquejava.

À *Joyce Luzia*, minha filha, cujo sorriso me mostrava o sentido disto tudo.

À *Jerusa*, minha irmã querida, pelas idas e vindas à biblioteca de seu trabalho e as correções ortográficas.

À minha mãe *Penha* e meu pai *Oscar* que sempre me ajudaram nos conselhos e no incentivo.

Ao meu irmão *Jailson* e à minha cunhada *Marlene*, que foram meus psiquiatras nos momentos de loucura.

Ao meu sobrinho *Jaelcio*, meu técnico-mirim de informática, sempre disposto a me ajudar frente aos travamentos e bugs de meu computador.

À minha sobrinha *Jeovana*, cuja determinação pelo Balé me tornou determinado nos momentos difíceis.

À minha orientadora *Prof^a Dr. Jussara Martins Albernaz*, que foi paciente, me ensinou a ser organizado, acreditou em meu trabalho, trouxe significativas contribuições à pesquisa aqui desenvolvida e tornou-se, motivo de minha inspiração.

Ao prof. *Dr. Hiran Pinel*, que foi fundamental em suas críticas, proporcionado através disto, reflexões, novas leituras e esclarecimentos.

Ao Prof. *Dr. Orivaldo de Lira Tavares* e ao Prof. *Dr. Eduardo de Campos Valadares*, por aceitarem o convite para participar da comissão examinadora.

Aos amigos *Mônica Arrevabeni* e *Alexsandro J.F. Oliveira* que ajudaram com idéias e sugestões, à *Lister Fleury* pela estadia e acolhida fraternal, à *Sebastião Batista*, presença garantida nos momentos de alegrias e dificuldades.

Aos participantes do Grupo de Pesquisa diversidade e Práticas educacionais inclusivas, à todos os professores que lecionaram as disciplinas que cursei e aos alunos do Programa de Pós-Graduação em educação.

À *Escola Municipal Hilda Rabello Matta* representada pela Diretora *Claudia Melo Lopes*, que permitiu a realização das entrevistas com seus alunos.

À professora *Luiza Cristina Castro de Lima*, que abriu as portas de sua sala de aula com o coração também aberto, doando seu tempo e sua sabedoria para que este trabalho corresse dentro do prazo.

Aos alunos e alunas do 9º ano das turmas 33E e 33F, companheiros de aprendizagem.

À *CAPES*, pela bolsa concedida durante estes dois anos de aprendizado.

RESUMO

Nos tempos atuais a cada dia criam-se novos desafios gerados pelo avanço tecnológico. A educação precisa habilitar o cidadão a dominar as novas tecnologias. O presente trabalho analisa o impacto pedagógico do uso de um modelo virtual (simulador computacional) alternado com um modelo físico (experimento) criado por alunos em uma oficina pedagógica. O uso alternado dos dois tipos de recursos permite que o aluno não só observe o uso de diferentes modelos, mas participe da sua construção. Isto diminui consideravelmente sua dificuldade em perceber que o modelo é apenas análogo ao fenômeno físico estudado, apresentando, portanto, limitações se comparado ao real. As teorias de Vigotsky, Piaget, Papert, e as reflexões filosóficas de Bachelard ajudaram na formulação de algumas hipóteses de trabalho, no planejamento das ações e na análise dos dados coletados. Trata-se de uma pesquisa qualitativa que recorre em alguns momentos à intervenção do pesquisador. Os resultados indicaram que as ferramentas se mostraram interessantes para iniciar alunos e professores em uma nova modalidade de ensino-aprendizado, permitindo ao aluno uma apropriação criativa do conhecimento formal. Novas perspectivas de pesquisa foram, assim, criadas.

Palavras chave: simulador computacional, oficina pedagógica e ensino de ciências.

SUMMARY

In modern times each day challenges are created by new technologies. Education must enable citizens to master them. This work analyzes the pedagogical impact of using a virtual model (computer simulation) alternated with a physical model (experiment) created by students in an educational workshop. The alternate use of two types of resources allows students to observe not only the use of different models, but participate in its construction. This considerably reduces the difficulty in realizing that the model is only analogous to the physical phenomenon studied, therefore has limitations compared to real one. The theories of Vigotski, Piaget, Papert and the philosophical reflections Bachelard helped in formulating some working hypotheses, in action planning and analysis of data collected. It is a qualitative research that uses on a few moments the researcher's intervention. The results indicated that the tools created proved interesting to start students and teachers in a new mode of teaching-learning, allowing students a creative appropriation of formal knowledge. New research perspectives were thus created.

Keywords: computational simulation, educational workshop and teaching physics and science.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Charge do cotidiano.....	30
Figura 2 – Modelo mental.....	40
Figura 3 – Modelo pictórico.....	41
Figura 4 – Modelo imagético.....	41
Figura 5 – Modelo matemático.....	42
Figura 6 – Modelo histórico.....	43
Figura 7 – Modelo virtual	43
Figura 8 – Modelo físico	44
Figura 9 – Oficina e suas etapas.....	45
Figura 10 – Modelo virtual de um reator.....	48
Figura 11 – Projectile Motion with air Drag.....	57
Figura 12 – Projectile Trajectory Computer Simulation.....	57
Figura 13 – Simulador denominado Movimento dos projéteis.....	58
Figura 14 – Simulador denominado Projectile Motion.....	58
Figura 15 – Simulation Projectile Motion.....	59
Figura 16 – Ballistic Simulator.....	59
Figura 17 –The Parametric Projectile Problem.....	60
Figura 18 – Projectile Motion Flash Simulation.....	60
Figura 19 – The Human Cannonball Game.....	61
Figura 20 – Movimento dos Projéteis.....	61
Figura 21 – Movimento de Projéteis.....	62
Figura 22 – Projectile Orbits and Satellite orbits.	62
Figura 23 – Foguete PET à base de água.....	63
Figura 24 – Foguete movido a água.....	63
Figura 25 – Brinquedo lançador de projétil.....	64
Figura 26 – Lançador de foguete feito com material alternativo.....	64
Figura 27 – Voltará a cair?.....	65
Figura 28 – O mundo aristotélico.....	67
Figura 29 – O geocêntrismo.....	69
Figura 30 – Tipos de lançamento de projéteis.....	70
Figura 31 – Antiperistasis.....	7

Figura 32 - Trajetória segundo os aristotélicos.....	72
Figura 33 – Lançamento horizontal segundo Avicena.....	74
Figura 34 – Lançamento oblíquo segundo Avicena	74
Figura 35 – Trajetória segundo Alberto da Saxônia	75
Figura 36 – Trajetória segundo Leonardo da Vinci.....	76
Figura 37 – Impossibilidade do movimento segundo Tartáglio.....	77
Figura 38 – Trajetória oblíqua segundo Tartáglio.....	78
Figura 39 – Trajetória e ângulos de lançamento.....	78
Figura 40 – Sistema copernicano	80
Figura 41 – Fases de Vênus	82
Figura 42 – Galileu e seu plano inclinado.....	84
Figura 43 – Queda livre no vácuo	85
Figura 44 – Composição de movimentos	86
Figura 45 – lançamento horizontal	87
Figura 46 - Diferentes referenciais.....	88
Figura 47 – Experimento mental de Newton	90
Figura 48 – lei das órbitas	91
Figura 49 – Lei das áreas	91
Figura 50 – Gravitação universal.....	92
Figura 51 – Experimento mental de Einstein.....	94
Figura 52 – O Princípio da equivalência.....	94
Figura 53 – O princípio da equivalência 2	95
Figura 54 – Deformação espaço/tempo.....	96
Figura 55 – Mudança na trajetória da luz.....	96
Figura 56 - Jornal britânico.....	98
Figura 57 - Lançamento de um satélite.....	99
Figura 58 – O astronauta David Scott.....	99
Figura 59 - O laboratório de informática.....	108
Figura 60 – Aviso desencorajador.....	113
Figura 61 – lançamento em sala.....	119
Figura 62 – Experimento em sala.....	119
Figura 63 - Representação dos materiais.....	121
Figura 64 - Instrumentos de medida e alguns materiais utilizados.....	124

Figura 65 - O uso e as diferentes unidades de medida.....	125
Figura 66 - Utilização de instrumentos.....	125
Figura 67 - O uso de ferramentas e instrumentos.....	126
Figura 68 – Montando o lançador.....	126
Figura 69 - Testando o lançador.....	126
Figura 70 - Construção de figuras geométricas.....	127
Figura 71 - Aluno descrente.....	128
Figura 72 – O simulador e sua interface.....	129
Figura 73 – O jogo simulador.....	129
Figura 74 - Trajetória do projétil extrapola a tela do PC.....	133
Figura 75 - O uso de uma unidade de medida.....	134
Figura 76 – Atividades 1 e 2.....	135
Figura 77 – Alunos trabalhando.....	139
Figura 78 – Alunos trabalhando 2	139
Figura 79 - Colagem de aletas em torno de um cilindro.....	140
Figura 80 - Diferentes instrumentos de medida sendo utilizados.....	143
Figura 81 - Alunos trabalhando 3.....	143
Figura 82 - Sequência de lançamento.....	144
Figura 83 – Medida do alcance.....	144
Figura 84 - Alunos trabalhando 4.....	145
Figura 85 - Foguete vencedor da turma A.....	146
Figura 86 - Foguete vencedor na turma B.....	146
Figura 87 - Poucos detalhes da escola no Google mapas.....	148
Figura 88 - Imagem de satélite do Google Mapas com a escala.....	148
Figura 89 - Imagem de satélite do Google Earth com a ferramenta régua.....	148
Figura 90 - Desenho da turma A.....	160
Figura 91 – Desenho da turma A.....	161
Figura 92 - Trajetória confusa.....	161
Figura 93 - Confusão entre as trajetórias.....	162
Figura 94 - Trajetória triangular.....	162

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de cientistas x PNB.....	32
Tabela 2 – Investimento P&D x PIB.....	33
Tabela 3 – Porcentagem de estudantes por nível de proficiência em ciências.....	34
Tabela 4 – Trabalhos relacionados com o tema de pesquisa.....	52
Tabela 5 – Análise referente à experimentação.....	101
Tabela 6 – Análise referente aos recursos computacionais.....	101
Tabela 7 – Análise referente ao contexto histórico.....	102
Tabela 8 – Análise referente à abordagem.....	102
Tabela 9 – Alunos das turmas objeto de pesquisa.....	111
Tabela 10 – Lista de experimentos.....	113
Tabela 11 – Etapas da atividade.	116
Tabela 12 - Grupos da turma A	121
Tabela 13 - Grupos da turma B.....	121
Tabela 14 – Alunos que possuem computador.....	164
Tabela 15 - Preferência quanto aos métodos.....	164
Tabela 16 - Complementaridade dos métodos.....	164
Tabela 17 – Dados referentes a lançamentos e foguetes – Turma A.....	165
Tabela 18 - Dados referentes a lançamentos e foguetes – Turma A.....	165

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	15
1.1 - Objetivos.....	20
2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 - Vigotsky	21
2.2 - Piaget.....	22
2.3 - Bachelard.....	23
2.4 - Papert.....	24
2.5 - Senso comum, solução de problemas e recursos lúdicos.....	25
2.6 - A abordagem do ensino de ciências: desafios.....	29
2.6.1- Algumas causas antigas que perduram.....	35
2.7 - Modelos: seus principais tipos.....	39
2.7.1 - Mental.....	40
2.7.2 - Pictórico.....	41
2.7.3 - Imagético.....	41
2.7.4 - Matemático.....	42
2.7.5 - Histórico	42
2.7.6 - Virtual.....	43
2.7.7 - Físico.....	43
2.8 - A oficina de modelos físicos.....	44
2.9 - A informática, seus modelos e simulações.....	46
2.9.1 - O modelo virtual.....	48
3 - O QUE EXISTE SOBRE O TEMA DE INVESTIGAÇÃO ESCOLHIDO.....	51
3.1 - Simuladores virtuais: lançamento de projéteis.....	57
3.2 - Selecionando um experimento para a oficina.....	63
3.3 - O lançamento de projéteis: Revisão histórica.....	65
3.4 - Lançando a história dos projéteis.....	69
3.5 - Lançando uma nova física.....	79
3.6 - Lançando projéteis com Galileu.....	83
3.7 - Lançando o maior dos projéteis.....	89
3.8 - O movimento de projéteis nos livros didáticos de Física.....	100

4 - METODOLOGIA.....	104
4.1 - Coleta de dados: Instrumentos utilizados.....	105
4.2 - Ambiente de pesquisa.....	105
4.2.1 - A escola.....	107
4.2.2 - A sala de informática.....	107
4.2.3 - Sujeitos.....	110
4.2.4 - O livro texto.....	112
4.2.5 - A escolha dos conceitos referente aos modelos utilizados.....	114
4.2.6 - Programação das atividades.....	116
4.2.7 - Sobre os conteúdos abordados.....	119
4.2.8 - Apresentação da atividade.....	120
4.2.9 - A escolha dos grupos.....	121
4.2.10 - Alternância dos métodos.....	122
5 - RESULTADOS OBTIDOS.....	123
5.1 - Desenvolvimento da oficina.....	123
5.2 - Uso do simulador virtual - Turma A	129
5.3 - A experimentação.....	137
5.4 - A competição.....	141
5.5 - Uso do simulador virtual - Turma B.....	149
6 - PRINCIPAIS APONTAMENTOS.....	154
7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	167
Referências	170
Anexos.....	178
Anexo 1 – Declaração.....	178
Anexo 2 – Protocolo de Pesquisa.....	179
Anexo 3 – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	181
Anexo 4 - Autorização de pesquisa.....	183
Anexo 6 - Bibliografia de dissertações e teses relacionadas.....	184

1 INTRODUÇÃO

Sempre gostei de ciências, me lembro de ser atraído pela disciplina logo no início de minha vida de estudante, no ensino infantil, (1ª a 4ª séries). A escola municipal em que estudava era nova, havia sido construída, há pouco tempo, devido à expansão desordenada da periferia de Belo Horizonte. Naqueles anos, não existiam recursos didáticos que fossem diferentes do quadro e do giz. Eu ainda era muito pequeno para saber da importância da ciência em minha vida.

Um dia, nossa jovem professora, a quem chamávamos carinhosamente de tia Augusta, nos deu uma tarefa: cultivar feijões acomodados sobre uma cama de algodão, dentro de um copo descartável. Fiquei maravilhado em observar a transformação da semente em uma plantinha, que, a cada dia, levávamos para fora da sala para tomar sol, cada um dos alunos era responsável pela sua semente. Comparávamos a transformação “in loco” com as páginas do livro. A tarefa de observação e análise deste fenômeno da natureza marcou-me profundamente.

Na segunda etapa do ensino fundamental (5ª a 8ª séries), ainda na tenra idade, percebi que, à medida que o conteúdo de ciências aumentava sua complexidade, os recursos da escola e as alternativas dos professores iam diminuindo, a sala de aula parecia se tornar menor, pois estava abarrotada de alunos. Sentia-me aliviado, quando algum professor usava o retroprojetor e podíamos obter informações de outro meio, que não o livro ou o quadro negro. As aulas eram monótonas e, salvo raras exceções, quando íamos a alguma excursão. Os conteúdos tinham que ser engolidos como um remédio amargo.

O ensino médio (2º grau) foi cursado em outra escola, agora, da rede estadual. Do ponto de vista da infra-estrutura, as coisas pioraram. As ciências se dividiram nas disciplinas de biologia, química e física, ocorrendo novo aumento na complexidade de conteúdos, em contrapartida aos recursos didáticos e humanos que diminuíram exponencialmente. Naquela época, sempre no início do ano, a escola tinha dificuldades em formar o quadro de professores, e quando os encontrava, eu e meus colegas não sabíamos o mau que nos faziam, mas achávamos “chique” assistirmos aula de biologia com um dentista aposentado, matemática e física com um contador e química com uma técnica de enfermagem. Só anos mais tarde, já na universidade, compreendi a realidade da situação: eles estavam, em sala de aula, porque não existiam professores formados. Mas, se aprendi um pouco, nessa época, foi graças a estes profissionais.

Na maioria das vezes, o quadro negro era usado para que o professor copiasse o que estava no livro e nós alunos copiássemos o que eles escreviam, porque naquela época, muitos alunos, não podiam acompanhar a aula utilizando o livro, pois não podiam comprá-lo. Quando algum aluno se queixava da mesmice das aulas, os professores se resignavam, alguns diziam que a escola não lhes disponibilizava material de apoio, outros comentavam algo sobre a falta de laboratório. Segundo eles, em algumas escolas particulares, existiam até três deles: um para física, um para biologia e outro para química. O fato é que, nunca vi um destes, em todo meu ensino fundamental e médio.

Fui novamente sentir o prazer de uma aula atraente de ciências, já no meu último ano na escola, no segundo semestre do terceiro ano. Nosso professor de física havia se afastado, devido a alguns problemas de saúde. Seu substituto, o professor Fiúza, era um eletricitista da companhia de energia elétrica e por causa da ausência de um laboratório, levava experimentos para a sala de aula, nada muito sofisticado, mas que fez uma grande diferença. Em sua primeira aula com experimentos, notei que aqueles materiais simples, a maioria, restos de materiais do seu dia a dia no trabalho, tinham o poder de transformar nossa apatia em olhares de interesse. Meu primeiro contato com um aparelho de medida, tão importante no ensino de física, foi com este professor. Fomos apresentados a um multímetro usado para medir corrente elétrica. Montávamos pequenos circuitos utilizando pilhas, desmontávamos motores elétricos de brinquedos quebrados, e o conteúdo estático das páginas do livro abria-se, em movimento, em nossas carteiras. Neste dia, lembrei-me dos antigos feijões.

Em 2002, 11 anos após o término do 2º grau, tive a oportunidade de entrar novamente em uma sala de aula. Ingressei no curso de licenciatura em Física da Universidade Federal de Minas Gerais. No segundo semestre, comecei a integrar a equipe do LDC¹ orientado pelo professor Eduardo de Campos Valadares, do Departamento de Física. Nossos projetos eram financiados pelo CNPQ²/FINEP³ e tínhamos a seguinte atribuição:

Criação e desenvolvimento de modelos experimentais de baixo custo visando à revitalização do ensino de Física e Ciências.

Estes experimentos eram criados tendo como base aparelhos e instrumentos industriais de alto custo, usados nos laboratórios de ensino. Nosso acervo era utilizado do que passamos a chamar de “novos enfoques para o ensino de Física e Ciências”.

¹ Laboratório de Divulgação Científica (<http://www.fisica.ufmg.br/~divertid/>)

² Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

³ A Financiadora de Estudos e Projetos

Juntamente com a equipe, pude criar e desenvolver vários modelos de experimentos, ministrar palestras, oficinas pedagógicas, apresentar show de ciências e teatro científico. Trabalhei no LDC, durante toda a minha graduação.

Meu curso de licenciatura foi maravilhoso, tive um apreço maior pelas disciplinas de instrumentação para o ensino de física e uma, em especial, contribuiu para o interesse das intenções apresentadas no presente trabalho, foi ofertada como disciplina optativa, intitulada: *Montagem da mala do professor*, ministrada pela professora Dr^a. Regina Pinto de Carvalho.

A proposta da disciplina era a de que os professores criassem e montassem suas ferramentas e materiais pedagógicos (experimentos, filmes, slides, transparências, livros, jornais e revistas). Estes materiais seriam, então, levados para a sala de aula, com a intenção de torná-las mais atrativas, com temas atuais relacionadas à tecnologia e ao cotidiano dos alunos.

Tanto os trabalhos no LDC, quanto as idéias da disciplina *Montagem da mala do professor* tratavam de problemas da educação contemporânea, enfrentados pelas escolas públicas e também relacionados ao espaço escolar, como falta de laboratórios, materiais e equipamentos.

Durante as aulas, pensava em como a situação deveria ter melhorado no ensino médio desde minha formatura, afinal de contas, haviam se passado 14 anos. As aulas deviam estar mais dinâmicas, os novos professores utilizando destas técnicas, somadas a novos recursos e tecnologias fariam, com certeza, toda a diferença.

Mas a situação estava bem diferente. No quarto semestre, comecei a lecionar como professor contratado no ensino médio. Devido ao processo de designação, cada ano, eu lecionava em uma instituição diferente. Neste processo de troca de instituições, percebi algo inacreditável e desalentador: onde estavam meus colegas professores formados em física? Todas as escolas tinham, em seus quadros, profissionais lecionando sem formação específica. Foi como retornar a um passado sem modificações.

Dados do Plano Nacional de Educação mostraram que, na década de 90, no período de transição entre meu ensino médio e a universidade, de 1990 a 2001, formaram-se, no Brasil, 55.334 professores de Matemática, 53.509 de Geografia, em Biologia, 53.294, existindo uma situação de equilíbrio quantitativo, nessas três áreas.

Mas neste mesmo período, em Química formaram-se 13.559 e em Física, apenas, 7.216. Salientando que, nem todos os concluintes com licenciatura atuaram, necessariamente, como professores. (BRASIL, 2003, p.13). Tudo indica que a pouca valorização da categoria

faz com que menos jovens busquem se tornar professores, sobretudo nas áreas de Física e Química.

A respeito dos novos recursos tecnológicos que estão sendo inseridos gradualmente nos espaços escolares, estes, em sua maioria, ainda se encontram confinados em salas isoladas ou trancados em laboratórios, sendo assim mal utilizados e também ofertados de forma insuficiente para atender a todos os alunos.

A falta de interesse e motivação dos alunos pelas chamadas disciplinas científicas, ainda tinha como principal motivo a “inexistência” de experimentos e materiais didáticos, que relacionassem os conteúdos ensinados com a vida diária.

Este contato com os alunos, suas necessidades e minha experiência adquirida, no LDC, fizeram com que eu *montasse* várias *malas do professor*, dado que novos materiais e ferramentas vêm sendo criados, a partir das minhas experiências e pesquisas.

Já, em 2010, no Programa de Pós-graduação em Educação da Universidade Federal do Espírito Santo, a escolha de minha linha de pesquisa, *Diversidade e Práticas Educacionais Inclusivas*, de alguma forma, sintetizava meu percurso anterior.

Nesta linha, tive a honra de ser escolhido pela Professora Dr.^a Jussara Martins Albernaz como orientando, e com isso pude fazer parte da equipe do NIEPACIS⁴, grupo de pesquisa que trabalha com a análise de atividades educativas realizadas no laboratório de informática, a avaliação de softwares educativos e suas interações com estudantes e professores. Neste grupo, passei a conhecer e usar um recurso didático, até, então negligenciado, quanto a seu real potencial educacional: o computador. Usado não como substituto do livro didático, mas como uma ferramenta mediadora capaz de ajudar os processos cognitivos de apropriação de conhecimento.

Esta máquina moderna, ícone da tecnologia, pode ser usada para melhorar o ensino de física e ciências? Será que ela teria lugar em minha mala?

A maioria das escolas públicas do Brasil é carente de recursos, desde material tecnológico e projetores multimídia, até espaço físico, como quadra de esportes e laboratórios de ciências, em algumas, infelizmente, faltam até cadeiras e carteiras, não há luz elétrica e nem banheiro. Enquanto isso, grande parte da rede particular de ensino conta com recursos de última geração e profissionais bem qualificados.

Fiel a minha linha de pesquisa, este trabalho tem um caráter de inclusão: iniciar alunos das escolas públicas na experimentação e o uso da tecnologia. A idéia foi então a de

⁴ Núcleo Interdisciplinar de Estudos de Processos de Aprendizagem, Cognição e Interação Social do Centro de Educação da Universidade Federal do Espírito Santo. (<http://www.ce.ufes.br/niepacis/>)

incorporar as mídias tecnológicas existentes em um único artefato (computador) articulando-as à criação de experimentos, em uma oficina pedagógica de baixo custo.

Apostando no potencial educacional da tecnologia computacional para o ensino da física, recorri à Internet, na busca de softwares gratuitos e de qualidade denominados *simuladores computacionais* que pudessem ser utilizados juntamente com experimentos. A intenção foi, assim, a de experimentar, descobrir, analisar, e avaliar uma oficina de modelo físico, trabalhada juntamente com um modelo virtual de simulação, para ajudar os alunos estabelecer uma relação destes modelos com o fenômeno natural que representam.

Delimitamos, assim, nosso problema de pesquisa: analisar até que ponto a articulação desses métodos diferentes de abordar o processo de ensino-aprendizagem da física poderia ajudar alunos de escolas públicas a superar barreiras para ter acesso ao conhecimento e aos métodos de investigação das ciências experimentais. Que vantagens ou eventuais limitações decorreriam de seu modo de utilização?

Os resultados obtidos poderiam incentivar o uso de práticas que ajudariam as escolas brasileiras a enfrentar o desafio de melhorar os indicadores de desempenho dos alunos em ciências, apontados em provas nacionais e internacionais, como será mostrado, transformando-se, dessa forma, em “Práticas Educacionais Inclusivas”.

Esta é a história da construção deste projeto, que acredito ter se iniciado com os feijões.

1.1 OBJETIVOS

Este estudo pretende encontrar respostas para a seguinte questão: De que forma a utilização de um modelo físico, criado pelos alunos, articulada a um modelo virtual de simulação, apoiado no computador, pode ajudar a promover o entendimento e a aprendizagem de um determinado fenômeno físico?

Para ajudar a elucidá-la, estabelecemos os seguintes objetivos.

Objetivos específicos:

- Analisar o efeito de atividades em oficinas pedagógicas, onde os próprios estudantes constroem seus materiais de estudo, na aprendizagem de certos conceitos físicos.
- Analisar o efeito do uso de modelos virtuais na aprendizagem dos mesmos conceitos físicos vistos na oficina pedagógica.
- Analisar se o uso combinado de modelos físicos e virtuais pode trazer benefícios adicionais ao processo de aprendizagem do aluno e a sua relação com a Física.
- Analisar o eventual aumento da percepção do aluno de que os modelos diferem do fenômeno físico estudado.

Antes de definir o fenômeno físico a ser estudado de forma mais pontual, cuja escolha se deu em função dos sujeitos e do ambiente de pesquisa encontrado, vamos discorrer sobre os principais autores que nortearam a investigação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desenvolvemos este trabalho e produzimos sentido, nos apoiando, dentre outros em quatro pensadores e em suas teorias: Vigotsky, Piaget, Bachelard e Papert.

2.1 VIGOTSKY

Três pressupostos formulados por Vigotsky seriam a base de seu pensamento:

1. As funções psicológicas superiores do indivíduo são resultado da atividade cerebral, de natureza biológica, construídas ao longo de sua história, graças a processos sociais que são internalizados.
2. A consciência é proveniente da relação entre o indivíduo e o mundo exterior (práticas sócio-culturais).
3. A relação do homem com o mundo se modifica graças a instrumentos e sistemas simbólicos mediadores. .

Este terceiro pressuposto, relativo à mediação, vai fornecer elementos importantes para nossa análise. Segundo Oliveira (1997, p.24),

Um conceito central para compreendermos o fundamento sócio-histórico do funcionamento psicológico é o conceito de mediação, que nos remete ao terceiro pressuposto vigotskiano: a relação do homem com o mundo não é uma relação direta, mas uma relação mediada, sendo os sistemas simbólicos os elementos intermediários entre o sujeito e o mundo. Esses sistemas simbólicos são estruturas complexas e articuladas que se organizam por meios de signos e instrumentos, estes últimos chamados elementos mediadores.

A relação do homem com o mundo, não ocorre de forma direta, mas mediada através de sistemas simbólicos, semelhante ao que ocorre no uso de modelos e analogias no ensino de ciências.

Vigotsky, por sua vez utiliza dois conceitos importantes em relação ao presente trabalho: *Nível de desenvolvimento real e zona de desenvolvimento proximal*. O Nível de desenvolvimento real é a capacidade que o aluno possui para realizar e solucionar atividades, problemas ou funções, em um determinado período do seu desenvolvimento, sem a ajuda de outra pessoa. O desenvolvimento real é aquilo que o aluno consegue fazer realmente, indicando que seus processos mentais estão em harmonia.

A zona de desenvolvimento proximal - ZDP ou “potencial” são as ações que o aluno não consegue realizar sozinho sem o auxílio de uma pessoa mais experiente. Este auxílio pode vir em situações em que existam diálogo, colaboração, trocas de experiências, interação, imitação e uso de modelos. Nesta Zona o aluno possui um potencial que possibilitará no futuro internalizar o processo realizado e resolver sozinho aquela ação que foi imitada ou auxiliada por outro.

Para Vigotsky (1998, p.113),

A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de “brotos” ou “flores” do desenvolvimento, ao invés de “frutos” do desenvolvimento. O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente.

É nesta “zona proximal” que ocorre a aprendizagem. É nela que se produzem maneiras do aluno entender e enfrentar as tarefas e os problemas. A interação com o professor pode desencadear o processo de construção e modificação de conceitos, a capacidade de solucionar problemas e enriquecer a aprendizagem escolar.

Alguns modelos serão explorados neste trabalho para facilitar a compreensão de certos conceitos da física.

2.2 PIAGET

Os estudos de Piaget diferem daqueles de uma corrente de pensamento importante relacionada à educação, o **behaviorismo**, cujos principais representantes seriam Pavlov e Skinner, que admitem que o homem enquanto organismo vivo reage a estímulos vindos do mundo exterior. Para eles o homem seria uma “tabula rasa” e a construção do pensamento, da linguagem e do julgamento seriam reações a estímulos vindos de fora, do meio ambiente.

Segundo Freitag (1993), para Piaget, ocorre justamente o contrário, não é o mundo que age sobre o homem, é o homem que age sobre o mundo, as estruturas do pensamento, da linguagem e do julgamento não são impostas aos alunos de fora, como acontece no behaviorismo, também não são consideradas inatas, como uma dádiva da natureza, estas estruturas são construídas em longas etapas de reflexão e resultam da ação dos alunos sobre o mundo e da interação com seus interlocutores.

O conhecimento não está no indivíduo (organismo) e também não está no objeto (meio). Todo conhecimento é resultante da interação entre o indivíduo e o meio. O conhecimento está sempre em construção através de processos de adaptação. Uma nova informação não é assimilada de imediato, ocorre uma reação a este novo conhecimento. Este processo foi chamado de assimilação e acomodação das estruturas de pensamento.

É preciso uma interação de qualidade com o meio; uma melhor interação pode provocar uma reação consciente, que dá lugar a um novo processo de assimilação.

Segundo Valente (1999), uma análise da interação aprendiz-objeto, descrita por Piaget, nos permite fazer uma analogia com o uso da oficina de modelos, da informática e de diferentes softwares educativos. Do mesmo modo que, segundo Piaget, não é o objeto que leva a compreensão, não é o computador ou outra ferramenta que permite ao aluno entender ou não um determinado conhecimento. A compreensão se deve ao uso do objeto com qualidade e, no caso em questão, é fruto de como o computador e os modelos são utilizados e de como o aluno está sendo desafiado na atividade de uso destes recursos.

2.3 BACHELARD

Bachelard (1999) foi um dos primeiros filósofos contemporâneo a tecer críticas acerca da imagem tradicional da ciência, criticando as ações didáticas no ensino dos conceitos, princípios e leis da ciência atual, que dão ênfase, apenas, nos resultados, o que leva a uma estagnação no processo de ensino/aprendizagem.

O fato de ter atuado como professor da educação Básica durante quinze anos, ministrando além das aulas de filosofia, também química e ciências. Contribuiu para que tivesse uma ação crítica sobre sua prática Pedagógica, tornando-se as questões educacionais uma preocupação constante em seu pensamento.

Segundo ele, é um grande equívoco quando se pensa o ensino de ciências nos moldes tradicionais, que não aceita o conhecimento prévio dos alunos e atribui à apropriação dos conceitos científicos um caráter acumulativo. Para Bachelard (1999, p.24):

Toda cultura científica deve começar por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir.

Bachelard trata de forma detalhada sobre o uso de analogias, metáforas e imagens na construção do conhecimento científico e pontua sobre a utilização destes recursos,

abordando, também, os obstáculos epistemológicos: a experiência primeira, o conhecimento geral, o conhecimento quantitativo e a extensão abusiva das imagens usuais, são exemplos destes obstáculos que atrapalham o acesso ao conhecimento científico.

Segundo Bachelard (1996), tais obstáculos epistemológicos originam-se no senso comum, nas sensações primeiras e isentas de críticas e dotadas de um imediatismo de utilidade vazia.

Segundo esse pensador, a opinião está sempre errada, pensa mal, traduz as necessidades em conhecimentos e é oposta à ciência. É, então, necessário destruir a opinião, pois não se pode construir um conhecimento verdadeiro baseado na mesma, então a opinião seria o primeiro obstáculo a ser superado e um dos principais geradores dos obstáculos epistemológicos.

Para Bachelard, a primeira experiência é cheia de imagens, é pitoresca, concreta, natural, fácil, parece que a compreendemos quando a descrevemos. As primeiras generalizações também precisam ser superadas para se avançar no conhecimento científico. Portanto, a aprendizagem deve se dar contra um conhecimento anterior a partir da desconstrução desse conhecimento. O aluno só irá aprender se lhe forem dadas razões que o obriguem a mudar sua razão, havendo então a substituição de um saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico.

No processo de ensino de ciências baseado no uso de modelos, pode ocorrer uma somatória de vários destes obstáculos tais como: a utilidade imediata do modelo, que é visto pelo aluno, apenas, por sua utilidade ornamental ou como recreação; a representação do fenômeno baseado, apenas, no aspecto visual, o predomínio do uso único e permanente do modelo para embasar os conhecimentos sobre o tema estudado, a excessiva valorização quantitativa, além da permanência do senso comum e da opinião pré-estabelecida acerca do conceito estudado.

Ainda segundo Bachelard, todo saber deve começar com perguntas, com a busca de uma solução a um problema. Quando não há questionamentos, não há conhecimentos.

A diversificação na apresentação de modelos de um mesmo fenômeno físico como o modelo visual e o virtual, poderia ajudar o aluno na superação dos obstáculos epistemológicos ao acesso a certos conceitos físicos.

2.4 PAPERT

Apoiando-se nos trabalhos de Piaget, Papert cria nos anos 70 a linguagem de

programação LOGO, através da qual, o aluno ao programar o computador para a execução de alguma tarefa, desenvolve o raciocínio, pode analisar, interagir e refletir sobre a aquisição de novos conceitos.

Outro aspecto importante que caracteriza o instrumento criado por Papert consiste na possibilidade de análise do erro. Da busca de superação do erro viria a compreensão.

Papert (1997) afirma que esta forma de aquisição de conhecimento não é uma via de mão única, ocorrendo um fluxo alternado de informações, ora a informação no sentido aluno/computador, ora computador/aluno.

Os autores citados acima, não obstante algumas diferenças teóricas têm em comum o fato de pensar no aluno como um sujeito crítico e construtor ou reconstrutor de seu próprio conhecimento, teoria que passou a ser chamada de **construtivismo**, sendo que, o principal agente deste processo de construção de conhecimento é o próprio aluno e não o professor, contudo, esclarece Piaget (1998, p.15):

Mas é evidente que o educador continua indispensável, a título de animador, para criar as situações e armar os dispositivos iniciais capazes de suscitar problemas úteis à criança, e para organizar, em seguida, contra – exemplos que os levem à reflexão e obriguem ao controle das soluções demasiado apressadas: o que se deseja é que o professor deixe de ser apenas um conferencista e que estimule a pesquisa e o esforço, ao invés de se contentar com a transmissão de soluções prontas.

Vejamos também como estes autores trataram sobre o senso comum e o uso de jogos e brincadeiras como recurso para o ensino das ciências. A solução de problemas também foi abordada por eles e por autores mais atuais, o que foi também considerado neste estudo.

2.5 SENSO COMUM, SOLUÇÃO DE PROBLEMAS E RECURSOS LÚDICOS

O senso comum devido à sua importância, no processo de ensino/aprendizagem é tratado por vários autores:

Bachelard (1996) considera que o aluno possui um estágio de interesse, chamado de *Alma pueril ou mundana*, sendo animado pela curiosidade ingênua, cheia de assombro diante do mínimo fenômeno instrumentado. Nesta fase, o aluno que, já possui uma bagagem de conhecimentos prévios habituais, mediante um fenômeno real, nos mostra que aquilo que ele acredita saber, com clareza e naturalidade, ofusca o que ele deveria aprender corretamente.

O senso comum então, pode se tornar uma opinião, e segundo Bachelard a opinião está sempre errada “a opinião pensa mal; não pensa: traduz necessidades em conhecimentos. Ao designar os objetos pela utilidade, ela se impede de conhecê-los.” (BACHELARD, 1996, p. 18). Para termos progresso no conhecimento, “não se pode basear nada na opinião: antes de tudo é preciso destruí-la” (BACHELARD, 1996 p.18). Para ele “O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza”, (BACHELARD, 1996, p.18).

Portanto a opinião que surge do senso comum é o primeiro obstáculo epistemológico a ser superado.

Piaget (1975) acredita que este obstáculo é formado por duas categorias: o obstáculo real e o obstáculo formal. O obstáculo real seria o senso comum caracterizado pelo fenomenismo, já o obstáculo formal é caracterizado pelo egocentrismo, que produziria dificuldades de natureza lógico-matemática. Ambos são a realidade qualitativa tal como ela aparece, antes de ser corrigida pela razão. Segundo Piaget (1975, p. 299):

O fenomenismo que coloca obstáculos às composições físicas e o egocentrismo que retarda a composição lógica são, como já vimos incessantemente, os dois aspectos de uma mesma ilusão: a aparência ou a superfície das coisas só é a realidade para aquele que não sai do seu próprio ponto de vista perceptivo

Vigotsky (2007, p. 31) chama o senso comum de *memória natural*, para ele, assim como para os autores acima “Este tipo de memória esta muito próxima da percepção, uma vez que surge como consequência da influencia direta dos estímulos externos sobre os seres humanos”. Do ponto de vista da estrutura, o processo todo, caracteriza-se pela qualidade do imediatismo”. Parece que Vigotsky está se referindo ao pensamento imediato, onde o sujeito fala sem pensar, sem analisar e com isso pode chegar a conclusões erradas. O sujeito se baseia nas observações físicas, levando em conta apenas os sentidos, que são falhos ao se analisar fenômenos naturais.

Freire (1996, p.29) nomeia o senso comum, carinhosamente, de *curiosidade ingênua ou leitura de mundo*, segundo ele, esta curiosidade resulta indiscutivelmente em certo saber, não importando que seja metodicamente *desrigoroso*, mas um saber de pura experiência. Segundo ele a resistência do professor, em respeitar a “leitura de mundo”, se constitui um obstáculo à sua experiência de conhecimento.

Para Freire (1996, p.29) “respeitar a leitura de mundo do educando significa tomá-la como ponto de partida para a compreensão do papel da curiosidade, de modo geral, e da humana, de modo especial, como um dos impulsos *fundantes* da produção do conhecimento”.

Contudo, assim como Bachelard (1996), Freire (1996) acredita que esta *leitura de mundo* deve se aperfeiçoar, mudar qualitativamente, com a ajuda do professor, ela vai *criticizando* e se tornando metodicamente rigorosa: “É preciso mostrar ao educando que o uso ingênuo da curiosidade altera a sua capacidade de achar e obstaculiza a exatidão do achado.” (FREIRE, 1996, p.124).

Para Freire (1996) é imprescindível, portanto que a escola instigue constantemente a curiosidade do educando, em vez de “amaciá-la” ou “domesticá-la”. O professor tem o papel fundamental de transformar esta curiosidade, espontânea, em curiosidade epistemológica.

Papert (2008 p.136) relata que para o ensino tradicional a “única forma de melhorar o conhecimento de um estudante sobre o tópico x é ensinar sobre x” talvez seja mais eficiente, quando se quiser ensinar x, usar x, e durante/após seu uso, instruir de informações não percebidas pelo aluno.

Este se apóia na classificação de Jonassen (1996) sobre o uso do computador na educação, simplificando-a assim: “aprender *com* o computador, aprender *do* computador e aprender *sobre* o computador” (PAPERT, 2008. p.153).

Neste nosso trabalho, os resultados empíricos coletados vão mostrar que o aluno aprende também *com* o experimento, aprende *do* experimento e aprende *sobre* o experimento.

Reiteramos que, para produzir um conhecimento significativo, o aluno precisa elaborar hipóteses e experimentá-las, em um contexto mais amplo. Entendemos que para uma melhor utilização destes modelos referentes à aprendizagem e cognição, estes devem ser inseridos, em um contexto de solução de problemas, como esclarece Albernaz (2010, p. 241):

A aprendizagem de um conceito não pode se restringir a uma apresentação de exemplos e contra-exemplos do mesmo, pois a compreensão de cada conceito é solidária à de outros e mobilizada no ato de resolver problemas.

Conforme as idéias de Pozo (1998), Papert (2008) e Bachelard (2001), na medida do possível, estas oficinas e a atividade na informática, não devem focar apenas na construção e simulação do modelo, elas devem ser inseridas no contexto de solução de problemas, para que a construção leve à solução de algum problema real que exija dos alunos um esforço, em busca de suas próprias respostas e seu próprio conhecimento. Agindo assim, os alunos estariam aprendendo a aprender.

Para o avanço do conhecimento científico é essencial que se encontre a resposta a um problema, a uma pergunta e a uma questão, (BACHELARD, 2001, p.166):

Eis o novo espírito científico. Quando se apresenta à cultura científica, o espírito nunca é jovem. Ele é mesmo muito velho, pois tem a idade de seus preconceitos. Aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma mutação brusca que deve contradizer um passado. Para um espírito científico, todo conhecimento é uma resposta a uma questão. Se não há questão, não pode haver conhecimento científico. Porque nada é dado. Tudo é construído.

A idéia de tornar a resolução do problema (atividade) em um desafio aos estudantes, provém dos estudos de Piaget (1978) e Vigotsky (2007) sobre o uso dos jogos e dos brinquedos, no ambiente escolar, e de suas vantagens no processo de ensino e aprendizagem.

Segundo estes autores, o jogo ou brinquedo é um impulso natural da criança funcionando, assim, como um grande motivador. Através dele a criança obtém prazer, e com isso, realiza um esforço espontâneo e voluntário para atingir seus objetivos. Durante o jogo e o brincar, ocorre a integração de várias dimensões da personalidade da criança, como a afetiva, a social, a motora e a cognitiva.

Ao criarmos as regras de construção, inserimos nossa competição no jogo de regras caracterizado por Piaget (1978), como sendo um jogo, onde surge a existência de leis impostas pelo grupo, e no caso de haver o descumprimento de alguma lei, normalmente o competidor será penalizado, instigando uma forte competição entre os indivíduos. Este tipo de jogo pressupõe a existência de parceiros o que lhe confere um caráter eminentemente social.

Vigotsky (2007, p.118), também fala do jogo infantil, segundo uma ótica de estudos diferente da de Piaget, que também nos interessa:

o brinquedo cria na criança uma nova forma de desejos. Ensina-a a desejar, relacionando seus desejos a um “eu” fictício, ao seu papel no jogo de regras. Dessa maneira, as maiores aquisições de uma criança são conseguidas no brinquedo, aquisições que no futuro torna-se-ão seu nível básico de ação real e moralidade.

Mais importante ainda, Vigotsky (2007, p.122) afirma:

Assim o brinquedo cria uma zona de desenvolvimento proximal da criança. No brinquedo, a criança sempre se comporta além do comportamento habitual de sua idade, além de seu comportamento diário; no brinquedo é como se ela fosse maior do que ela é na realidade. Como no foco de uma lente de aumento, o brinquedo contém todas as tendências do desenvolvimento sob forma condensada, sendo, ele mesmo, uma grande fonte de desenvolvimento.

Ou seja, a participação em jogos e brincadeiras contribui para a formação de respeito mútuo, cooperação, obediência às regras, senso de responsabilidade, senso de justiça, iniciativa pessoal e grupal. Além disso, para a criança o jogo constitui uma genuína atividade de solução de problemas.

Albernaz (2008, p. 20) se apóia parcialmente em Pozo (1998) ao afirmar que:

O problema para interessar ao aluno precisa se transformar em “seu problema”, e deixar de ser “do livro, ou do professor”. Em jogos não computacionais e mesmo em inúmeros jogos eletrônicos os aprendizes se deparam com situações que demandam comparações quantitativas, raciocínio probabilístico, lógico e espacial, em maior ou menor grau. Em muitos deles os sujeitos são estimulados a interagir, compartilhar idéias e informações, experimentar, construir e testar hipóteses, o que costuma lhes despertar forte interesse. [...] O educador deve ocupar o importante papel de organizador de atividades, mediador de dificuldades e formulador de pequenos problemas, que aparecem durante os jogos, os quais as crianças vão incorporando ao seu próprio repertório. As pesquisas atuais apontam nessa direção.

Albernaz (2003, p. 16), em outra pesquisa envolvendo jogos, registra que o aprendiz desenvolveria

no caso de intervenções pedagógicas compatíveis com seu nível de desenvolvimento: conduta mais reflexiva e autônoma; hábito de encarar desafios; capacidade de trabalhar em equipe, de competir, submetendo-se ou criando convenções e regras, e mantendo atitudes de parceria, ainda que em situações de conflito.

2.6 A ABORDAGEM DO ENSINO DE CIÊNCIAS: DESAFIOS

“Professora o que eu aprendi hoje?” a professora, com ar de surpresa, questiona: “por que você está perguntando isso?” A criança responde “Papai sempre me pergunta, e eu nunca sei o que dizer”. (apud, PAPERT, 2008 p.93)

Atualmente criam-se novos desafios gerados pelos avanços tecnológicos. O cidadão comum de nosso século, embora muito próximo dos impactos das novas descobertas científicas, como usuário de tecnologia, em geral, conhece muito pouco sobre como ela é produzida. Jamais o conhecimento, esteve tão distante entre aqueles que o desenvolvem e a população em geral.

Saber como funcionam as novas tecnologias “tornou-se fundamental para que a sociedade possa analisar seus problemas, escolher soluções e enfrentar seus destinos de forma esclarecida” (MOTA, 2003 p.52).

A charge da figura 1 exemplifica situações cotidianas que demonstram a incompatibilidade dos avanços tecnológicos com o cidadão moderno, pouco esclarecido frente às tecnologias atuais, que passou a ser chamado de “analfabeto tecnológico”.

Figura 1 - Charge do cotidiano



Fonte: Frank, 2011.

A tecnologia e as informações referentes a ela avançam de forma surpreendente, não sendo acompanhada no mesmo ritmo pela maioria da população.

A UNESCO⁵, no I Fórum sobre Ciência e Cultura, realizado ainda em março de 1986, já alertava para os problemas referentes aos avanços da ciência e tecnologia frente às fronteiras do conhecimento. Este fórum reuniu 19 participantes de todas as partes do mundo e de distintas especialidades, culminando na *Declaração de Veneza*, documento que sintetizou tais discussões. O primeiro e quinto parágrafos deste documento deixa clara a preocupação da instituição, frente ao distanciamento, ciência e tecnologia X conhecimento do cidadão:

1. Estamos testemunhando uma importante evolução no campo das ciências, resultante das reflexões sobre ciência básica (em particular pelos desenvolvimentos recentes em física e em biologia), pelas mudanças rápidas que elas ocasionaram na lógica, na epistemologia e na vida diária mediante suas aplicações tecnológicas. Contudo, notamos ao mesmo tempo um grande abismo entre uma nova visão do mundo que emerge do estudo de sistemas naturais e os valores que continuam a prevalecer em filosofia, nas ciências sociais e humanas e na vida da sociedade moderna, valores amplamente baseados num determinismo mecanicista, positivismo ou hilismo. Acreditamos que essa discrepância é danosa e, na verdade, perigosa para a sobrevivência de nossa espécie.

5. Os desafios de nosso tempo o risco de destruição de nossa espécie, o impacto do processamento de dados, as implicações da genética, etc. jogam uma nova luz nas responsabilidades sociais da comunidade científica, tanto na iniciação quanto na aplicação de pesquisa. Embora os cientistas possam não ter controle sobre as aplicações das suas próprias descobertas, eles não poderão permanecer passivos quando confrontados com os usos impensados daquilo que eles descobriram. É nosso ponto de vista que a magnitude dos desafios de hoje exige, por um lado, um

⁵ Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura.

fluxo de informações para o público que seja confiável e contínuo e, por outro lado, o estabelecimento de mecanismos multi e transdisciplinares para conduzirem e mesmo executarem os processos decisórios.

Cada vez mais, se destaca o papel da educação na construção de um futuro cidadão que seja habilitado a controlar a tecnologia e que não fique a mercê das circunstâncias da mesma.

Além deste fato, o de termos conhecimento científico para podermos viver plenamente na sociedade moderna, existe outro, talvez, até de maior importância: a de que um melhor conhecimento científico pode refletir de forma positiva no desenvolvimento das nações.

A tabela 1, de 1967 mostra a distribuição não-democrática dos conhecimentos científicos, sendo que, naquela época 90% dos cientistas com trabalhos publicados estavam concentrados, em poucos países com elevado PNB⁶.

Nos últimos anos, o Brasil foi um dos países em que os investimentos em pesquisa e desenvolvimento mais cresceram no mundo, afirma o Conselho de Ciência e Engenharia dos Estados Unidos, segundo este órgão, no Brasil, houve uma expansão nos investimento em pesquisa, calculada em 10% anuais. No cômputo geral, cerca de 2% da produção científica mundial é brasileira. Isto parece pouco, contudo, é a melhor marca do Brasil.

O destaque entre os emergentes, porém, é a China, com uma taxa de crescimento da ordem de 20%. Segundo dados da OCDE⁷, os Estados Unidos mantêm a dianteira no ranking de investimentos (GERD⁸), com US\$ 369 bilhões; o Japão vem em seguida; com US\$ 148 bilhões; e, na terceira posição, aparece a China, com US\$ 102 bilhões (UNESCO, 2010) como mostra a tabela 2.

⁶ PNB - Produto Nacional Bruto: representa o valor monetário de todos os bens e serviços produzidos por uma nação, inclusive os lucros recebidos de transnacionais.

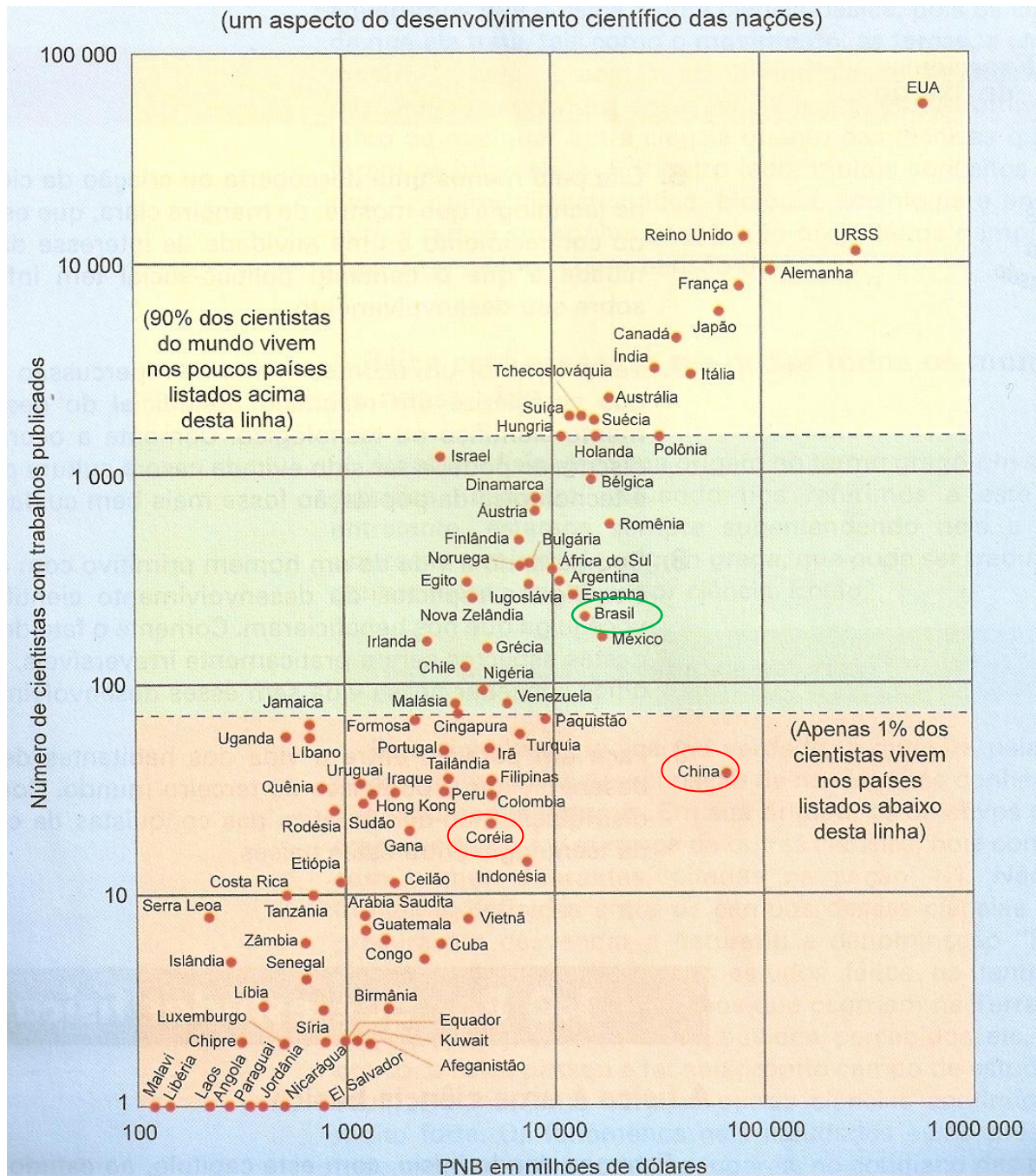
O PIB - Produto Interno Bruto: representa todas as riquezas produzidas dentro das fronteiras de uma região, independentemente do destino dessa renda. Descartando a entrada de verbas do exterior.

Os países com muitas empresas de atuação global, como nos Estados Unidos, o PNB tende a ser maior, já que há uma grande absorção dos lucros gerados por suas empresas no exterior.

⁷ Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

⁸ Da sigla inglesa: gasto interno bruto em P&D

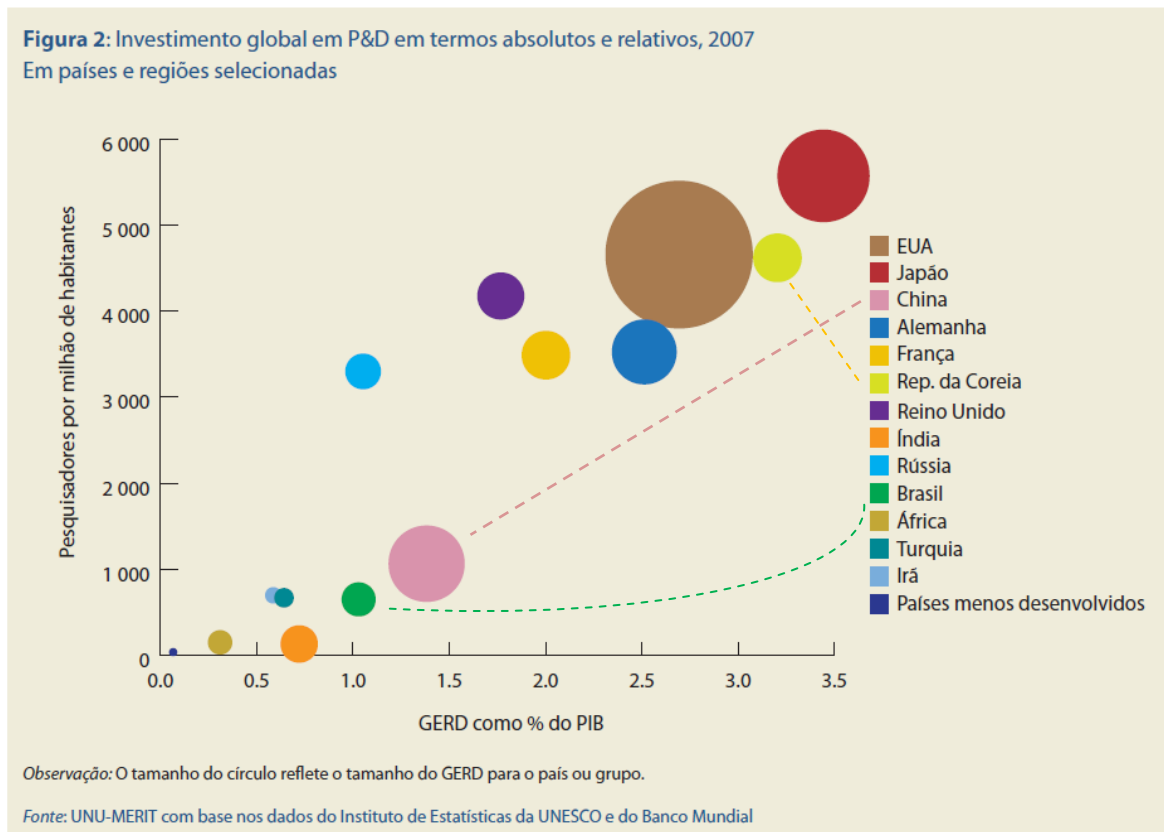
Tabela 1- Número de cientistas X Produto Nacional Bruto



Fonte: Alvarenga, 1997.

Segundo Trevisan (2009), a forma de medida internacional do desenvolvimento científico é o número de cientistas a cada 100 mil habitantes. Um número menor de cientistas significa menos geração de tecnologia, menos desenvolvimento e também menor independência econômica e mais dependência tecnológica.

Tabela 2 - Investimento em P&D

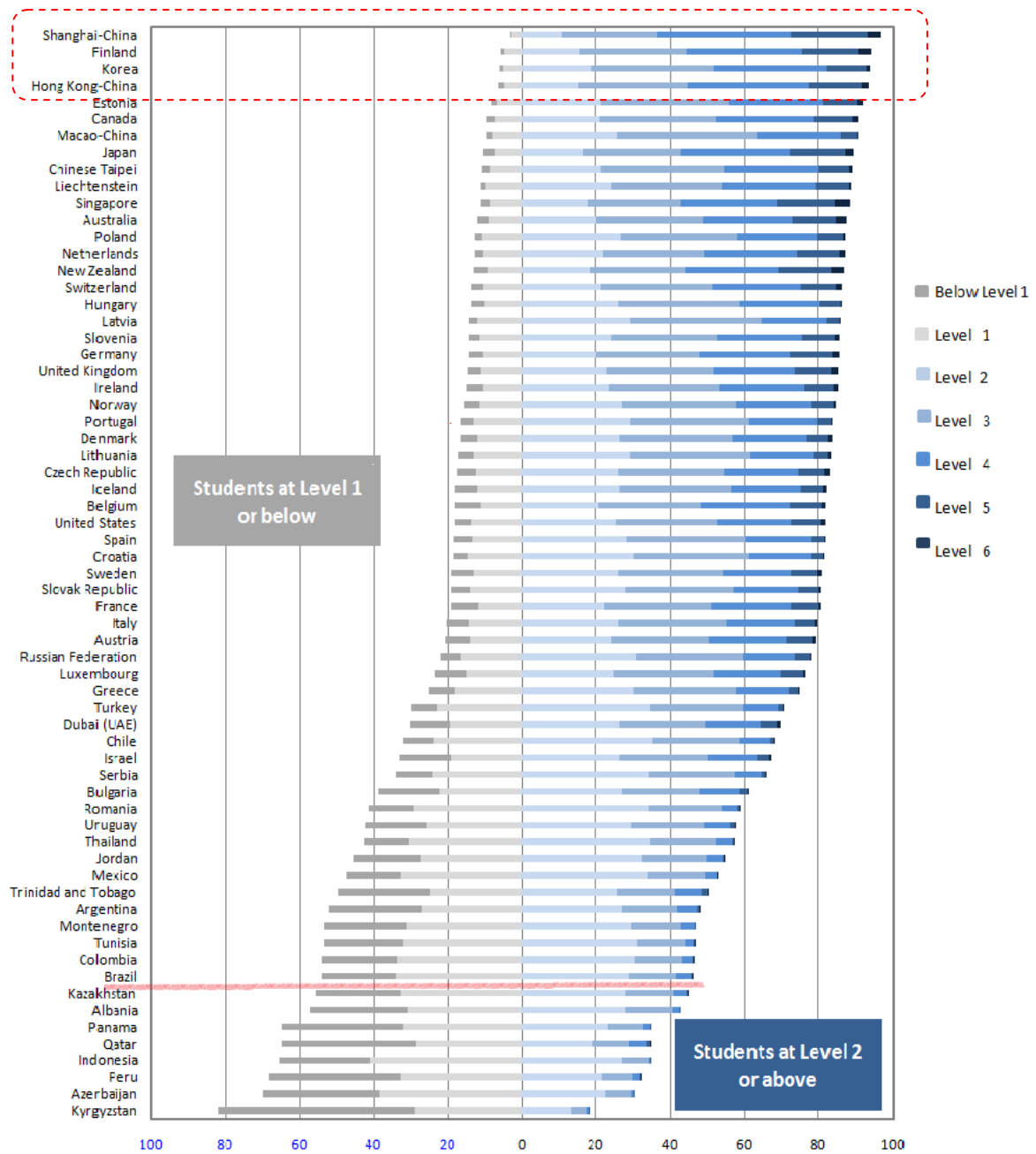


Surpreendente é a comparação dos avanços da posição da China e Coreia na tabela 1 (1967) com a atual posição na tabela 2 (2007). Os frutos deste avanço no campo educacional podem ser observados no desempenho dos estudantes nos resultados do PISA⁹ (2009), programa desenvolvido e coordenado internacionalmente pela OCDE. As avaliações do PISA incluem cadernos de prova e questionários e acontecem a cada três anos, enfatizando três disciplinas: Leitura, Matemática e Ciências.

Bem diferente dos estudantes coreanos e chineses, de acordo com os resultados representados na tabela 3, o Brasil ficou na 57ª posição. Os alunos brasileiros apresentam maior número de acertos nas questões de níveis 1, 2 e 3, consideradas as mais fáceis do exame, pois são requeridos conhecimentos básicos para sua realização. O nível de acertos em questões mais elaboradas presentes nos níveis 4, 5 e 6, é menor.

⁹ Programa Internacional de Avaliação de Alunos - programa internacional de avaliação comparada, tendo como principal finalidade a produção de indicadores da qualidade dos sistemas educacionais, avaliando o desempenho dos alunos que estão na faixa etária dos 15 anos, é com esta idade que a maior parte dos países realiza a avaliação, pois na maioria dos países ocorre o término da escolaridade básica obrigatória. No Brasil é coordenado pelo INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais

Tabela 3 - Porcentagem de estudantes por nível de proficiência em ciências



Nossos melhores alunos têm o nível de acertos comparados aos piores alunos dos países que estão melhores no ranking. Portanto, constata-se que os alunos brasileiros necessitam de mais qualidade nas aulas de ciências, para que adquiriram conhecimentos e habilidades essenciais para uma participação mais efetiva na atual sociedade, tendo em vista o arcabouço de aparatos tecnológicos exigidos. O ensino de ciências, da forma como vem sendo tratado no Brasil, não tem conseguido formar cidadãos com o devido espírito crítico.

O Brasil este ano foi considerado a sexta economia do mundo. É preciso que haja uma política integrada de educação, ciência e tecnologia semelhante ao ocorrido na República

da Coreia, que em 40 anos saiu de patamares equiparáveis a países africanos em nível de PNB e após investimentos maciços e concretos em educação desde o nível fundamental até o superior e se tornou uma potência tecnológica com um nível de excelência em educação. O Brasil neste período não teve avanço significativo.

É importante refletir neste momento que, em 2015, teremos que apresentar uma prestação de contas das metas do milênio à ONU¹⁰, na medida em que somos signatários do documento que as aprovou em 2000. Dentre essas metas, vale destacar a Meta 3, que indica a necessidade de atingir o ensino básico universal, e a Meta 4 que visa garantir que toda criança de ambos os sexos termine um ciclo completo de ensino básico. A Meta 16 propõe formular e executar estratégias que permitam aos jovens obter trabalho digno e produtivo. A Meta 18, em cooperação com o setor privado, indica a necessidade de tornar acessíveis aos estudantes os benefícios das novas tecnologias, em especial das tecnologias de informação e de comunicação.

O professor Ernest Hamburger, apud Trevisan (2009), da Universidade de São Paulo, relata que quem aprende ciência “desenvolve um raciocínio diferente” possibilitando um desenvolvimento cognitivo que gera curiosidade científica, despertando a vocação para a pesquisa, o que leva o aluno do ensino médio para os cursos de formação em Ciências Exatas ou biológicas, essenciais para o desenvolvimento tecnológico do país.

2.6.1 ALGUMAS CAUSAS ANTIGAS QUE PERDURAM

A criança de 6 anos é “parafusada” numa cadeira dura para estudar palavrorio durante horas e horas. Será por acaso que a criança em desenvolvimento, esta força da natureza, essa exploradora, é mantida imóvel, petrificada, confinada à contemplação de paredes, enquanto o sol brilha lá fora. Obrigada a prender a bexiga e os intestinos 6 horas por dia, exceto alguns minutos de recreio durante 7 anos ou mais?

Haverá maneira melhor de aprender a submissão? Isso penetra por músculos, sentidos, tripas, nervos e neurônios...trata-se de uma verdadeira lição de totalitarismo. A posição sentada é reconhecidamente nefasta para a postura e para a circulação, e no entanto eis o nosso homem ocidental com problemas de coluna, as veias esclerosadas, os pulmões retraídos, hemorróidas e nádegas achatadas...faz um século que vemos as crianças arrastando os pés embaixo das carteiras, entortando o corpo e pulando como rãs quando a sineta bate. Este tipo de manifestação é atribuído a turbulência infantil: nunca à imobilidade insuportável imposta as crianças, a culpa é sempre da própria vítima. Não, não é um acaso. É um plano. Um plano desconhecido para os que o cumprem. Trata-se de domar. Domesticar fisicamente essa máquina fantástica de desejos e prazeres que é a criança.

(ROCHEFORT apud B. HARPER, 1980, p. 47)

¹⁰ Organização das Nações Unidas

As causas do fracasso da educação brasileira são antigas. A citação acima, de certo modo, sintetiza parte do problema. Não vou me ater de forma prolongada neste tema, citando apenas alguns pontos que prejudicam de forma mais clara o bom desempenho do ensino de física/ciências:

- Práticas pedagógicas conservadoras;

O ensino de física e ciências, no atual contexto, causa desânimo, podendo gerar falta de interesse e atenção dos discentes, ocasionando até repulsa por parte de alguns alunos. Como se já não bastasse à falta de experimentos e a ausência de alternativas de aprendizagem apresentadas a esses alunos, na maioria das escolas ainda ocorre o fenômeno de matematização desta ciência.

A aprendizagem, na maioria das situações, pode ser resumida a um monte de equações matemáticas que passaram a ser chamadas de “fórmulas”, sendo que, na maioria das escolas, estas devem ser decoradas pelos alunos, sem que eles as compreendam e saibam que estas equações representam um modelo da natureza. Os dados utilizados nos exercícios surgem sem significado, já que muitos alunos sequer entendem de onde vieram e como eles foram coletados.

Para Moreno (2006) a matemática é um instrumento vital para a física, mas isto não autoriza ninguém a transformar o ensino da física num interminável desfile de deduções algébricas. A matemática é um ramo do conhecimento estritamente dedutivo, que pode ser desenvolvido independentemente do mundo material e por isso tem caráter absoluto e imutável. A física, pelo contrário, é uma ciência empírica, que parte da observação do mundo físico e aplica a matemática para relacionar as medidas colhidas nos experimentos a fim de elaborar suas leis, sendo um conhecimento provisório, podendo ser mudado através de novas descobertas.

Muitos professores acreditam, no entanto, que a matemática é a parte mais importante da física, mas esquecem-se de que esta ciência é formada pela parte teórica, recheada de cálculos matemáticos, e a parte experimental permeada pelas experiências e intuição. Bachelard (1996, p.262) fala da matematização excessiva como um obstáculo epistemológico ao conhecimento científico, no momento em que as medidas são mais valorizadas que o fenômeno ou o objeto de estudo: “O cientista crê no realismo da medida mais do que na realidade do objeto”. Segundo ele, “É preciso refletir para medir, em vez de medir para refletir.”

- Baixa incorporação de avanços tecnológicos;

Os avanços tecnológicos foram incorporados por vários segmentos da nossa sociedade, indústria, empresas, bens de consumo, eletrodomésticos e saúde. Segundo Wittaczik, (2008), a área educacional não deve ficar aquém desta tecnologia, a educação deve ser a vanguarda das inovações ou pelo menos estar em sintonia com elas. A pouca utilização das tecnologias da informação e comunicação; ocasionam um afastamento da sala de aula da vida cotidiana.

- Herança do Fordismo;

Nos últimos anos, com a política de inserir todas as crianças na escola, esta se tornou uma fábrica rudimentar, carente de espaços e materiais adequados, o professor, um operário de baixa qualificação, e os alunos os bens construídos em grande quantidade, saindo desta linha de produção, todos iguais, no modelo básico. Apesar dos avanços no plano quantitativo, descuidou-se da qualidade. Atualmente com a globalização está ocorrendo a mercantilização da educação. Os profissionais da educação precisam passar por uma avaliação de desempenho, atingir metas para terem direito a um bônus salarial, enfim, o professor se quiser uma melhora salarial, deve agir como um vendedor comissionado. Papert, (2008, p.64) salienta que:

a escola como instituição, com seus planos diários de lições, currículos estabelecidos, testes padronizados e outras tantas parafernálias, tende constantemente a reduzir a aprendizagem a uma série de atos técnicos, reduzindo o professor ao papel de técnico. Evidentemente, ela jamais obtém sucesso completo, pois os professores resistem ao papel de técnico e desenvolvem relacionamentos naturais, afetuosos, nas suas salas de aula

- Profissionais sem formação específica ou com qualificação inadequada;

Com a incorporação da tecnologia pela escola, é preciso também uma inovação pedagógica nos usos destes avanços para uma efetiva relação teórico prática; os professores precisam aprender sobre a nova tecnologia e como usá-la para ensinar.

- Risco social e alta vulnerabilidade dos alunos.

Os esquemas cognitivos dos alunos são influenciados por suas vivências, experiências prévias, seus valores, preconceitos e afetos a partir de suas relações sociais. Contudo o grande desnível social cria sociedades diferentes, com indivíduos de anseios distintos. A escola, infelizmente ainda é feita para um aluno padrão, e pressupõe que todos sejam iguais socialmente.

Alguns destes problemas são citados nos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN (1998, p.22):

O ensino de Física tem-se realizado freqüentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver.

Ao longo dos anos, segundo os PCNs, essa forma de ensinar Física e Ciência se tornou a regra, enraizando-se como única maneira de se ensinar, PCN (1998, p.22):

Esse quadro não decorre unicamente do despreparo dos professores, nem de limitações impostas pelas condições escolares deficientes. Expressa, ao contrário, uma deformação estrutural, que veio sendo gradualmente introjetada pelos participantes do sistema escolar e que passou a ser tomada como coisa natural.

Grande parte destes problemas provém do baixo investimento do país em educação. Contudo, só o investimento financeiro pode não ser a solução, é preciso uma quebra de paradigmas históricos. Silva & Gentili (1996, p. 18) salientam que:

Não faltam escolas, faltam escolas melhores, não faltam professores, faltam professores mais qualificados; não faltam recursos para financiar as políticas educacionais, ao contrário, falta uma melhor distribuição dos recursos existentes. Sendo assim, transformar a escola supõe um enorme desafio gerencial: promover uma mudança substantiva nas práticas pedagógicas, tornando-as mais eficientes; reestruturar o sistema para flexibilizar a oferta educacional, reformular o perfil dos professores, requalificando-os, implementar uma ampla reforma curricular.

É comum a pouca atenção dada às reclamações dos alunos frente a estes problemas, Papert (2008, p.21) nos alerta que:

Entre as insatisfações, o sentimento das crianças não é uma das menores; no passado elas podiam não gostar da escola, mas eram persuadidas a acreditar que ela era o passaporte para o sucesso na vida. Na medida em que as crianças rejeitam uma escola que não está em sintonia com a vida contemporânea, elas tornam-se agentes ativos de pressão para a mudança. Como qualquer outra estrutura social, a Escola precisa ser aceita por seus participantes. Ela não sobreviverá muito além do tempo em que não se puder mais persuadir as crianças a conceder-lhe certo grau de legitimidade.

2.7 MODELOS: SEUS PRINCIPAIS TIPOS

Para tentar minimizar este quadro de deficiências, alguns professores buscam diferentes recursos didáticos, dentre os quais se destaca a modelagem.

Modelar significa construir modelos, ou seja, representar um objeto, sistema ou fenômeno, entre outras coisas, através de metáforas e analogias. Com tal recurso, cientistas buscam explicar estruturas que vão desde escalas microscópicas, tais como o átomo, até as escalas macroscópicas, assim como órbitas de planetas. Na maioria das vezes, estas estruturas são inalcançáveis, devido às limitações da tecnologia, incitando cientistas a criarem modelos para estudá-las. Um modelo pode ser visto como um intermediário entre as abstrações da teoria e as ações concretas da experimentação, o que ajuda a fazer previsões, guiar investigação, resumir dados, justificar resultados e facilitar a comunicação. Os modelos são utilizados em todas as áreas do conhecimento, devido a sua versatilidade e facilidade de uso.

Os modelos da física, como os demais, representam o objetivo ou a situação em si; uma de suas características mais importantes é que ele capta a essência (se parece analogicamente) dessa situação ou objeto.

Para Gilbert & Boulter (1998), modelos podem ser definidos como uma representação de um ideia, um objeto, um sistema, um evento ou um processo. Esses modelos no campo da educação em Ciências poderiam ser utilizados para representações que variam de uma ideia passageira até grandes objetos, conforme os encontrados em museus. Os autores afirmam que os modelos são mais acessíveis à percepção que as teorias e ainda permitem mais facilmente que as consequências das teorias possam ser deduzidas e testadas experimentalmente.

De acordo com Fonseca (2010), o trabalho com modelos utiliza frequentemente os termos: *veículos* e *alvo*. O veículo é representado pelo objeto, ou modelo (análogo), geralmente familiar ao estudante, já o alvo é o objetivo de ensino, ou seja, aquilo que se pretende ensinar aos estudantes e que não é familiar aos mesmos. Os modelos, analogias e metáforas são apontados pelos investigadores como estratégias didáticas fundamentais para o ensino e a aprendizagem de temas complexos pertinentes a áreas científicas. Isso se dá pela possibilidade que estes oferecem de construir, ilustrar ou compreender um domínio científico desconhecido a partir de um domínio familiar a eles, com base na exploração de atributos/relações comuns e não comuns de ambos os domínios: **alvo e veículo**.

Nagem (1997) à frente do Grupo de Estudos em Metáforas, Modelos e Analogias na Educação e na Ciência (GEMATEC), relaciona diferentes tipos de modelos explorados

pelos professores, sendo que, abaixo, pontuo os mais usados em educação, deixando claro que um mesmo modelo pode apresentar mais de uma tipologia e se relacionar a concepções de aprendizagem nem sempre concordantes:

2.7.1 MENTAL

Este é o mais básico dentre todos os modelos, muito usado nas aulas para facilitar a compreensão ou o ensino de certo conceito. Como uma espécie de filme interno, professores pedem para que os alunos imaginem que estão passando pela situação a que se quer estudar, como por exemplo: o de se estar em queda livre, na superfície da lua ou mergulhando no fundo do mar.

Este tipo de modelo passou a ser chamado de experimento mental ou de pensamento e depende da capacidade imaginativa dos alunos. Contudo devido a sua simplicidade, tal modelo não deve ser menosprezado. Através de experimentos deste tipo, Newton e Einstein conceberam a gravitação universal e a teoria da relatividade.

Figura 2 - A capacidade imaginativa dos alunos em relação ao objeto avião

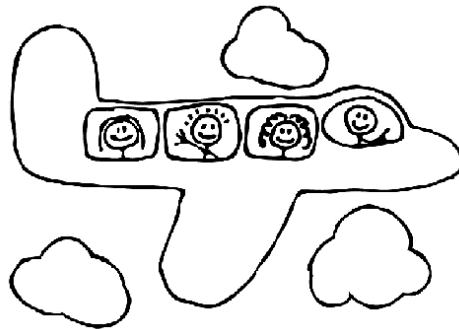


Fonte: Mariana, 2010.

2.7.2 PICTÓRICO

São identificados por intermédio de desenhos que representam estruturas ou funções semelhantes ao que se quer descrever. É um recurso imprescindível para o entendimento de física/ciências, e deve ser sempre usado na resolução dos exercícios e problemas. O desenho das situações ajuda a visualizar o fenômeno estudado.

Figura 3 - Desenho representativo do objeto avião



Fonte: Bulla, 2011.

2.7.3 IMAGÉTICO

São imagens captadas e registradas de uma realidade momentânea, por intermédio de aparelhos e instrumentos. São exemplos: retratos, cópias xérox, chapas tomográficas ou radiográficas, impressos, estátuas em museus, pinturas ou qualquer outra produção ou reprodução de uma imagem construída ou impressa em uma superfície. A escolha do livro didático deve levar em conta tal situação, salientando que ciências é uma disciplina dinâmica, e o recurso imagético tem um caráter estático.

Figura 4 - Foto de um avião Lineage 1000 da Embraer

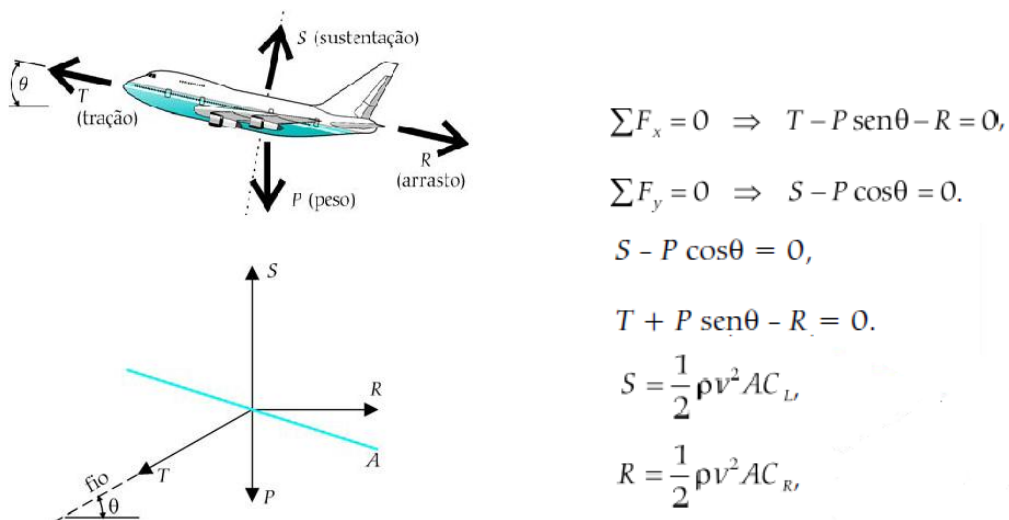


Fonte: Valduga, 2011.

2.7.4 MATEMÁTICO

Utiliza o pensamento e a linguagem matemática (signos) como forma de representar um fenômeno ou problemas de uma situação real. Como já dito anteriormente, o excesso do uso deste tipo de modelo é uma das causas da rejeição e pré-conceito à disciplina de Física por parte dos alunos. Seu uso é tão largamente usado que alguns alunos chegam a confundir as duas ciências – para eles a aula de Física é uma aula onde se resolvem problemas matemáticos, sendo apenas prática de Matemática.

Figura 5 - A representação matemática das forças atuantes em um avião em vôo



Fonte: Studart, 2011.

2.7.5 HISTÓRICO

Um agrupamento de teorias, ideias, práticas e paradigmas que caracterizam os processos históricos, possibilitando interpretar e compreender o passado, para que com isso entendamos melhor o presente. O recurso histórico é pouco utilizado nas aulas de física e ciências, fazendo com que tenhamos uma imagem distorcida do que é a ciência e de quem são seus realizadores. Mas este recurso nos ajuda a compreender a evolução tecnológica e a pensar e planejar o futuro.

Figura 6 - A evolução técnica do avião



O 14-bis levanta vôo no Campo de Bagatelle
Fonte: Godoy.



AT-26 Xavante - **Embraer** da FAB
Fonte: FAB.

2.7.6 VIRTUAL

São criados a partir da modelagem computacional e apresentados em ambientes virtuais. A execução destes modelos em tais ambientes se constitui em uma simulação.

Figura 7 - Simulador de vôo



Fonte: Gonzaga, 2011.

2.7.7 FÍSICO

Refere-se a todo e qualquer modelo concreto, material, que pode ser percebido através dos sentidos, comumente chamado de “experimento”. Sendo que ele estabelece uma série de correspondências com o sistema empírico original.

Figura 8 - Modelo físico de um avião em vôo apresentado pelo autor



Fonte: Arquivo pessoal.

Nosso trabalho, como dito anteriormente, será focado na análise do impacto pedagógico provocado nos alunos em decorrência da utilização de dois destes modelos:

O modelo físico, construído pelos alunos em uma oficina e o modelo virtual, ambos, aplicados no estudo de um mesmo fenômeno natural.

2.8 A OFICINA DE MODELOS FÍSICOS

“Contaram-me e esqueci
Vi e entendi
Fiz e aprendi”
(CONFÚCIO)

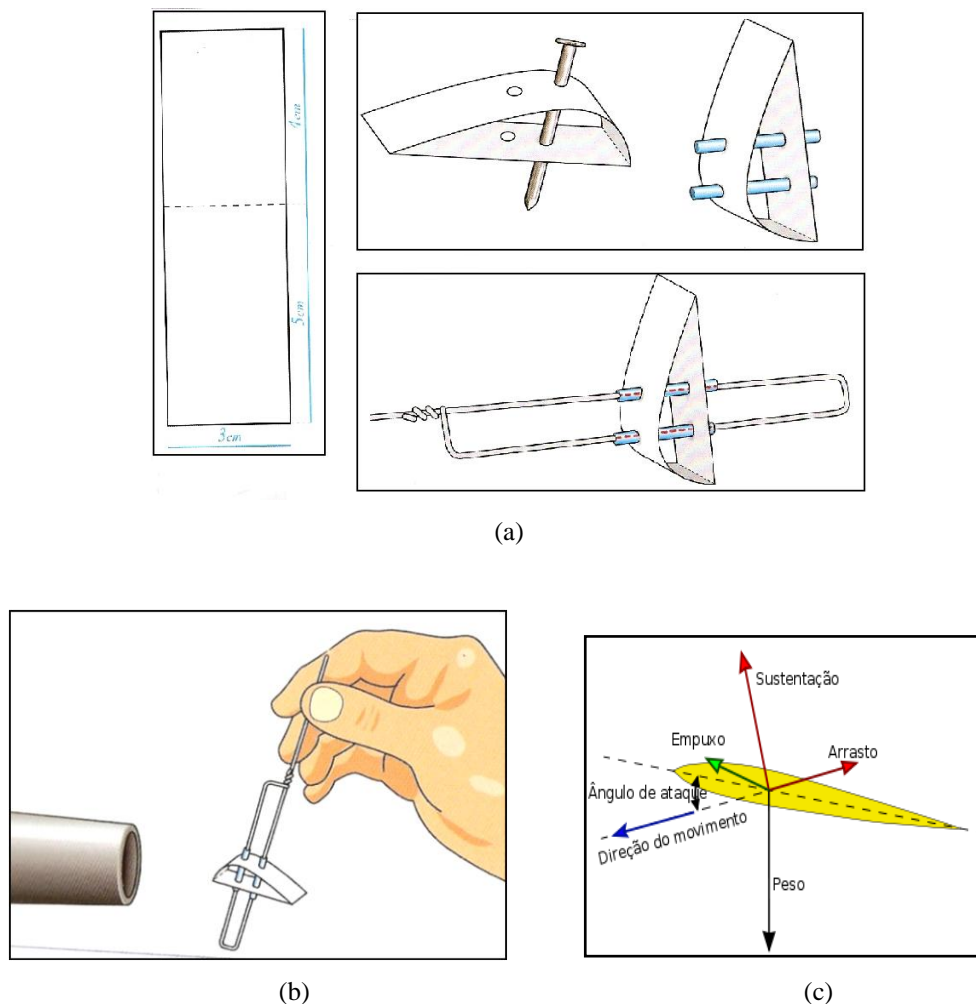
A maioria dos professores de Física e Ciências utilizam modelos já prontos, apresentam o modelo acabado em sala de aula, onde é feita uma analogia experimental com os fenômenos naturais. Tais modelos são comumente chamados de experimentos e seu uso é denominado pelos alunos de experiência: *o professor hoje vai realizar uma experiência na sala.*

No entanto, para que os modelos sejam aplicados de forma mais efetiva, é primordial entender o que significam, uma vez que podem ser interpretados como se fosse um retrato real do fenômeno físico que eles representam. Isso pode constituir um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem, conforme assinalado por Bachelard (1999).

Uma atividade ainda mais eficaz, no entanto, seria a construção deste modelo físico através de uma oficina.

Neste caso, o aluno não só presencia o uso do veículo (modelo), mas participa da sua construção, o que diminui consideravelmente a dificuldade deste aluno em perceber que o modelo é análogo ao fenômeno físico que se pretende estudar, tendo, portanto limitações se comparado ao real. Na Figura 9, observamos a construção passo a passo da seção de uma asa de avião utilizando papel e canudinho de refrigerante (a), e em seguida observamos a seção da asa, flutuando devido ao fluxo de ar produzido por um secador de cabelo (b), em (c) a resultante das forças que atuam na asa de um avião.

Figura 9 - Oficina e suas etapas



Fonte: Dutra, Valadares & Mateus, 2006.

Ao ser exposto a desafios práticos, o aluno desenvolve habilidades não contempladas nos programas tradicionais, como o trabalho manual, a capacidade de trabalhar em equipe e o uso de ferramentas e instrumentos de medida. Ao desenvolverem um protótipo

que demanda diversos conhecimentos, os alunos passam a acreditar no seu próprio talento, o que aumenta consideravelmente a sua auto-estima, além de lhes permitir uma apropriação criativa do conhecimento formal.

Durante a oficina os alunos através do erro experimental aperfeiçoam, testam, destroem e constroem novos conhecimentos, como diz Piaget (1998 p.176) em “Fazer e compreender”:

Fazer é compreender em ação uma dada situação em grau suficiente para atingir os fins propostos. E compreender é conseguir dominar, em pensamento, as mesmas situações até poder resolver os problemas por elas levantados, em relação ao por que e ao como das ligações constatadas e, por outro lado, utilizadas na ação

Por fim, as oficinas pedagógicas, criam a oportunidade do trabalho em equipe que vem sendo amplamente debatido no ensino de ciências. Portanto, elas possuem um papel significativo na rotina diária de uma sala de aula e devem ser exploradas, quando há interesse em promover processos de aprendizagem.

2.9 A INFORMÁTICA, SEUS MODELOS E SIMULAÇÕES

Algumas pesquisas sobre o uso de computadores na educação são feitas, desde o surgimento desta tecnologia. Com o objetivo de estimular o desenvolvimento da pesquisa multidisciplinar voltada para a aplicação das tecnologias de informática no processo de ensino-aprendizagem, o projeto EDUCOM¹¹ foi criado em 1986, realizando pesquisas e desenvolvimentos de tecnologias voltadas para o uso dos computadores pelas escolas.

Uma das conclusões destes estudos foi que, para se obter sucesso no uso da informática nas escolas, o computador deveria ser um meio de provocar mudanças pedagógicas profundas e não, apenas permitir automatizar o ensino ou preparar o aluno para trabalhar com a informática.

Apesar destes estudos, o potencial educacional da informática nos últimos anos, não vem sendo devidamente aproveitado. O computador na maioria destas instituições é usado como um meio de transmissão de conhecimento. Basicamente ele é usado como livro didático ou enciclopédia eletrônica.

¹¹ Projeto que envolveu universidades como UNICAMP – Universidade de Campinas, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro e UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

Papert (2008) diz que uma das causas do uso do computador, apenas como meio de transmissão de conhecimento, seria a de que o ensino tradicional é intimamente ligado à mídia do texto escrito, especialmente do impresso, privilegiado dentre outras formas de se trabalhar o processo de ensino-aprendizagem.

Segundo ele, os erros no processo de introdução da informática nas escolas foram a grande causa deste problema. O computador, que poderia melhorar a educação em níveis jamais vistos antes, teria sido incorporado pela escola de maneira errada.

Primeiramente, todos os computadores foram montados em uma única sala, que passou a ser denominada laboratório de informática. O passo seguinte foi a criação de um currículo para o computador, ministrado por um profissional especializado em informática. Para Papert, este processo pouco a pouco foi desgastando as características subversivas do computador. Ele, que poderia ser usado com uma ponte de ligação entre as matérias, desafiando a idéia de fronteiras entre as mesmas, acabou tornando-se uma nova matéria: “em vez de mudar a ênfase de um currículo formal e impessoal para a exploração viva e empolgada por parte dos alunos. O computador passou a ser usado para reforçar o modo de ser da escola. O que começara como um instrumento de mudança foi neutralizado pelo sistema, convertido em instrumento de consolidação” (Papert, 2008, p.51). Papert não critica o fato dos computadores ficarem em uma sala separada, mas ao fato de que nesta sala eles sejam separados das demais disciplinas. Para ele, o laboratório de informática pode ser utilizado de formas maravilhosas, desde que se torne um ponto de encontro interdisciplinar de idéias que anteriormente foram mantidas separadas.

São várias as possibilidades de uso educacional do computador. Segundo Jonassen (1996) ele poderia ser utilizado segundo a seguinte classificação:

- **Aprender a partir da tecnologia**, em que a tecnologia apresenta o conhecimento, e o papel do aluno é receber esse conhecimento, como se ele fosse apresentado pelo próprio professor. São programas conhecidos como CAI – Computer Aided Instruction (Instrução Auxiliada pelo Computador), feitos para ministrar exercícios tradicionalmente aplicados por um professor, no quadro, no livro ou numa folha de exercícios.
- **Aprender acerca da tecnologia**, em que a própria tecnologia é objeto de aprendizagem. É o método mais utilizado em nossas escolas, onde o aluno, através de um curso de informática básica, recebe conhecimentos sobre o computador e sua utilização.
- **Aprender por meio da tecnologia**, em que o aluno aprende programando no computador por meio de linguagens simples como o LOGO.

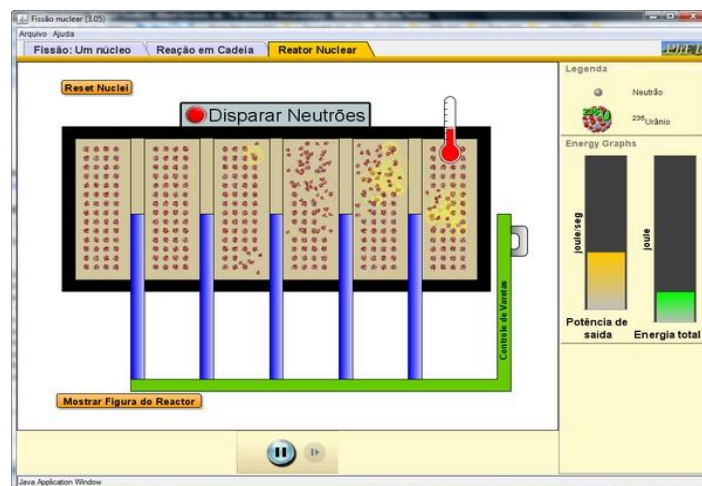
- **Aprender com a tecnologia**, onde o aluno aprende usando a tecnologia como ferramenta cognitiva de apoio no processo de reflexão e de construção do conhecimento. Os simuladores computacionais se enquadram nessa categoria.

Papert, fundamentando-se na teoria construtivista de Piaget, define o termo *construcionismo* para a construção do conhecimento pelo aluno utilizando os métodos citados acima. Segundo ele, **um melhor aproveitamento desta tecnologia**, poderia melhorar a educação em níveis jamais vistos antes.

2.9.1 O MODELO VIRTUAL

O uso de modelos virtuais é uma técnica bastante comum, sendo utilizada em larga escala, por exemplo, em: institutos de pesquisas, indústrias automobilísticas, empresas aéreas, petrolíferas etc. São utilizados em situações que possam acarretar risco, como a manipulação de substâncias químicas ou objetos perigosos; em experimentos complexos, caros ou muito demorados.

Figura 10 - Modelo virtual para simular um reator nuclear



Fonte: Universidade do Colorado, 2011.

Infelizmente, seu uso no ensino de Física e Ciências ainda é escasso, já que o uso do computador na educação serve principalmente ao propósito de transmissão de conhecimento, como visto acima, outra provável causa é o desconhecimento de softwares para modelagem virtual por parte dos professores.

O uso de modelos virtuais na educação, segundo Valente (1999), é a atividade de usar o computador para expressar o modelo de um fenômeno/processo com o objetivo subsequente de explorar suas possíveis consequências e reavaliar, a partir dos feedbacks das simulações, o próprio conhecimento sobre o fenômeno/processo alvo.

Estes modelos podem ser utilizados segundo a idéia construcionista de Papert, já que sua simulação oferece a possibilidade do aluno desenvolver hipóteses, testá-las, analisar resultados e refinar seus conceitos. Para Valente (1993 e 1999) este o processo de aprendizagem obedece ao ciclo: *descrição-execução-reflexão-depuração-descrição*, sendo que:

- **Descrição:**

É o início do processo. Esboça uma idéia de como resolver o problema proposto. O aluno utiliza seus conhecimentos para representar o problema e procura uma maneira de resolvê-lo com um simulador.

- **Execução:**

É a etapa onde o computador realiza a execução dos procedimentos descritos, apresentando em sua tela o resultado obtido em um feedback imediato.

- **Reflexão:**

É a parte analítica do feedback pelo aluno. Este observa o resultado apresentado e faz uma reflexão, podendo acarretar uma das seguintes ações: o aprendiz não modifica suas idéias porque o resultado apresentado no computador corresponde à sua idéia inicial; ou o aprendiz *depura* o procedimento quando o resultado é diferente da sua intenção inicial.

- **Depuração:**

Nesta etapa, o aluno pode buscar novas informações, conceitos e/ou estratégias para a resolução do problema, este processo destaca o papel construtivo do erro, na seqüência de encontrar, refletir e corrigir. O erro é uma oportunidade para o aluno aprender determinado conceito, sendo toda a informação deste processo assimilada, e utilizada para modificar a descrição anteriormente definida. Repete-se, então, nesse momento, o ciclo *descrição-execução-reflexão-depuração-descrição*, possivelmente segundo Valente (1993 e 1999) em um nível superior no desenvolvimento cognitivo.

Entretanto a construção de modelos virtuais (software) é uma tarefa que exige um grande conhecimento em programação de computadores. Contudo, há modelos virtuais gratuitos, já prontos existentes, em larga escala, e que estão disponíveis na internet em

diversos sites de universidades nacionais e internacionais para download ou utilização on-line sem custo algum.

A gratuidade dos modelos virtuais para simulação é uma grande vantagem para sua utilização nas escolas públicas, tendo em vista a constante falta de recursos financeiros destinados à educação. O uso desta ferramenta nos possibilita observar, em alguns minutos, a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que desejar.

O uso de oficinas e o uso do computador no sentido reflexivo seriam compatíveis com as teorias que servem de guia ao nosso estudo.

3 O QUE EXISTE SOBRE O TEMA DE INVESTIGAÇÃO ESCOLHIDO

Foram feitos estudos de âmbito nacional sobre as teses e dissertações, defendidas a partir de 1987, que abordavam temas que pudessem servir de subsídio a este trabalho, em especial, no banco de teses do Portal de Periódicos da Capes/MEC no endereço:

<http://www.capes.gov.br/servicos/banco-de-teses>

O site dispõe de ferramentas que permitem a busca por autor, título e palavras-chave.

Primeiramente procurei pelo tema de minha pesquisa, que é a construção de um modelo físico em uma oficina pedagógica, alternando com o modelo virtual e não encontrei nenhum trabalho a partir do ano de 1987.

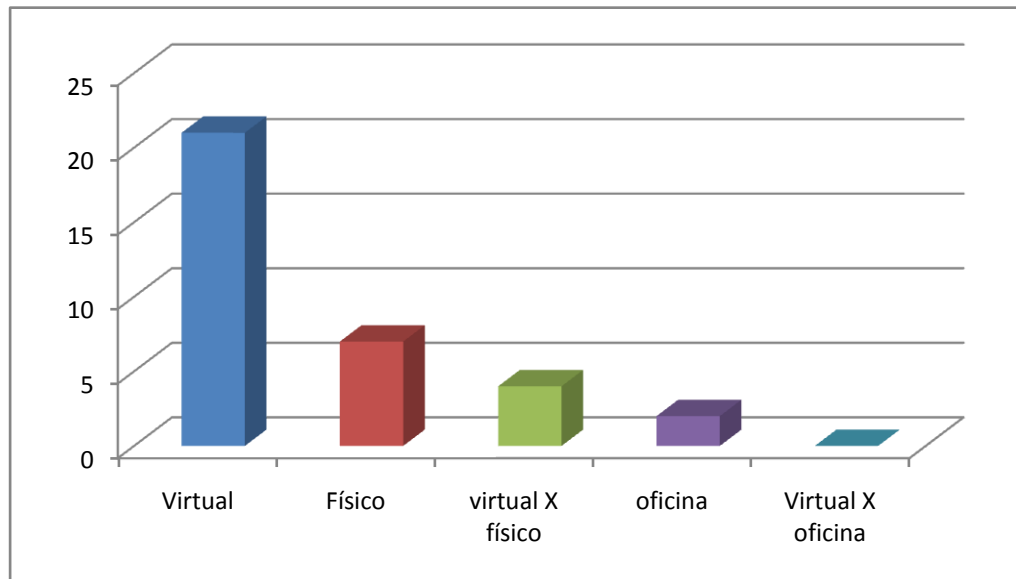
O presente trabalho será focado em uma oficina, onde os alunos constroem o modelo físico a ser usado em sala de aula. Procurei por trabalhos que tratassem de oficinas ou construções de experimentos, somente, relacionados com ensino de física ou ciências: encontrei, apenas, 02 (duas) dissertações de mestrado.

Em seguida fiz uma busca de trabalhos que abordassem, apenas, o uso de modelos virtuais ou simuladores utilizados no ensino de física ou ciências, encontrando 18 (dezoito) dissertações de mestrado e 03(três) teses de doutorado.

Busquei também trabalhos que abordassem apenas o uso de modelos físicos (já construídos) ou experimentos, mas, neste caso, a busca não especificava se os modelos físicos foram construídos ou não pelos alunos, encontrando 06 (seis) dissertações de mestrado e 01(uma) tese de doutorado. Como a busca sobre oficinas alternadas com modelo virtual foi infrutífera, resolvi encontrar trabalhos que utilizassem os modelos físicos (já construídos) alternados com o modelo virtual, encontrando 03(três) dissertações de mestrado e 01(uma) tese de doutorado.

Estes dados estão representados pela tabela 4 e a relação dos trabalhos acessados em ANEXO.

Tabela 4 - Trabalhos relacionados com o tema de pesquisa



O estudo do uso de oficinas de modelos físicos (experimentos) trabalhado de forma integrada com modelos virtuais (simuladores computacionais) é, portanto, raro e pode constituir uma ferramenta interessante para iniciar os alunos e professores, em uma nova modalidade de ensino-aprendizagem, além de permitir ao aluno uma apropriação criativa do conhecimento formal.

Alguns destes trabalhos serviram de inspiração para essa pesquisa, com será visto adiante:

Dos trabalhos que tratam do uso de simuladores (modelos virtuais) como o de Reis (2003), Balen (2005), Carvalho (2008), Gonçalves (2005), Araujo (2005), Santos (2006), Reis (2003) e Orlandi (2004). Todos defendem o uso dos simuladores quando as experiências se tornarem inviáveis ou por falta de espaço físico, laboratório, falta de tempo hábil, quando o fenômeno físico é de difícil compreensão ou abstração, ou no lugar de experiências difíceis ou impossíveis de se realizar na prática por serem muito perigosas, lentas ou muito rápidas.

Araujo (2005), por exemplo, utiliza simuladores para a construção de gráficos de cinemática e de forma animada facilitar o entendimento desta parte abstrata da física. Já Santos (2006) o utiliza quando os experimentos complexos não mostram a totalidade do fenômeno estudado, a experiência deixa a vista apenas o que se pode ver macroscopicamente, mas fatores microscópicos não são percebidos, como na dinâmica dos gases.

Para estes autores os simuladores possibilitam uma melhor compreensão de conteúdos na medida em que disponibilizam elementos gráficos e animações em um mesmo ambiente de aprendizagem tais como:

- Visualização de gráficos e consequente interpretação;
- Observação das trajetórias dos movimentos;
- Análise vetorial das simulações;
- Interpretação matemática das representações gráficas, analíticas e analógicas.
- Análise das relações entre as grandezas.

Já Medeiros (2002) apud Mendes (2009) e Gonçalves (2005) salientam, contudo, que existem desvantagens no uso dos simuladores que não podem ser ignoradas, tais como: as aproximações e simplificações do fenômeno real que na verdade é muito mais complexo. Existe uma grande diferença entre a simulação computacional e o fenômeno real e esta diferença deve ser percebida pelos estudantes, caso contrário o uso do simulador pode comunicar concepções equivocadas. Medeiros conclui, assim, que as modernas técnicas computacionais estão tornando as simulações fáceis e espetaculares, criando uma tendência perigosa e um uso exagerado de animações e simulações em detrimento de experimentos reais, como se elas tivessem o mesmo status epistemológico educacional. As desvantagens segundo estes autores seriam, portanto:

- Acreditar que os simuladores são equivalentes aos experimentos reais
- Os simuladores são menos efetivos que os experimentos reais.
- As simplificações do simulador geralmente passam despercebidas pelos estudantes e mesmo por muitos professores.
- Há erros grosseiros em alguns modelos existentes.
- Pode gerar confusão entre o real e o virtual.
- Limita a possibilidade dos estudantes serem confrontados com a riqueza heurística da experiência e dos erros experimentais.

Interessante é o método utilizado por Orlandi (2004), Balen (2005) e Reis (2003): chamado de P.O.E. (Predizer – Observar – Explicar), sendo que ele leva o estudante a refletir sobre o fenômeno simulado frente às suas concepções anteriores (utilizadas durante a fase de previsão). Ao comparar o previsto com o observado, o estudante pode utilizar conceitos físicos e ferramentas matemáticas para tentar explicar possíveis diferenças entre suas concepções anteriores e o resultado da simulação. Esta metodologia visa criar um conflito cognitivo.

Vale ressaltar o trabalho de Costa (2008), sobre a utilização do software que simula um mundo virtual em 3 dimensões conhecido como *Second Live*. Não se trata de um simulador educacional propriamente dito. Costa (2008) analisa o seu uso por estudantes segundo a teoria do emocional de Maturana. Em *Second Live* as pessoas vivem uma “vida paralela” à vida física. O simulador visa emocionar o aluno e assim motivá-lo a aprender. Segundo Maturana (2003 p. 170), “Todas as ações humanas, independente do espaço operacional em que se dão, se fundam no emocional porque ocorrem no espaço de ações especificado por uma emoção. O raciocinar também.”

Trabalhos que tratam apenas dos modelos físicos (experimentos) como os de Axt (1991), Silva e Zanon (2000) apud Mendes (2009) constataram que as causas da pouca utilização destes modelos em sala de aula pelos professores são as turmas grandes, a falta de laboratórios, a falta de equipamentos, o pouco tempo para a preparação das práticas e a carga horária reduzida para as atividades experimentais. Contudo estes autores assinalam que a problemática por traz do pouco uso de atividades experimentais está na má qualificação dos professores.

Estes autores também criticam a carência de objetivos dos experimentos, destacando como principais problemas:

- Experimentos ministrados de forma aleatória e desvinculados dos conteúdos, como se fossem um apêndice com a característica de verificar o que é informado na aula teórica, sendo que sua valorização como veículo de aprimoramento conceitual é relegado.
- Os experimentos não são utilizados para veicular conceitos, obter relações, determinar constantes ou propor problemas experimentais e quase sempre o experimento não é utilizado para se adquirir conceitos ou para a reformulação deste.
- Os experimentos são apresentados sem uma base teórica
- O professor é quem exerce o controle sobre a identificação do problema, na generalização da hipótese, no delineamento do experimento, no método, na manipulação e interpretação dos dados.

Encontramos um único trabalho que aborda o uso de simuladores juntamente com experimentos, se assemelhando, de certa forma, à nossa proposta. No trabalho de Gonçalves (2005) os experimentos são criados em uma oficina pelos professores e demonstrados em sala de aula para os alunos, sendo posteriormente analisados na simulação computacional. Para ele, os simuladores são excelentes para complementar e atualizar o ensino de física. A demonstração do experimento serviria para o aluno observar e elaborar hipóteses, na medida

em que o experimento é realizado. Já na simulação o aluno pode analisar seus resultados e refinar seus conceitos. Esta idéia é semelhante à de Mendes (2009), quanto ao uso de simuladores, já que os valores das variáveis podem ser alterados ao contrário do que ocorre com o experimento. São abertas, assim, novas possibilidades. A experimentação, segundo Gonçalves, deixaria a desejar, porque não permite observar o que ocorre microscopicamente, ao contrário do simulador. Ele não consegue aferir, porém, o que garante efetivamente o aprendizado do aluno.

A idéia de combinar diferentes recursos e métodos de ensino é compatível com a formulação de Bresson (1976) analisada por Albernaz (2009) quando esta afirma que cada uma das diferentes representações de um mesmo objeto, ou de um conjunto de objetos, realça certas propriedades e omite outras. Daí nosso interesse em variar as apresentações e abordagens de um mesmo fenômeno.

Por fim, trabalhos que tratam do uso de oficinas de experimentos como o de Borges (2005) demonstram as vantagens de se construir recursos didáticos experimentais com estes materiais, dentre elas: baixo custo de produção e manutenção, o fácil acesso, e o caráter construtivista são virtudes que podem fazer do simples uma possível solução para minimizar um sério problema nas escolas públicas: a falta de atividades experimentais (laboratórios) e, ao mesmo tempo, possibilitar o acesso de uma boa parte da população escolar a um dos pilares da Ciência: a atividade experimental.

Ainda segundo Borges (2005), incorporar a utilização de recursos experimentais nas aulas de Ciências do ensino fundamental, sobretudo na rede pública, deve ser considerado como um desafio prazeroso pelos diversos estruturadores do sistema escolar, principalmente pelo seu “motor”, o professor. As dificuldades existem, mas a possibilidade de tornar as aulas mais atraentes, divertidas e compreensíveis para os alunos será, com plena certeza, uma experiência gratificante.

Já Mendes (2009) assinala que Axt (1991) critica a tentativa de se resolver a falta de equipamentos cobrando do professor que ele mesmo se motive na criação destes materiais. Segundo ele, a imposição de mais esta atividade seria um abuso a já extenuante jornada de trabalho dos docentes. No entanto ele adverte que os professores devem procurar alternativas à falta de laboratórios, como a utilização de materiais de baixo custo e o envolvimento dos alunos na construção de experimentos.

A idéia de utilização de materiais de baixo custo nos parece interessante. Optamos, no entanto, por trabalhar com artefatos simples de uma oficina, articulados com o

uso de simuladores. Essa proposta difere daquelas com que nos deparamos nesta revisão bibliográfica.

Na oficina o aluno desempenha um papel ativo, experimentando, construindo e reconstruindo artefatos a partir de hipóteses por ele elaboradas e na simulação computacional ele analisa o fenômeno, podendo perceber algumas propriedades que o simulador torna mais evidentes, podendo apontar novas possibilidades para o aluno explorar com seu modelo. Este ponto de vista é compatível com as formulações dos teóricos que fundamentam este trabalho, em especial, com o construtivismo de Piaget e o construcionismo de Papert.

Por fim, convém registrar que a escolha do tema explorado na oficina e virtualmente decorreu da seleção do ambiente da pesquisa e dos sujeitos a serem investigados. Podemos adiantar, porém, que fomos conduzidos ao ramo da física abordado quando os alunos se iniciam no aprendizado desta ciência: a mecânica. Esta estuda o movimento dos corpos, dos planetas, a queda dos corpos e a colisão entre eles, etc.

Compreender e saber explicar um movimento são os primeiros passos para se iniciar o estudo das leis da física. Por outro lado, antes de iniciar o estudo da física, os alunos precisam se familiarizar com as unidades de medida e instrumentos utilizados, sendo assim, a maioria dos livros didáticos, possui um capítulo introdutório que trata do sistema internacional de medidas (SI).

Infelizmente, na maioria das atividades práticas, quando realizadas, o aluno não chega a realizar nenhuma medida e ainda pior: na maioria das escolas brasileiras, muitos alunos saem do ensino médio sem saber sequer, quais instrumentos são utilizados para realizar estas medidas básicas.

Essas leituras e observações levaram à escolha de um assunto que aborda um conceito ainda pouco explorado experimentalmente, embora tenha sido encontrado um número considerável de simuladores virtuais que podem ser utilizados nos diferentes níveis de ensino: o **lançamento de projéteis**.

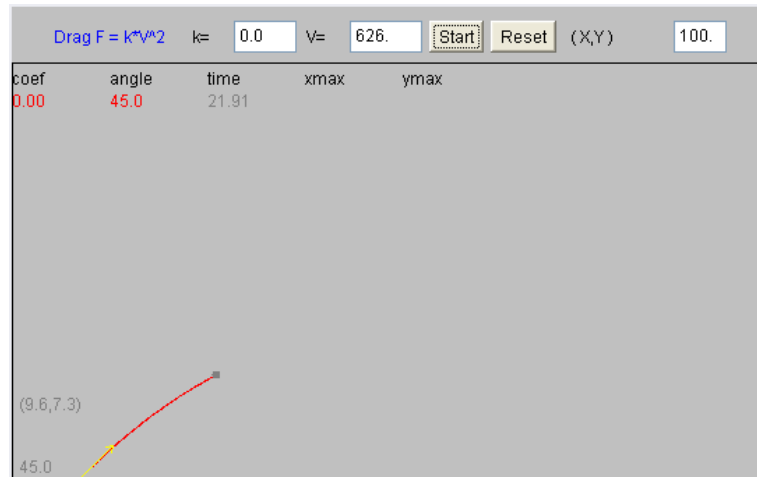
Foram encontrados vários sites voltados para a simulação de experimentos, sendo, em sua maioria, no idioma inglês. Alguns destes possuem softwares bem simples e pouco elaborados, já outros podem ser considerados verdadeiros laboratórios virtuais, possuindo um acervo de simuladores voltados para a física, química, biologia, matemática e ciências da terra, com softwares bem atrativos graficamente.

Foram encontrados 12 sites que possuíam simuladores virtuais para o lançamento de projéteis e foi feita uma pequena análise dos recursos de cada um.

3.1 SIMULADORES VIRTUAIS: LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS

Na figura 11 aparece um simulador bem simples. Nele podem-se inserir valores para mudar a velocidade, o ângulo de lançamento e a resistência do ar. Ele registra a altura atingida, o alcance e o tempo de voo.

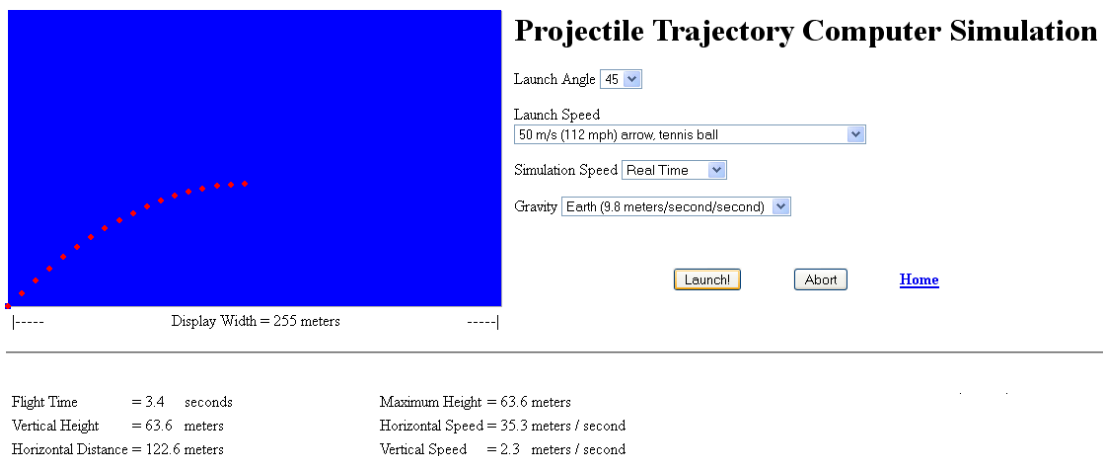
Figura 11 - Projectile Motion with air Drag



Fonte: NTNUJAVA, 2011.

O simulador da figura 12, apesar do visual pouco elaborado possui mais recursos, como a mudança de ângulo feita por uma caixa de comando, a escolha de objetos diferentes para o lançamento, a simulação da gravidade na Terra, Marte e Lua. Ele registra o tempo de voo, velocidade vertical e horizontal, altura e alcance.

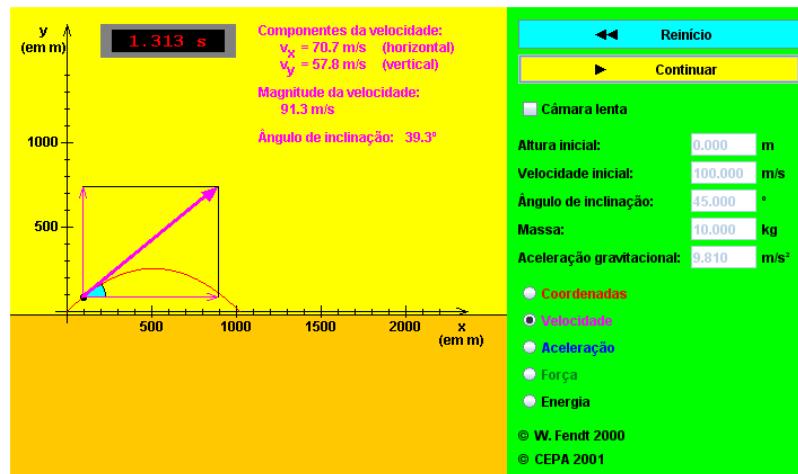
Figura 12 - Projectile Trajectory Computer Simulation



Fonte: TINAFAD, 2011.

O simulador da figura 13 é colorido e em português. Dispõe além dos recursos dos antecessores, a possibilidade de inserir a massa do objeto lançado, bem como a velocidade de lançamento. Possui também a vantagem de se visualizar os vetores das forças envolvidas no lançamento como a velocidade, aceleração, força e energia, com setas de cores diferentes. Neste aparecem os eixos cartesianos, x e y.

Figura 13 - Simulador denominado Movimento dos projéteis

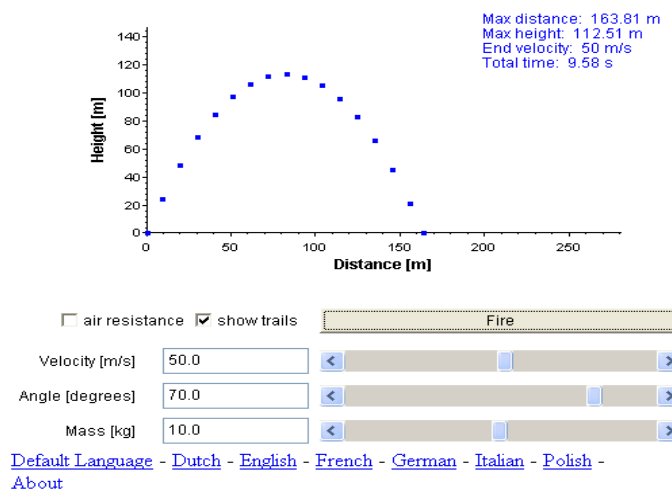


Fonte: Fendt, 2011.

A figura 14 mostra um simulador que tem a vantagem de realizar lançamentos com ou sem a resistência do ar, podendo também inserir valores para a velocidade, ângulo de lançamento e massa do objeto ou modificá-los através de uma barra de rolamento. O alcance e altura máxima devem ser visualizados em escalas nos eixos X e Y.

Figura 14 - Simulador denominado Projectile Motion

Projectile Motion

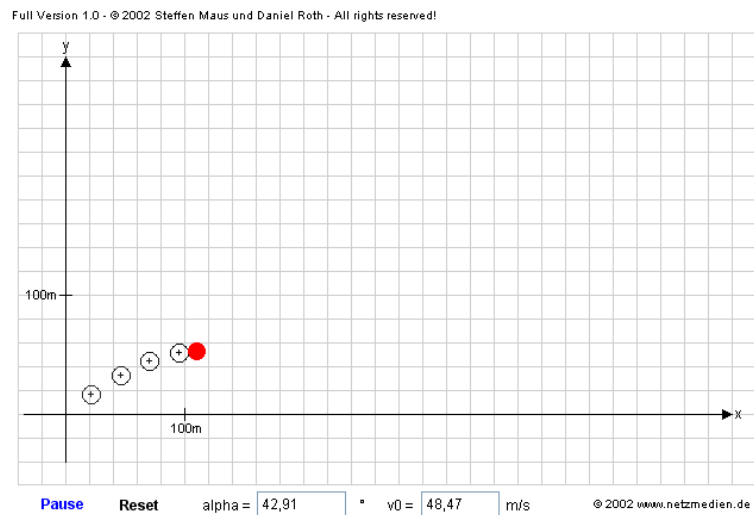


Fonte: Dolgert, 2011.

Na figura 15 há um simulador que oferece uma tela quadriculada para se visualizar a trajetória de forma mais detalhada.

Figura 15 - Simulation Projectile Motion

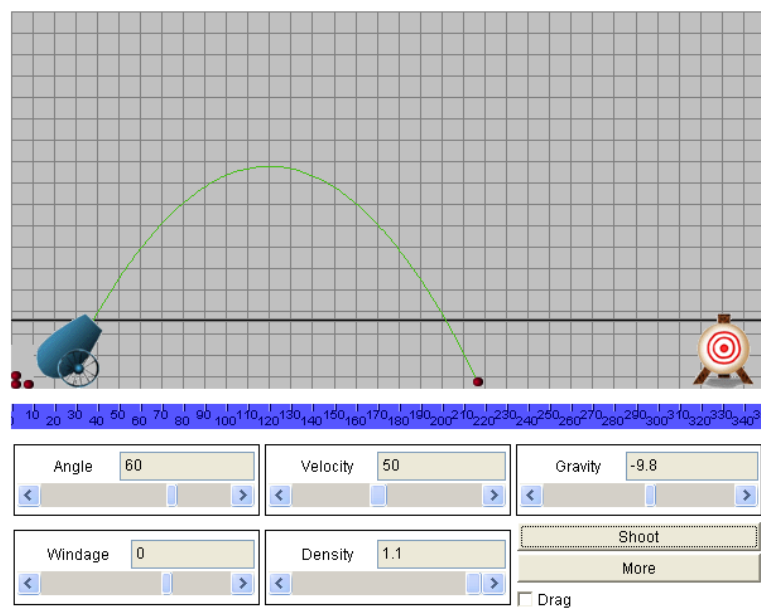
Simulation **Projectile Motion**



Fonte: Maus, 2011

A figura 16 mostra um simulador que se assemelha a um jogo, com um visual atraente. A finalidade é acertar o alvo modificando parâmetros como velocidade, ângulo, força da gravidade e densidade do projétil.

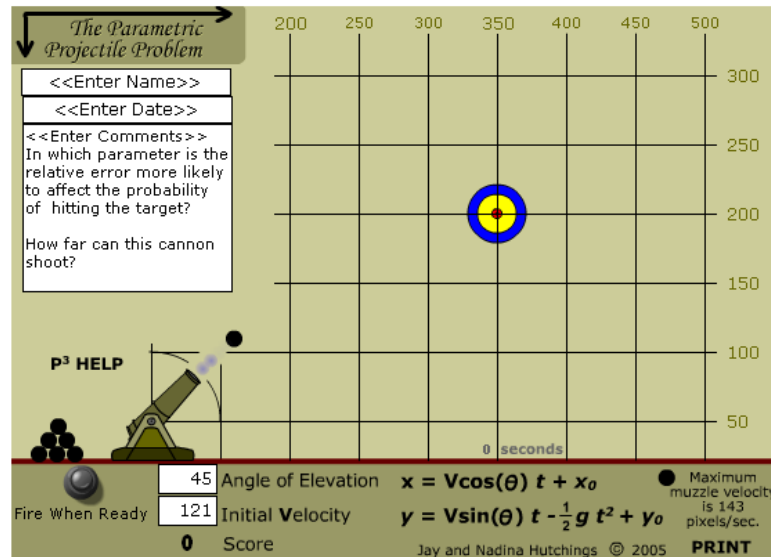
Figura 16 - Ballistic Simulator



Fonte: Russell, 2011.

A figura 17 mostra um simulador que também se assemelha a um jogo. A finalidade é acertar o alvo modificando o ângulo de lançamento e a velocidade inicial. Este fornece as famosas equações do movimento retilíneo uniformemente acelerado (MRUV).

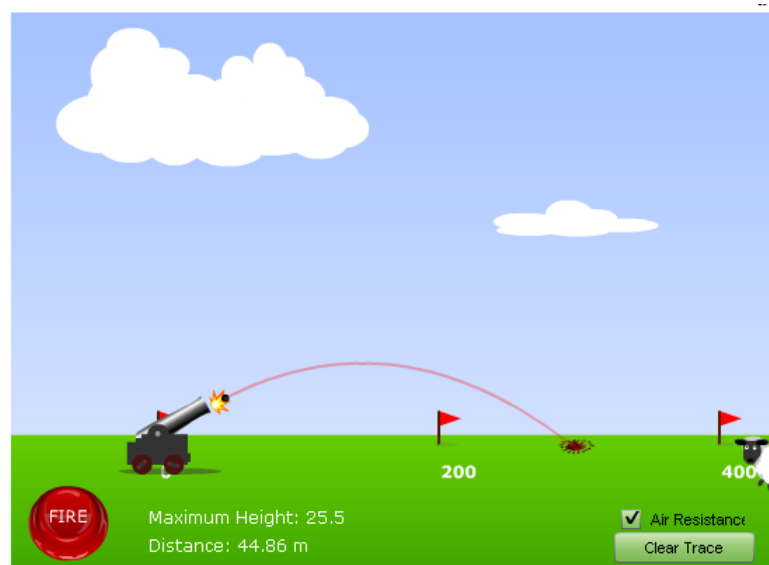
Figura 17 - The Parametric Projectile Problem



Fonte: Hutchings, 2011.

O simulador da figura 18 é um jogo com um visual mais infantil e poucas informações no feedback. Os lançamentos podem ser feitos com ou sem a resistência do ar, com os valores de ângulo e velocidades modificados nas setas direcionais do teclado.

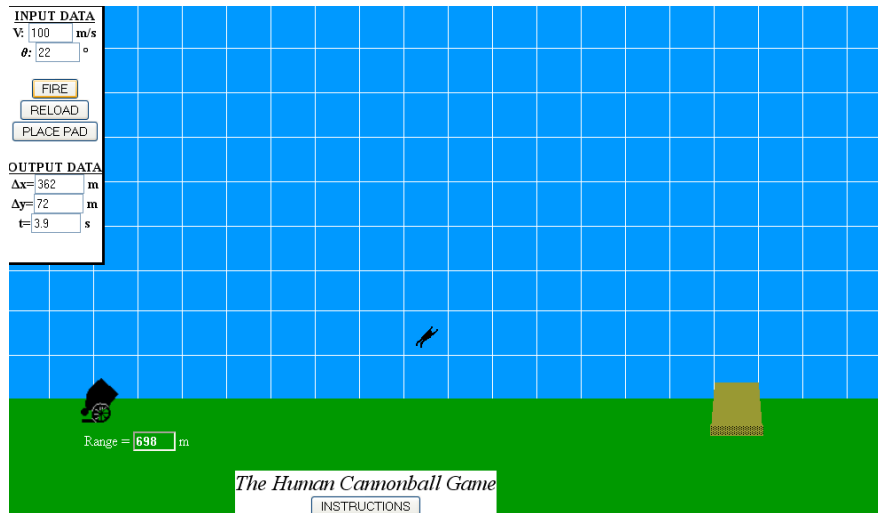
Figura 18 - Projectile Motion Flash Simulation



Fonte: Splung, 2011.

O simulador da figura 19 é um jogo, cuja finalidade é a de lançar um homem-bala sobre um colchão. Pode-se inserir valores para a velocidade inicial e o ângulo de lançamento. O feedback fornece a altura máxima, o alcance e o tempo de voo.

Figura 19 - The Human Cannonball Game



Fonte: Mont, 2011.

A figura 20 mostra um simulador, cuja finalidade é acertar o castelo, modificando os valores do ângulo, da resistência do ar e da velocidade de lançamento.

Figura 20 - Movimento dos Projéteis

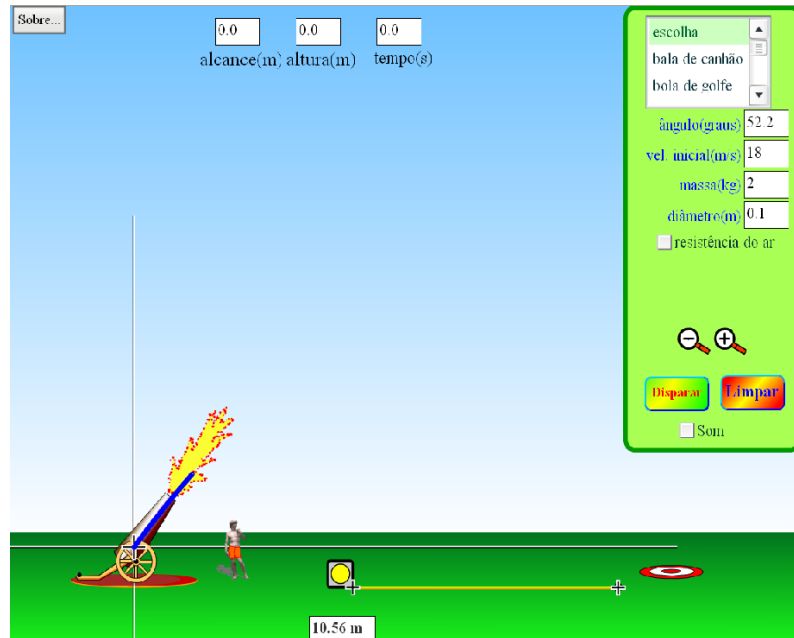


Fonte: NOA, 2011.

Na figura 21 há um simulador dotado de recursos como a escolha de objetos diferentes para lançamento. Podem-se inserir valores para a velocidade de lançamento, o ângulo, a massa do objeto e seu diâmetro. O feedback mostra a altura, o alcance e tempo de

vôo. Interessante é a trena disponibilizada para se realizar medidas diretamente na tela operada pelo mouse; e os eixos de x e y centrados no canhão.

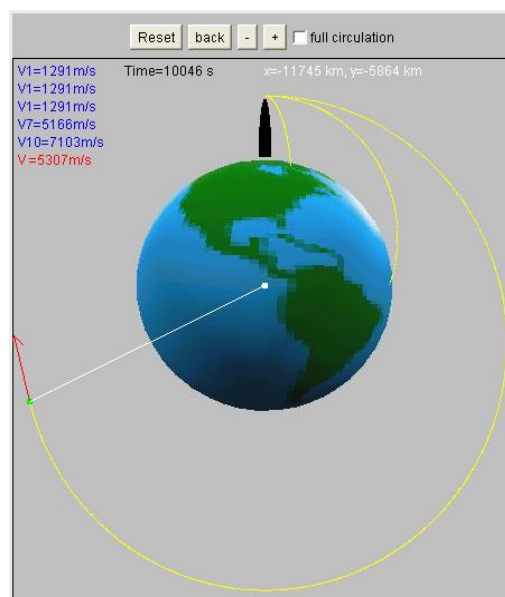
Figura 21 - Movimento de Projéteis



Fonte: Universidade do Colorado, 2011.

O simulador da figura 22 simula a famosa experiência de pensamento de Isaac Newton, que será analisada na parte referente à História do movimento.

Figura 22 - Projectile Orbits and Satellite orbits



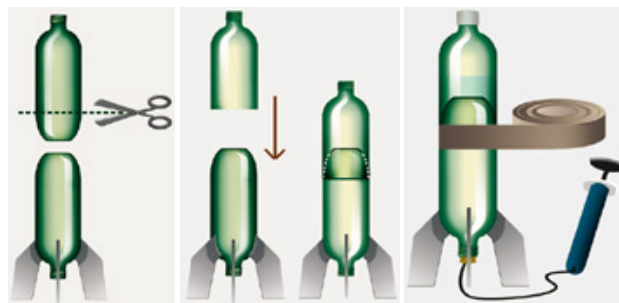
Fonte: NTNUJAVA, 2011.

3.2 SELECIONANDO UM EXPERIMENTO PARA A OFICINA

Após a análise dos simuladores, iniciou-se a busca de um modelo físico, que melhor se adequasse a um deles, de acordo com a oficina e a tarefa a ser proposta aos alunos.

Na ocasião, se pensou em usar um foguete projétil muito usado em competições de ciências, que poderia facilmente ser montado em uma oficina, já que basicamente utiliza garrafas PET em sua montagem, usa água como propelente e é lançado sob pressão produzida por uma bomba de encher pneu de bicicleta. Devido a sua importância didática, o lançamento deste foguete, foi inclusive, a prova prática da III Olimpíada Latino-Americana de Astronomia e Astronáutica (OLAA) realizada este ano.

Figura 23 - Foguete à base de água



Fonte: Cardoso, 2011.

Contudo apesar de sua praticidade, surgiram alguns inconvenientes, ele alcançava distâncias maiores que o espaço escolar e durante parte do vôo expelia água, molhando o chão de parte do trajeto. Na figura 24 aparece este modelo.

Figura 24 - Foguete movido a água



Fonte: Georgia Wing, 2011.

Então, se retomou a busca de outro modelo físico. Foi encontrando em um site de vendas pela internet o seguinte brinquedo:

Figura 25 - Brinquedo lançador de projéteis



Fonte: Stomprocket, 2011.

Um autêntico lançador de projéteis tendo ar como propelente. A criança ao saltar sobre a bolsa impulsiona o ar através de uma mangueira, utilizando o princípio da ação e reação para empurrar o foguete. A partir deste brinquedo, e após a busca por materiais alternativos e elaboração de uma oficina para sua construção, chegou-se a um modelo que utiliza conduíte para fios elétricos, garrafa PET como bolsa de ar, cano de PVC como suporte para o foguete de papel, como mostra o modelo (figura 26):

Figura 26 - Lançador feito com material alternativo



Com o modelo físico e projeto da oficina definido, e após análise dos modelos virtuais simuladores para lançamento de projéteis, escolheu-se àquele que melhor se adequou à proposta pedagógica deste trabalho: o simulador produzido pela universidade do Colorado, figura 21.

3.3 O LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS: REVISÃO HISTÓRICA

Foi desenvolvida uma *pesquisa bibliográfica*¹² sobre o lançamento dos projéteis visando um melhor embasamento e entendimento do tema estudado.

Faremos uma breve retrospectiva do que foi encontrado, deixando claro que os eventos históricos e os cientistas e filósofos envolvidos no desenvolvimento deste ramo da física, não foram todos citados. Separamos, apenas, os que apresentam estudos mais pertinentes ao desenvolvimento dos conceitos presentes neste trabalho.

Sabe-se que, desde os primeiros estudos, os estudiosos se depararam com os mistérios do movimento de projéteis, desde os princípios gerais que orientaram a formulação de hipóteses até a estruturação final de suas teorias. A velha gravura da figura 27 ilustra uma experiência proposta pelo Padre Mersenne, contemporâneo e amigo de Galileu, para verificar o comportamento dos corpos que caem.

Figura 27 - Voltará a cair ?



Fonte: Cohen, 1967.

Segundo Peduzzi (2011), inicia-se com os gregos, a base de uma nova ciência, desenvolvendo-se o pensamento lógico e crítico, onde pouco a pouco, os mitos, a magia e as explicações sobrenaturais foram postas em segundo plano. O entendimento surgia de uma análise puramente racional.

¹² Segundo Cervo & Bervian (2004), a pesquisa bibliográfica é necessária em qualquer área e espécie de pesquisa para uma fundamentação teórica de qualidade e justificar os limites e contribuições da própria pesquisa.

A explicação dos fenômenos naturais devia ter também explicações naturais não se embasando no sobrenatural.

As investigações pautadas na utilização dos sentidos sofriam forte influência do senso comum, pois eram observadas a partir das experiências práticas próprias da vivência humana, cuja característica metodológica fundamental, segundo Russell (2001), era a observação e investigação dos fenômenos de uma maneira apaixonada, mas desinteressada.

Observa-se no ensino da mecânica, parte da física mais vista atualmente no ensino de física e ciências, que os alunos acabam formulando idéias semelhantes a pensamentos e conceitos desenvolvidos pelos grandes cientistas e filósofos antigos.

Isso ocorre também em outras ciências, conforme analisa Albernaz (2010, p.22) ao falar da concepção do tipo aristotélica no ensino da geometria escolar, que julgava que o sujeito fazia abstrações simples a partir de atributos tidos como “verdadeiros por definição”: “essa maneira de conceber a formação de conceitos, [...] não perdeu de todo a sua força persuasiva, influenciando, ainda hoje, inúmeros educadores e pensadores”.

Vejamos então como filósofos e cientistas refletiram sobre o movimento e lançamento de projéteis:

ARISTÓTELES

Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.), no campo da mecânica, seus estudos foram de suma importância e considerados como bases da ciência até o surgimento de Galileu.

Aristóteles acreditava que o movimento estava relacionado com a constituição da própria matéria em sua famosa visão do universo conhecida como “Cosmos Aristotélico”.

Neste cosmos considerava-se o vácuo, como a existência do nada, ou seja, do não ser, idéia contraditória e absurda, tendo em vista que seu universo era completamente preenchido pela matéria, lembrando que, naqueles tempos, por falta de aparatos tecnológicos, era impossível constatar a existência do vácuo (vazio), Com base na impossibilidade lógica da inexistência do vazio. Criou-se um princípio chamado de “Horror do Vácuo”: a natureza sempre agia no sentido de evitar a formação do espaço vazio. O “Cosmos Aristotélico” era um espaço finito, plenamente preenchido.

Aristóteles adotou então um modelo de esferas cristalinas, criado pelo grego Eudoxo de Cnido (390-338 a.C), o qual tinha uma explicação matemática capaz de descrever as trajetórias dos planetas em torno da Terra.

Neste paradigma, os corpos celestes eram presos a essas esferas e suas rotações combinadas produziam os movimentos dos planetas. Este “Cosmos Aristotélico” era dividido em dois mundos: o mundo terrestre e o mundo celeste.

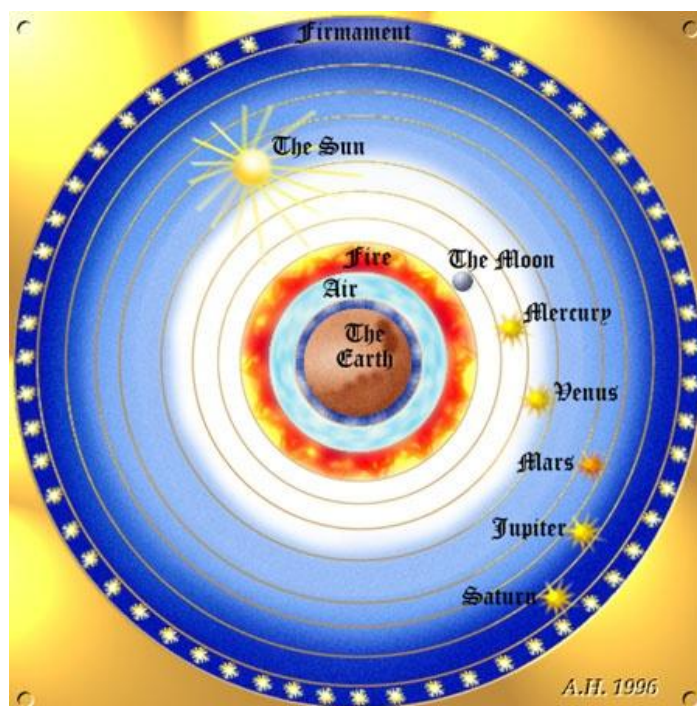
O mundo terrestre seria formado por quatro elementos: terra, água, ar e fogo, que dispunham-se, segundo camadas concêntricas do mais pesado ao mais leve respectivamente, já o mundo celeste formava-se pelas camadas, onde situavam-se a Lua, Mercúrio, Vênus, Marte, Sol e o firmamento, conforme a figura 28.

Por serem pesados, o lugar natural da terra e da água é embaixo. Portanto, eles tendem a movimentar-se para baixo. Por ser mais leve que a terra, o lugar natural da água é sobre a terra. Por serem leves, o lugar natural do fogo e do ar é ficar em cima. Por isso eles tendem a se mover para cima. Por ser mais leve que o ar, o fogo procura o seu lugar natural, que é acima do ar. Segundo Aristóteles, todos os objetos e substâncias existentes no mundo são feitos das combinações destes quatro elementos.

Um corpo será mais leve, ou mais pesado, de acordo com a porcentagem existente de cada um destes elementos.

Segundo Porto (2009), esta ordem rígida é à base da teoria aristotélica dos movimentos naturais, tendo como o centro do universo a Terra (nosso planeta), já que era formado por uma porcentagem considerável do elemento terra.

Figura 28 - O mundo aristotélico



Fonte: CCVAlg, 2011.

Diante destes princípios, Aristóteles apresenta dois tipos de movimento: o **movimento natural** e o **movimento violento**.

Usando o conceito de movimento natural, fica mais fácil entender a queda dos corpos, por exemplo, uma pedra solta de uma determinada altura cai em direção ao chão porque ela é feita de terra, e procura seu lugar natural que é o centro do universo.

Quando soltamos duas pedras com pesos diferentes, uma leve e outra pesada, a pedra mais pesada atinge o chão primeiro, isso acontece porque a pedra mais pesada possui mais ‘terra’ do que a pedra mais leve.

Para Aristóteles, a pedra segue para o centro do universo, que coincide com o centro da Terra, não porque a Terra atrai a pedra, mas porque lá é o seu lugar natural, conclui-se que o conceito de atração gravitacional não permeava as idéias de Aristóteles.

Contudo, na natureza não existiam, apenas, estes movimentos naturais, havia movimentos que jamais ocorriam espontaneamente, mas exigiam a ação de uma força¹³ que era exercida por algum outro corpo.

Estes movimentos eram chamados por Aristóteles de movimentos **violentos** ou **forçados** (por não serem naturais) e uma vez cessada a força atuante no corpo, esses movimentos cessavam imediatamente (PEDUZZI, 2011).

O lançamento de projéteis, bem como vários outros movimentos, como uma caixa empurrada ou uma carroça sendo puxada por um cavalo, são alguns exemplos.

As idéias de finitude e geocentrismo apresentadas, em seu conceito de “Cosmo Aristotélico,” influenciaram a ciência durante muitos séculos.

PTOLOMEU

Um universo esférico, realizando as esferas celestes um movimento circular em torno da Terra, esta sim imóvel, foi considerada o centro do mundo pelos aristotélicos que surgiram, ao longo da história científica.

O astrônomo Cláudio Ptolomeu (~100 - 170 a.C.), em especial, não só seguiu estes ensinamentos, como também contribuiu para que eles se solidificassem e se aprimorassem: Ao lançar o livro *Almagesto*, apresentou uma teoria completa sobre o movimento da Lua, do Sol e dos planetas, reforçando, assim as idéias de Aristóteles através

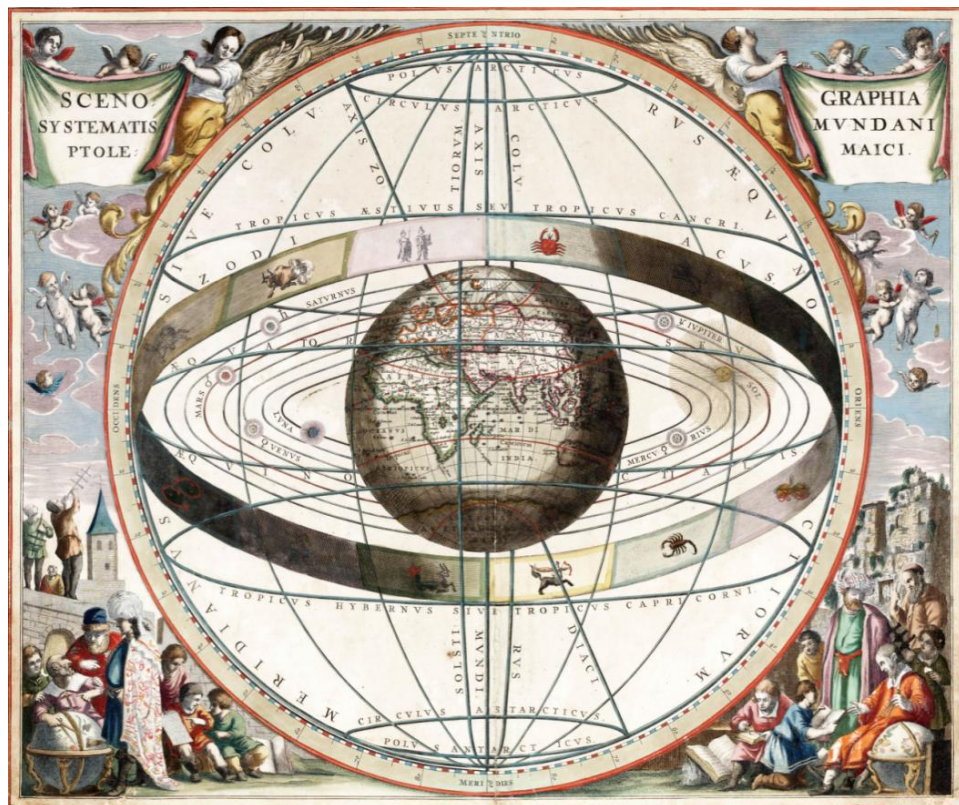
¹³ Segundo Peduzzi, Aristóteles não tinha uma conceituação de *força* no sentido mais moderno desse termo. Ele, na verdade, falava em *motor* ou em *causa* do movimento. A substituição dessas expressões por *força* visa, apenas, facilitar a denominação, tornando-a atualizada.

de sua matemática e teorias, que eram comprovadas pelas observações cotidianas, por exemplo, observava-se o sol girar, diurnamente, de leste a oeste e percebia-se, todas as noites, que as estrelas não mudavam de posição umas em relação às outras.

A idéia do geocentrismo foi mantida por aproximadamente dois mil anos, apoiada pelos aristotélicos e pelos intelectuais da igreja católica, que somavam a comprovação visual do senso comum com as escrituras sagradas da Bíblia. Sabe-se que os escritos da Bíblia foram interpretados de forma favorável à solidificação dos estudos concernentes ao geocentrismo.

A figura 29 ilustra a Terra como o centro do universo com todos os astros que eram visíveis, a olho nu, orbitando ao seu redor: o Sol, a Lua, Marte, Mercúrio, Júpiter, Vênus e Saturno, chamados de planetas (corpo errante) segundo os gregos.

Figura 29: Signos do zodíaco e o sistema solar, com a terra ao centro



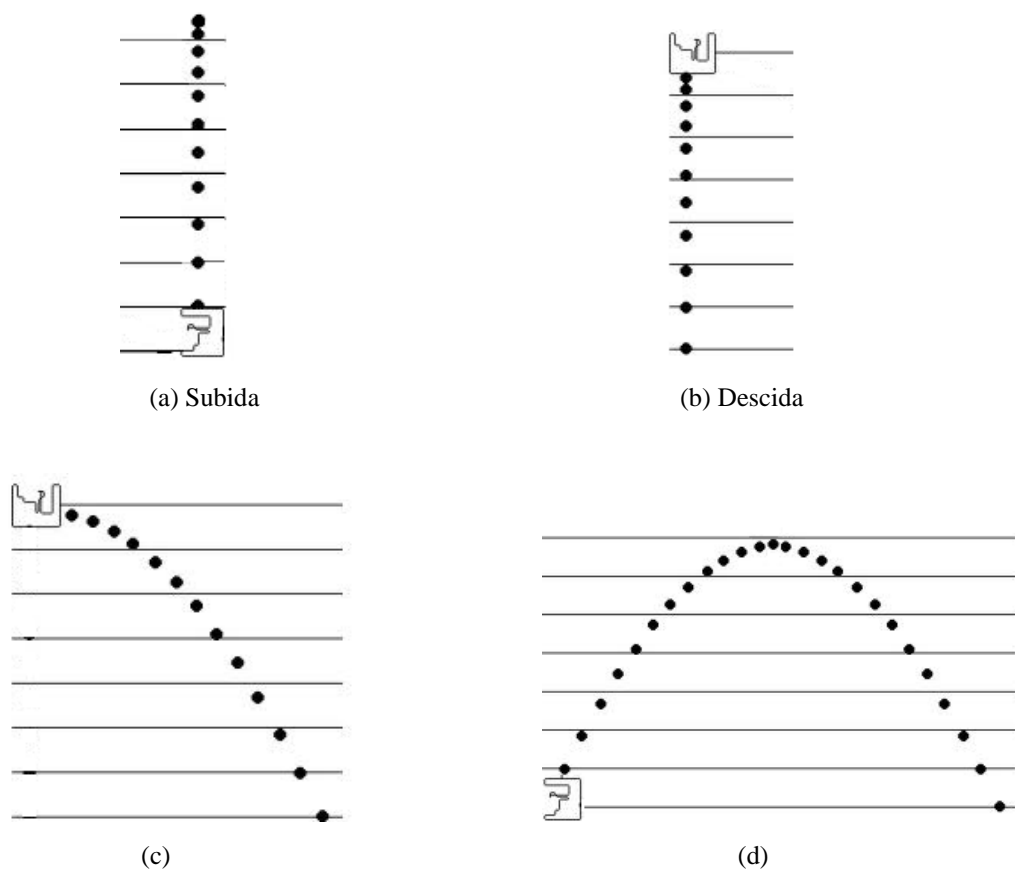
Fonte: Miranda, 2011.

3.4 LANÇANDO A HISTÓRIA DOS PROJÉTEIS

Há três tipos de lançamento de projéteis: O lançamento vertical, o lançamento horizontal e o lançamento oblíquo (figura 30).

O lançamento vertical é um movimento retilíneo uniformemente variado, com aceleração negativa na subida (a) e aceleração positiva na descida (b). No lançamento Horizontal (c) e no Lançamento oblíquo (d), ocorre uma composição de movimentos, um deles é um movimento retilíneo uniforme (sem aceleração) que acontece na direção horizontal, o outro pode ser um movimento vertical, de subida e descida no caso oblíquo, ou apenas de descida no caso horizontal, em ambos os casos este movimento vertical é retilíneo uniformemente variado (com aceleração).

Figura 30 - Tipos de lançamento de projéteis



Fonte: Grupo Escolar, 2011.

Para Aristóteles, os projéteis com movimento natural, como no caso de um corpo abandonado de uma determinada altura como na figura 30(b), ocorre o movimento vertical retilíneo porque o corpo procura o seu lugar natural, no centro do universo, sendo a menor distância entre dois pontos uma linha reta.

Já os projéteis lançados verticalmente para cima, figura 30(a), horizontais figura 30(c) e oblíquos figura 30(d), são uma combinação do movimento natural, visto que houve a

queda, com o movimento violento, porque foi necessária a ação de uma força para impulsioná-lo, contudo, ocorre uma contradição, tendo em vista que ao cessar o contato lançador-projétil o corpo continua seu movimento e para Aristóteles, não poderia haver movimento sem a ação de uma força motora.

Como explicar este movimento sem a ação de uma força propulsora? Para sair desta situação contraditória, Aristóteles elaborou a seguinte teoria: o meio onde ocorre o movimento tem um caráter duplo, o de sustentar o movimento (fornecer a força) e o de, também, opor uma resistência a ele.

O movimento ocorreria, então, da seguinte maneira: após a perda de contato com o arremessador, o projétil passa a ocupar o lugar que, antes, era preenchido pelo ar que havia à sua frente. Esse mesmo ar fluiria em torno do projétil para ocupar o ‘espaço vazio’ deixado pelo mesmo. Com esse movimento, o ar impele o projétil para frente. Esse processo foi denominado por ele de antiperistasis (Figura 31), era imperfeito, visto que a força sobre o projétil se extingue, gradualmente, até ele parar.

Figura 31 - Antiperistasis



Fonte: Peduzzi, 2011.

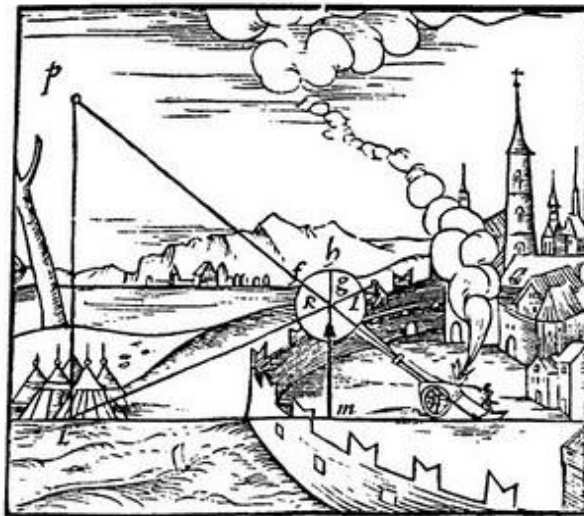
Aristóteles dizia que o próprio meio é o responsável por fornecer a força necessária ao movimento, uma consequência dessa conclusão é que o movimento de projéteis não tem a possibilidade de se movimentar no vazio. Novamente, o princípio de “Horror do Vácuo” se sobressai, o vazio não é um meio, e como tal não pode transmitir e conservar o movimento de um corpo.

Aristóteles leva em consideração o estudo de casos concretos encontrados na natureza e não estudos de situações abstratas e não observáveis, como a que envolveria movimento em um vácuo hipotético.

A Figura 32 ilustra os dois segmentos que compõem a trajetória de um projétil disparado por um canhão, segundo aristotélicos da Idade Média.

Durante a subida, na direção do lançamento, o movimento é retilíneo e violento, já o retorno do projétil ao solo, caracteriza-se pelo movimento natural que, também, ocorreria em linha reta, de acordo com a menor distância que o separa da terra.

Figura 32 - Trajetória de uma bala de canhão



Fonte: Peduzzi, 2011.

Estas idéias de Aristóteles, relacionadas ao lançamento de projéteis foi motivo de críticas e discussões que atravessaram vários séculos, principalmente, quanto à antiperistasis, devido ao fato de que o próprio meio poderia ser responsável por impulsionar e, também, causar resistência ao movimento dos projéteis.

HIPARCO

O astrônomo Hiparco de Nicéia (130 a.C.) apresentou outra explicação para o fato do movimento dos projéteis continuarem, mesmo após perderem o contato com o lançador. Para ele o movimento acontece, por meio de uma força projetora transmitida ao projétil pelo lançador. Essa força é absorvida pelo projétil e extingue-se, gradativamente, à medida que ele se movimenta.

Para Hiparco, a força projetora é a causa do movimento ascendente do objeto, enquanto esta força projetora for maior do que a tendência do objeto, para baixo (peso), o

corpo sobe. O movimento para cima continua, porém cada vez mais lento, com a diminuição da força projetora, quando esta acaba o projétil começa a cair.

Hiparco utiliza um argumento semelhante para explicar a aceleração dos corpos em queda, liberados a partir do repouso. Para ele, a força que mantinha o objeto parado, na mão do arremessador, continua com o objeto. Essa força, no entanto, vai diminuindo, à medida que o objeto cai, até acabar em algum ponto da trajetória.

FILOPONOS

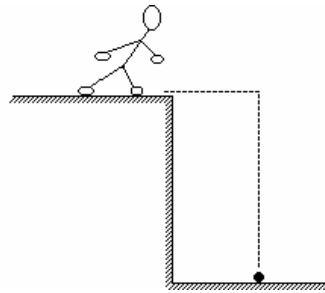
Filoponos de Alexandria (490–570), no século VI, também discordava, em parte, das idéias de Aristóteles em relação à antiperistasis. Para ele o meio não é a causa da força que mantém o movimento, o meio apenas produz uma resistência ao movimento.

Seu argumento era semelhante ao de Hiparco: *tem que existir uma força impressa ao projétil pelo lançador, quando de seu lançamento*. Diferente de Hiparco, que não havia explicado como a força projetora diminuía, Filoponos acreditava que a diminuição da força impressa a um projétil, em movimento, em um meio qualquer, é atribuída à resistência do meio.

AVICENA

Avicena (980-1037) completa as ideias de Filoponos, ao considerar que a força impressa a um projétil só pode ser ‘consumida’ caso o corpo se movimente através de algum meio. Em decorrência disso, usando o mesmo raciocínio feito por Aristóteles concorda com a inexistência do vácuo. Avicena vai além, porque se um objeto se deslocasse no vazio, manteria inalterada a força projetora inicial, o que resultaria em um inadmissível movimento perpétuo em linha reta. Para ele um projétil arremessado horizontalmente, inicialmente, move-se em linha reta, na direção em que foi lançado, continua o seu movimento horizontal, até que a força (horizontal) que lhe foi impressa seja totalmente gasta. Quando isso acontece, o projétil pára momentaneamente e cai sob a ação do seu ‘peso natural’. A trajetória seria como um L invertido, representado na fig. 33.

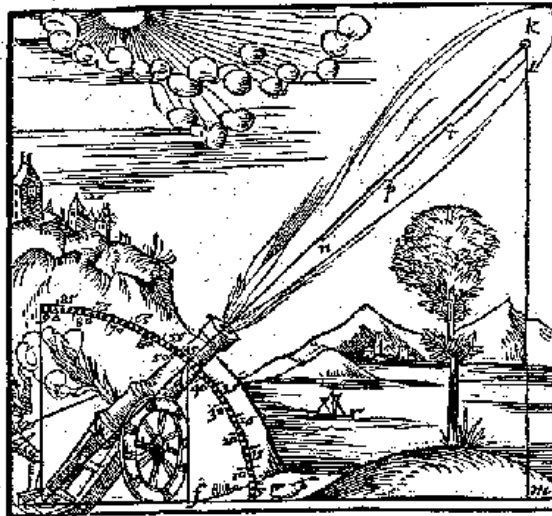
Figura 33 - Lançamento horizontal segundo Avicena



Fonte: Peduzzi, 2011

De forma semelhante, os aristotélicos explicavam a trajetória de um projétil lançado obliquamente como visto na figura 32 e melhor explicado na figura 34. Após o lançamento, o projétil continua seu movimento em diagonal, até que a força impulsora seja gasta. O projétil então pára e cai sob a ação do seu ‘peso natural’:

Figura 34 - Modelo de Avicena



Fonte: Aguiar, 2011.

BURIDAN

Jean Buridan (1300-1358) desenvolveu estudos semelhantes aos de Avicena em sua teoria do impetus. Para ele, o meio onde ocorre o movimento não é o responsável pela força que o move, após separar-se do lançador, contrariando a teoria da antiperistasis, ele afirma que o meio é responsável, apenas, por cessar o movimento. Este impetus tem uma

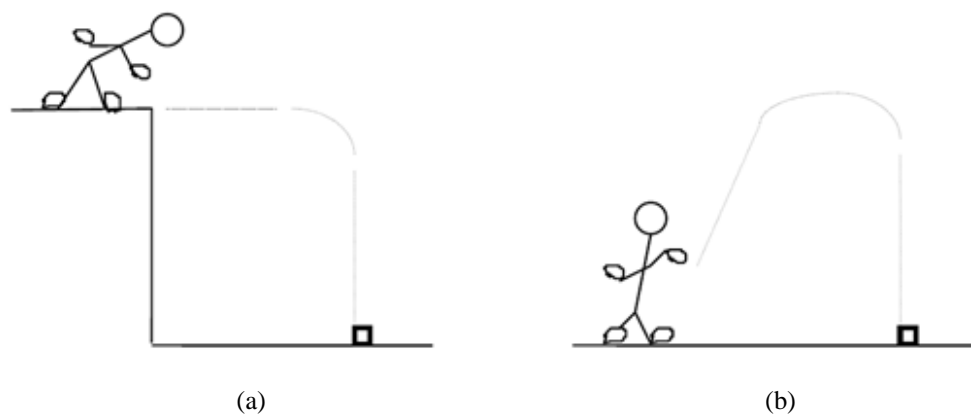
natureza permanente e diretamente proporcional à quantidade de matéria e à velocidade do objeto, só podendo ser dissipado por influências externas, como a resistência de um meio e a ação da gravidade¹⁴.

Em decorrência disso, ele também não acreditava na existência do vácuo, pois a permanência do impetus levaria a um movimento perpétuo. Buridan associou a variação de velocidade de um corpo em queda, com o crescente impetus que o corpo adquiria durante o seu deslocamento.

Esta teoria do impetus foi utilizada por seu seguidor: Alberto da Saxônia (1316-1390), para explicar o movimento de um projétil lançado horizontalmente e obliquamente (Figura 35). Para isso, ele dividiu o movimento em três partes:

- 1) Inicialmente, o projétil move-se em linha reta, na direção em que foi lançado, porque o impetus que lhe foi implantado pelo lançador é maior que seu peso natural;
- 2) Com a continuidade do movimento, o impetus começa a diminuir gradativamente, tanto pela resistência do meio, como pela ação da gravidade. Por causa disso o projétil se desvia da direção em que foi lançado e a sua trajetória se encurva;
- 3) Após o impetus, proveniente do movimento violento ser totalmente consumido, o projétil se desloca verticalmente para baixo (PEDUZZI, 2008).

Figura 35 - Trajetória do projétil lançado horizontalmente (a) e obliquamente (b)



Fonte: Peduzzi, 2011.

Com o desenvolvimento das armas de fogo, algumas questões levantadas pelo lançamento de projeteis atraíram a atenção de muitos estudiosos para o estudo teórico deste movimento, que foi chamado de balística.

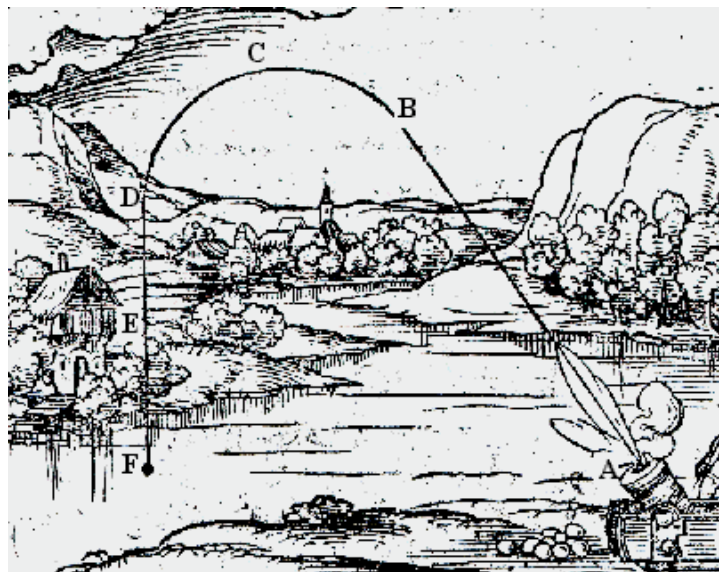
¹⁴ Segundo Peduzzi (2011), não existia o conceito de força da gravidade como vemos atualmente. Buridan a entendida como a tendência de um projétil em se dirigir para o seu lugar natural.

LEONARDO DA VINCI

Leonardo da Vinci (1452-1519), pintor, escultor, arquiteto e engenheiro, adota um mecanismo explicativo idêntico ao sugerido por Alberto da Saxônia, em sua análise sobre as causas do movimento de um projétil lançado, obliquamente, que é representado na figura 36, abaixo. A Trajetória de um projétil é descrita com base no ímpeto que lhe é comunicado e no ímpeto do seu peso:

- 1- O ímpeto comunicado é superior ao do seu peso (trajetória retilínea AB); o ímpeto inicial vai-se dissipando gradualmente (trajetória curvilínea BCD);
- 2- Existe, ainda, um ímpeto fornecido no lançamento, mas o dominante é o do peso do projétil (trajetória retilínea DE);
- 3- O ímpeto inicial esgotou-se e o projétil cai verticalmente devido exclusivamente ao ímpeto do seu próprio peso (trajetória retilínea EF):

Figura 36 - Modelo segundo Leonardo da Vinci



Fonte: Fiolhais, 2011.

TARTAGLIA

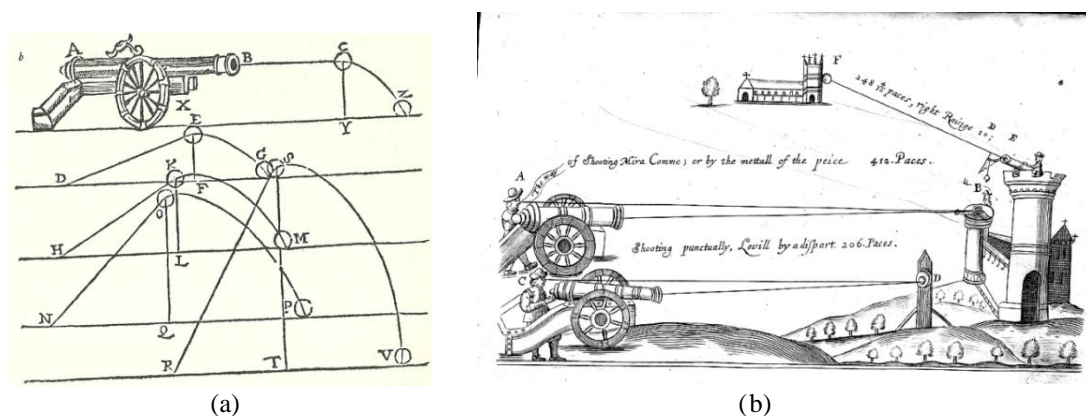
Niccolò Tartaglia (1500-1557), que era engenheiro e agrimensor, analisou a queda de projeteis em sua obra *Nova scientia inventa*, referindo-se a balística, como uma nova ciência. Nesta obra, ele estuda o comportamento e o movimento de corpos feitos de chumbo, ferro e pedra usados como projéteis. Percebendo que a forma destes corpos fazia com que eles

sofressem menos resistência do ar. Nota-se aí um início da importância da aerodinâmica neste tipo de lançamento.

Apoiado na teoria do impetus, ao analisar o movimento vertical de descida Figura 30(b), Tartaglia, percebe que todo corpo, em queda, afasta-se do ponto de partida com um movimento cada vez mais rápido, é a altura da queda que determina a maior ou menor velocidade que pode atingir ao chegar a seu lugar natural. Já no movimento vertical de subida figura 30(a), quanto mais um corpo se distancia do ponto em que foi lançado, mais lento se torna o seu deslocamento. Para ele em um movimento natural, ou em um movimento violento, um corpo não pode ter uma mesma velocidade em dois instantes diferentes de seu percurso (KOYRÉ, 1982).

Ao analisar o lançamento oblíquo, Tartaglia critica a divisão da trajetória em três partes, figura 36, em especial, na primeira e última parte, quanto ao movimento retilíneo, segundo ele existe uma incompatibilidade lógica na argumentação feita pelos estudiosos precedentes, tendo em vista não considerarem a ação da gravidade¹⁵ em toda a trajetória. Como seria possível, que a gravidade possa atuar sobre o projétil, apenas, nos dois últimos segmentos do movimento? Já que o peso do projétil, durante, o seu deslocamento nunca é nulo. Em decorrência disso, a primeira parte do movimento não pode ser plenamente retilínea. Tartaglia defende, convictamente, que não existe movimento violento em linha reta, como representado na Figura 36. Para ele, o movimento retilíneo só ocorre nos projéteis arremessados verticalmente para cima ou para baixo. Tartaglia pensava que a trajetória de uma bala de arcabuz 37(a), ou de canhão 37(b) não podia realizar nenhum percurso retilíneo, tanto em um tiro oblíquo, quanto em um tiro horizontal.

Figura 37 - Trajetórias improváveis



Fonte: Lucca, 2011 e Adams, 2012.

¹⁵ Lembrando que, para Tartaglia a gravidade era a tendência que o corpo possuía em busca de seu lugar natural.

Para ele a trajetória seria, desde o instante de seu lançamento, uma linha curva, mesmo imperceptível para nossos olhos, como na Figura 38.

Ele publicou diversas tabelas relacionando o ângulo de elevação de um canhão com o seu alcance, constatando que o alcance máximo de um projétil lançado em solo horizontal é de 45° .

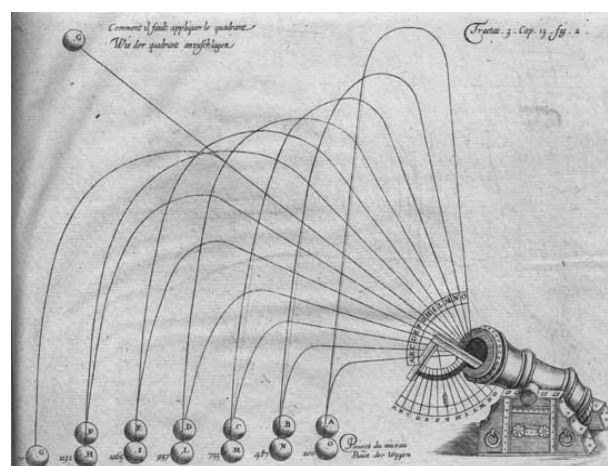
Tartália estava certo ao concluir que a trajetória de um projétil era curva em todas as partes do seu movimento. Sua idéia inovadora de que o corpo cai (movimento natural), durante todo o trajeto do projétil, o levou a esta conclusão. Apesar disso, seus estudos tiveram pouca receptividade no meio científico da época, suas ideias inovadoras foram consideradas muito ousadas, já que o pensamento lógico-filosófico da ciência aristotélica era sustentado pela Igreja e ensinado nas universidades.

Figura 38 - Imagem retirada do livro *Nova scientia inventa*



Fonte: Lucca, 2011.

Figura 39 - Estudo de trajetórias para artilheiros



Fonte: MAX PLANCK INSTITUTE, 2011.

3.5 LANÇANDO UMA NOVA FÍSICA

Na passagem da Idade Média para a Moderna, surgiu um importante movimento de ordem artística, cultural e científica conhecido como Renascimento. Suas características foram propícias para que a Física tivesse meios para aflorar. Estudiosos começaram a se mostrar insatisfeitos com as rígidas concepções de mundo, que há muito se baseavam na ordem religiosa e sobrenatural, ocorrendo, segundo Moraes (2000) duas rupturas:

- Uma separação entre a "ordem divina" e a "ordem humana" com o homem valorizando seu saber e sua razão (humanismo),
- Uma separação entre "ordem humana" e a "ordem natural", criando um agir racional do homem sobre a natureza, que para ela se volta, buscando desvendá-la, desbravá-la, explorá-la.

Com tais rupturas, separaram-se Deus, seres humanos e natureza, contudo essas mudanças ocorreram de maneira gradual e demorada, o renascimento não pode ser visto como uma radical ruptura com o mundo medieval.

Um novo sistema de mundo desencadeou o início destas mudanças na Física.

COPÉRNICO

Nicolau Copérnico (1473-1543) publica em 1543, no ano de sua morte *De revolutionibus orbium caelestium* - “Sobre a revolução das órbitas celestes”. Nele apresenta um sistema astronômico matematicamente estruturado, capaz de rivalizar com a astronomia dominante. Copérnico divulga a descrição de um sistema em que a Terra se encontra em movimento e o Sol ocupa posição central no universo, figura 40.

Apesar do sentimento intuitivo desse movimento permear a mente de alguns estudiosos, no decorrer da história do pensamento científico, o trabalho de Copérnico foi notável e essencial para o desenvolvimento da ciência. Pela primeira vez, desde Ptolomeu, aparecia em cena um sistema astronômico matematicamente formulado, compatível com os dados observacionais, em todos os detalhes, concebidos sobre novas bases. Suas proporções eram idênticas ao *Almagesto*, o sistema que ele almejava substituir (PEDUZZI, 2011).

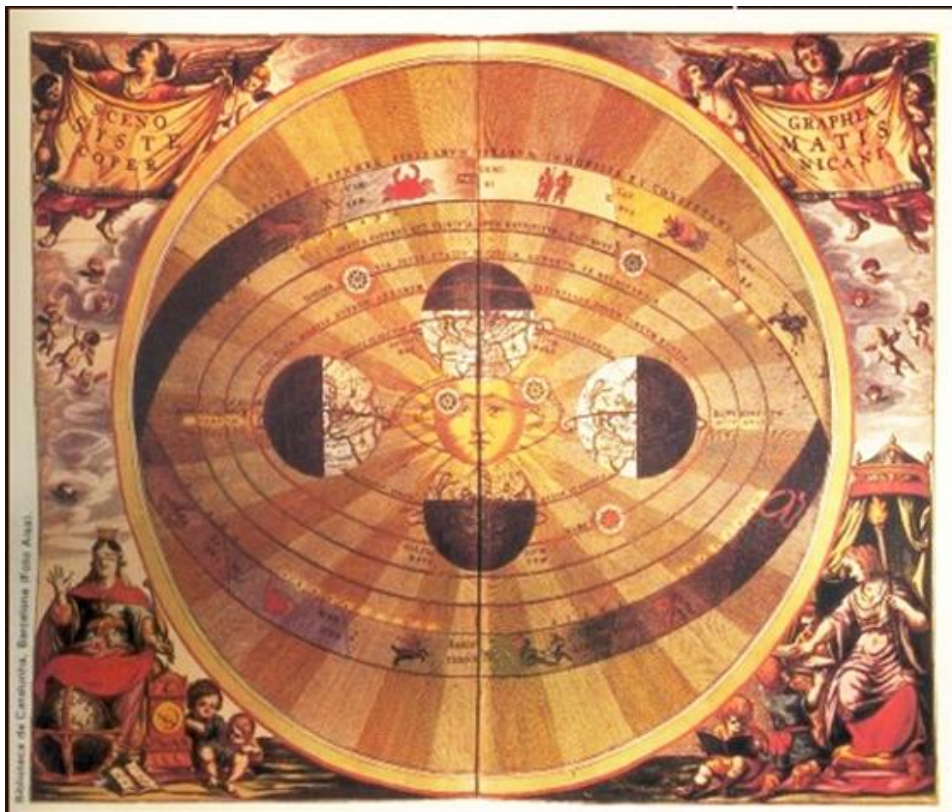
Mas apesar da consistência de sua obra, o fato de atribuir algum movimento a Terra era incompatível com o senso comum, sem esquecer que a cosmologia aristotélica

dominava o saber científico da época. O heliocentrismo deparou-se com inúmeros problemas de ordem física decorrentes da idéia de uma Terra não estacionária.

Dentre estas críticas, separamos duas que são relacionadas ao movimento dos corpos em queda:

Uma é que os aristotélicos acreditavam que os corpos pesados caem devido à tendência natural que possuem em se dirigir para o centro do universo.

Figura 40 – Heliocentrismo



Fonte: Penteadó.

Mas com a Terra fora desta posição central, como se deslocaria uma pedra, por exemplo, quando solta de certa altura em relação ao solo? Copérnico respondeu que o movimento da pedra continua sendo um movimento natural, mas em direção ao centro da *Terra* e não do universo.

A outra seria explicar o movimento de queda dos corpos em uma Terra em movimento. Afinal, se o globo terrestre se movimenta, por que quando se solta uma pedra, esta não fica para trás, já que enquanto a pedra está no ar ela não tem nenhum contato com a Terra?

Devido ao conhecimento da época, Copérnico não consegue explicar que, de alguma maneira, a pedra participa do movimento da Terra e, por isso, não se atrasa em relação

a ela. Somadas a estes argumentos de cunho científico, ainda existiam as objeções religiosas, já que a aceitação do heliocentrismo implicava na retirada do homem da posição central do universo. Apesar destes fatos, o livro das Revoluções só foi oficialmente proibido 73 anos após sua publicação, depois de serem divulgados resultados experimentais obtidos por Galileu que apoiavam as idéias de Copérnico.

GALILEU

O italiano Galileu Galilei (1564-1642) é reconhecido, tanto por seus conhecimentos matemáticos, quanto por suas contestações à física aristotélica.

Koyré (1986) resume os métodos utilizados por Galileu que culminaram, anos mais tarde, com nosso método científico:

- A observação imediata do fenômeno na sua complexidade, "as observações cuidadosas".
- A resolução dessa complexidade nos elementos mais simples traduzíveis em relações quantitativas, ou em linguagem matemática;
- A formulação de uma hipótese explicativa;
- A verificação da hipótese como cálculo e experimento - a experimentação.

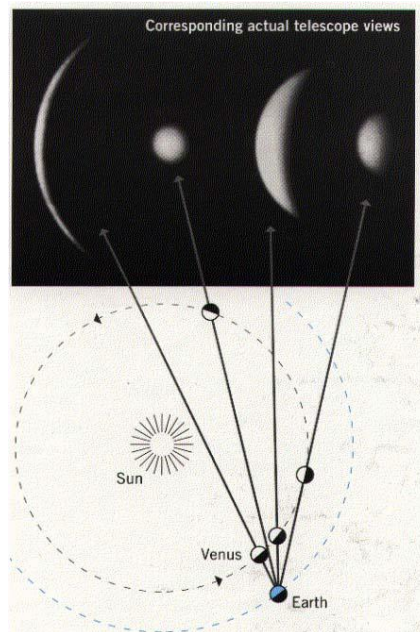
É de conhecimento de todos, que para obtermos um avanço nas ciências também é preciso ocorrer um avanço na tecnologia, em particular na tecnologia utilizada para fins científicos. Galileu foi inovador na utilização do instrumento científico.

Em 1609, Galileu teve notícias de que, na Holanda, havia um instrumento que possibilitava que as pessoas pudessem enxergar, de perto, objetos distantes. Percebendo a importância de um dispositivo, que apresentava esse porte tecnológico para melhorar as observações celestes, foi à procura deste instrumento (tratava-se de uma luneta rudimentar). Após aperfeiçoá-lo, chamou-o, primeiramente, de óculo e, posteriormente, de telescópio. Este novo instrumento o ajudou a elucidar questões que apoiaram o sistema heliocêntrico. Com ele Galileu descobriu um sistema solar em miniatura, constituído por Júpiter e seus satélites. Mostrou que Vênus apresenta fases e que, quanto mais iluminado o disco desse planeta, maior é o seu afastamento em relação à Terra. Este fato comprova o giro deste astro em torno do sol e a posição de observação da Terra, como mostrado na Figura 41.

Com estas notáveis descobertas, no campo da astronomia, lançou seu livro *Sidereus Nuncius* "O mensageiro sideral", publicado em março de 1610.

Novamente a força do senso comum, presente nas convicções aristotélicas, fez com que Galileu recebesse críticas de cientistas da época. Mas com demonstrações bem alicerçadas na matemática e observações apoiadas no seu óculo, suas argumentações tornam-se difíceis de refutar (PEDUZZI, 2011).

Figura 41 - Fases do planeta Vênus



Fonte: Peduzzi, 2011.

Eis que surge o recurso da Bíblia Sagrada. Como árbitro supremo, ela seria capaz de acabar com todas as dúvidas, abaixo a título de curiosidade, uma das passagens usadas para atestar a imobilidade da Terra, conhecida como o milagre de Josué:

Então Josué disse na presença dos israelitas:
 Sol, detém-te em Gibeom,
 e tu, Lua, no vale de Aijalom.
 E o Sol se deteve, e a Lua parou,
 até que o povo se vingou de seus inimigos.
 O Sol, pois, se deteve no meio do céu,
 e não se apressou a pôr-se, quase um dia inteiro.
 Não houve dia semelhante a este, nem antes nem depois dele,
 Tendo o Senhor assim atendido à voz de um homem.
 (RESTON, 1995, p. 194 apud PEDUZZI, 2011)

Mesmo sobre esta forte crítica Galileu deixa claramente explícita a sua adesão ao sistema copernicano, afirmando que o Sol permanece situado no centro, que a Terra, gira sobre si mesma, e se move em torno dele, juntamente com os outros astros celestes. (PEDUZZI, 2011).

Em resposta, no início de 1616, em ordem entregue pessoalmente pelo cardeal Bellarmino, Galileu foi, expressamente, proibido de sustentar ou defender suas idéias, sob pena de enfrentar as punições da Inquisição. A Igreja também torna proibido o *De revolutionibus* de Copérnico, comentado anteriormente.

Após 16 anos deste ocorrido, em fevereiro de 1632, na cidade de Veneza Galileu publica “*Diálogos Sobre Os Dois Principais Sistemas Do Mundo*”, não medindo esforços na defesa da teoria copernicana, criticando os princípios fundamentais da física aristotélica e o sistema ptolomaico. O Diálogos foi um livro inovador, onde seus três protagonistas estão envolvidos em um debate de idéias e princípios:

Sagredo era um homem ponderado e de educação elevada, que investiga livremente a verdade das proposições apresentadas à discussão,

Salviati, um intelecto sublime, homem de ciência, sempre ávido por finas especulações,

Simplicio, que tem na fama adquirida pelas interpretações aristotélicas o maior obstáculo à compreensão da verdade.

Alguns intelectuais jesuítas criaram uma vingança fulminante contra Galileu desenvolvendo um minucioso trabalho de convencimento ao papa Urbano VIII de que o Simplicio dos “Diálogos” era ele próprio – um absurdo total, mas que teve o efeito pretendido. O Santo Padre seria o bobalhão, o simplório, o alvo das gozações. Em contrapartida, o gênio da peça seria o copernicano Salviati – que na verdade era Galileu. (RESTON, 1995) e (PEDUZZI, 2011).

Galileu foi acusado de *desobediência* à ordem que lhe fora pessoalmente dada pelo cardeal Bellarmino em 1616, e por ordem expressa da Inquisição, foi suspensa a venda dos “Diálogos” e em 1633, foi condenado à prisão domiciliar.

3.6 LANÇANDO PROJÉTEIS COM GALILEU

Condenado, Galileu retoma seus trabalhos sobre a resistência dos materiais e o movimento dos corpos, publicando em 1638, sua última grande obra: “Discursos e

demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências”, retornando com os protagonistas, *Salviati, Sagredo e Simplicio*, desta vez, envoltos com os enigmas do movimento. Neste livro, Galileu usou os estudos de Arquimedes (287 – 212 a.C), publicados em “Sobre os corpos flutuantes” que tratava de hidrostática.

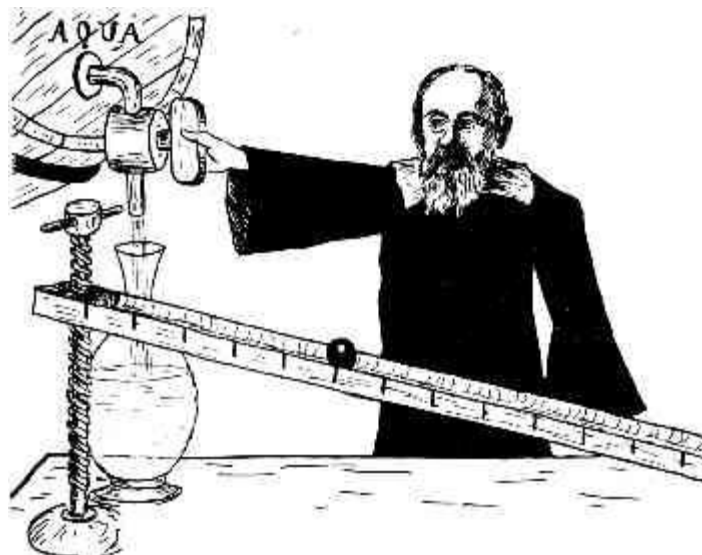
As idéias de Arquimedes ajudaram Galileu a relacionar a velocidade de queda ou de subida de um corpo, com o meio onde ocorre o movimento, dependendo do meio, o corpo pode ser considerado como leve ou pesado.

Um pedaço de madeira, por exemplo, quando solto no ar, cai por ser pesado; quando imerso em água e depois solto, emerge e flutua, por ser leve. Discordando dos Aristotélicos que acreditavam que o peso de um corpo é uma propriedade absoluta, intrínseca. Para Galileu, não pode haver nenhum movimento natural para cima, pois os corpos leves são empurrados para cima pelos corpos pesados, para ele todos os corpos possuem peso, até mesmo o ar e o fogo e possuem movimento natural para baixo (KOYRÉ, 1986) e (PEDUZZI, 2011).

Todas as conclusões matemáticas, segundo a filosofia de Galileu, deviam ser confirmadas pela experiência, mas a falta de tecnologia e de instrumentos de medida foram dificuldades a serem vencidas com muita criatividade e inovação.

A queda livre se dá de forma muito rápida, o que dificultava medidas mais precisas de tempo, tendo em vista que Galileu só dispunha de um relógio d’água, foi então que ele teve a idéia do plano inclinado (Figura 42), para diminuir a rapidez dessa descida.

Figura 42 - Um desenho de George Gamow



Fonte: Martins, 2011.

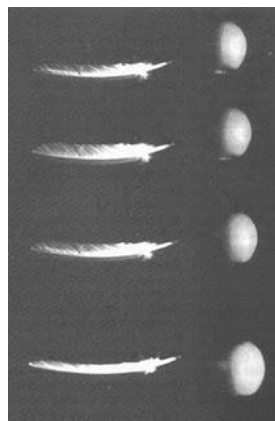
Os resultados da experiência permitiram a Galileu concluir a lei da queda dos corpos, estabelecendo a proporcionalidade das distâncias percorridas com os quadrados dos tempos envolvidos. Além disso, para ele o movimento acelerado só podia ocorrer, quando o corpo caía, em um meio, que não oferecesse nenhuma resistência ao seu deslocamento, isto é, quando o seu movimento se processasse no ‘vácuo’.

Essas considerações levaram Galileu a concluir que, quando dois corpos, independentemente, de seus pesos e do material do qual são constituídos, forem soltos de uma mesma altura, ambos atingiriam o solo simultaneamente. Claro que, em uma época, em que os movimentos ainda eram considerados como naturais ou violentos, seus adversários acharam suas idéias um disparate sendo, facilmente, refutadas com um experimento simples: se uma esfera de chumbo e uma pena forem soltas de certa altura, a esfera de chumbo chega bem à frente da pena. Galileu retrucou afirmando que elas cairiam exatamente ao mesmo tempo (isto é, com a mesma aceleração) se o atrito de ambos com o ar fosse nulo. As críticas giravam, então, em torno, do princípio aristotélico do “Horror ao Vácuo”. O vácuo não é um meio físico e não pode receber transmitir e manter um movimento.

Infelizmente, Galileu tinha que lutar contra todo um sistema filosófico para defender as suas idéias.

Suas previsões sobre o movimento no vazio só foram confirmadas, muito tempo depois, com a invenção da bomba de vácuo. Colocando-se, por exemplo, uma pena de ave e uma maçã em um recipiente e extraindo-se o ar de seu interior, pode-se verificar, facilmente, que ambos os corpos chegam exatamente juntos ao fundo do recipiente, se soltos simultaneamente de uma mesma altura, (figura 43):

Figura 43 - Queda livre no vácuo

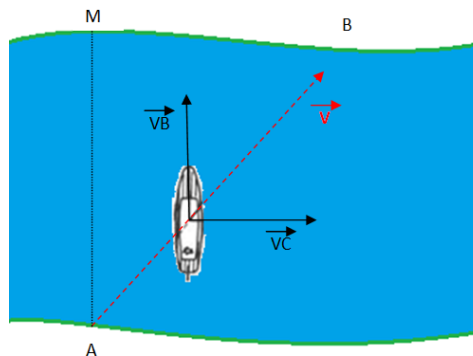


Fonte: Lucca, 2012.

Galileu resolveu levar estas idéias para o movimento de corpos em diferentes superfícies horizontais. Ele empurrava objetos em superfície de areia, mesa de madeira, vidro polido e chegou à conclusão que cada superfície exerce uma resistência diferente. Se existisse uma superfície sem resistência, o corpo não pararia seu movimento, continuaria em linha reta com velocidade constante. Contrariando as idéias de Aristóteles, uma vez que segundo ele, um corpo poderia continuar em movimento, mesmo que nenhuma força atuasse sobre ele. Esta idéia de Galileu foi utilizada por Newton na elaboração da sua primeira lei.

Para compreendermos mais sobre o movimento dos projéteis, vamos analisar o que Galileu chamou de composição de movimentos. Observe a figura 44, suponha que uma pessoa esteja em um barco que faz a travessia de um rio, saindo do ponto A, descrevendo uma trajetória retilínea VB, procurando atingir o ponto M da margem oposta. Durante o trajeto, o barco movimenta-se perpendicularmente ao movimento da correnteza VC. O barco então é arrastado pela corrente fluvial do rio, o movimento do barco será afetado, portanto por dois movimentos: o proporcionado pelo motor do barco e o da correnteza. O movimento real do barco, portanto, será um movimento composto, em diagonal, resultante da combinação de dois movimentos simultâneos: do barco e da correnteza do rio. Ao invés de atingir o ponto M o barco atinge o ponto B.

Figura 44 - Composição de movimentos



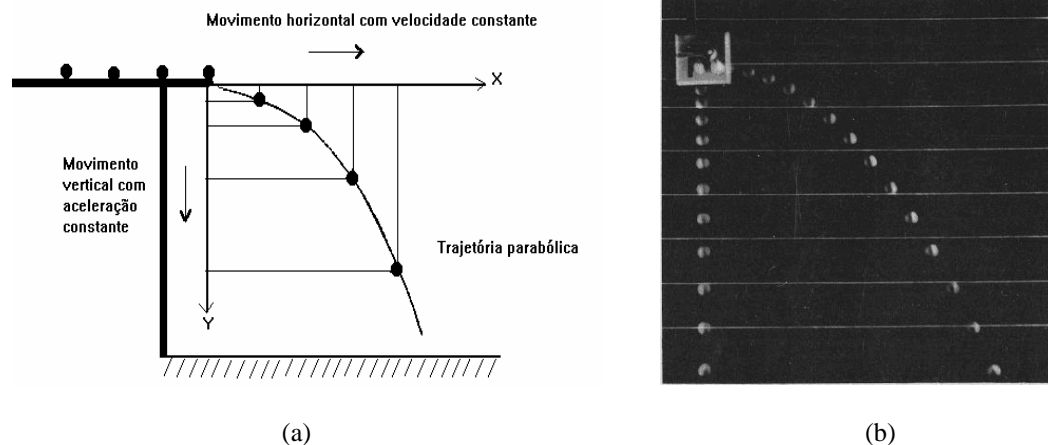
Fonte: do autor.

Estas idéias sintetizaram o que Galileu chamou de “o princípio da composição de movimentos”: quando um corpo está animado de dois ou mais movimentos simultâneos, cada movimento efetua-se como se os outros não existissem.

Galileu volta sua atenção para o movimento de um projétil lançado horizontalmente de certa altura em relação ao solo, realizando experimentos com uma esfera lançada sobre uma mesa.

De posse dos dados experimentais, Galileu chegou à conclusão de que no movimento horizontal, realizado pela esfera, se não houvesse a atração terrestre nem a resistência do ar esta continuaria com velocidade constante, até aonde se estendesse o plano horizontal. Ela percorreria distâncias iguais em intervalos de tempos iguais, segundo a equação 1¹⁶. Se esse mesmo corpo fosse solto de certa altura em relação ao solo, ficando sujeito apenas à ação da gravidade, cairia na vertical, percorrendo distâncias proporcionais aos quadrados dos tempos envolvidos, com aceleração constante, segundo a equação 2¹⁷. Ocorrendo uma composição de movimentos na vertical e na horizontal, o corpo anda horizontalmente (eixo x), ao mesmo tempo em que cai na vertical, percorrendo uma altura (eixo y), o que resultaria em uma trajetória parabólica. A figura 45(a) mostra um esquema e a figura 45(b) uma foto estroboscópica confirmando a independência dos movimentos. Uma bola solta e outra lançada na horizontal atingem o solo no mesmo intervalo de tempo.

Figura 45 - Esquema do movimento horizontal e foto estroboscópica



Fonte: Peduzzi, 2012 e Alvarenga, 2005.

Através da composição de movimentos, Galileu explicou outro fato, que era usado, frequentemente, pelos aristotélicos para comprovar a imobilidade da Terra.

Para os aristotélicos, soltando-se uma pedra de cima do mastro de um navio que se desloca em águas tranquilas, esta cairá não na base do mastro, mas em algum ponto afastado da base do mastro (figura 46a). Isso acontece porque, enquanto o navio se movimenta, a pedra cai verticalmente em direção ao barco, e para eles o movimento do navio

¹⁶ $S = v \cdot t$, onde S é a distância percorrida, v a velocidade comunicada à esfera no momento do lançamento e t o tempo gasto

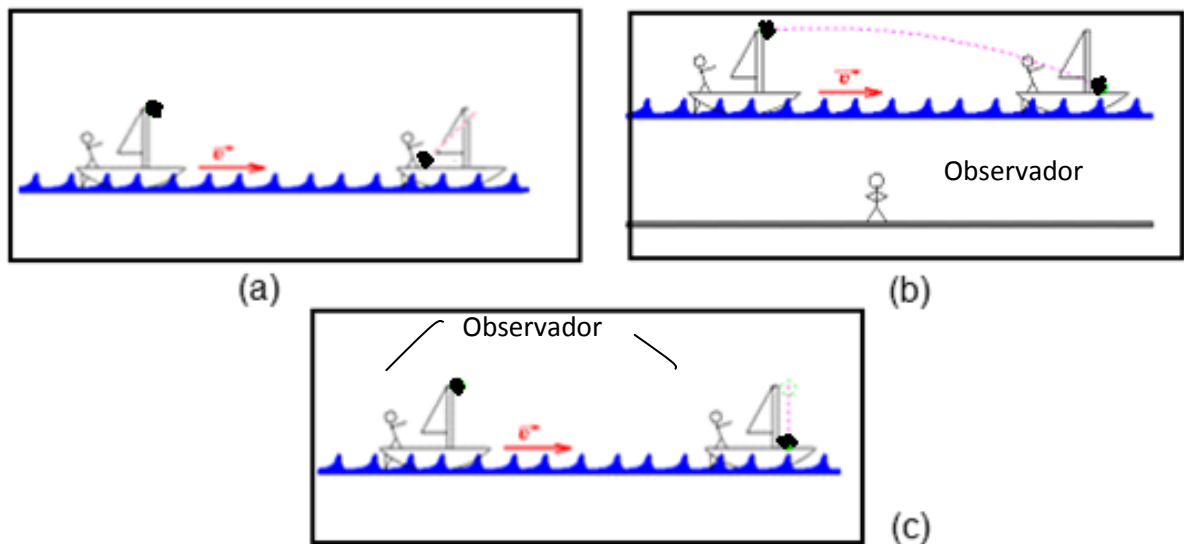
¹⁷ $S = \frac{1}{2} g t^2$ (g é a aceleração da gravidade no local)

não tem nenhuma influência no movimento de retorno da pedra ao seu lugar natural. Como a pedra não compartilha do movimento horizontal do navio, ela fica ‘para trás’.

Para Galileu, este tipo de situação é igual ao experimento da esfera lançada horizontalmente. Quando a pedra é solta, ela fica sujeita à ação simultânea de dois movimentos: um horizontal, já que a pedra se movimenta junto com o navio e, portanto, com a velocidade do navio, e o movimento de queda acelerado sujeito à ação da gravidade.

Para Galileu, somente uma pessoa fora do barco, imóvel, na margem, do rio veria esta parábola (figura 46b), já que o barco (e tudo dentro dele) está em movimento em relação a ele. Caso a pessoa se encontre imóvel dentro do barco, em relação ao barco e tudo que se encontra nele, ela estaria parada e veria uma trajetória vertical (figura 46c).

Figura 46 - Trajetória de um projétil, observada de diferentes referenciais



Fonte: do autor.

Todas estas descobertas, publicadas em sua última grande obra, foram feitas por Galileu em prisão domiciliar, que ocorreu até seus últimos dias de vida. O Gênio que ousou enfrentar a Igreja para defender a ciência morreu velho e cego em 1642.

NEWTON

Isaac Newton (1643-1727) apoiado nos trabalhos de Galileu sobre o movimento e as teorias do astrônomo Kepler, publica em 1687 a primeira edição da sua obra-prima “*Princípios matemáticos da filosofia natural*”. Após isso, passamos a entender melhor a causa

da queda dos corpos, uma vez que o movimento natural de Aristóteles foi substituído pela força da gravidade de Newton. O movimento foi sintetizado no que passamos a chamar de as três leis básicas da mecânica:

Primeira lei do movimento:

“Na ausência de forças, um corpo em repouso continua em repouso, e um corpo em movimento continua em movimento em linha reta e com velocidade constante”. (ALVARENGA, 1997, p.81)

Esta é uma propriedade da matéria chamada de inércia. A ausência de força atuando no corpo equivale a dizer que o mesmo não sofre resistência de nada, como se ele estivesse no vácuo. Nesta condição ele se moveria para sempre. O princípio de inércia permite-nos compreender porque não sentimos o movimento da Terra: tudo nela, inclusive a camada gasosa que a envolve, participa de seu movimento de rotação e translação e como participamos dele, estamos em repouso relativamente ao nosso planeta. Se lançarmos uma pedra na vertical, ela cai no mesmo lugar de onde partiu, porque conserva a velocidade da Terra enquanto sobe e desce.

Segunda lei do movimento:

“A aceleração que um corpo adquire é diretamente proporcional à força que atua sobre ele e tem a mesma direção e o mesmo sentido desta força”. (ALVARENGA, 1997, p.95):

Esta lei estabelece como *varia* o movimento de um corpo, quando ele interage com outro(s) corpo(s), equação 3¹⁸.

Terceira lei do movimento:

“Quando um corpo A exerce uma força sobre o corpo B, o corpo B reage sobre A, exercendo nele uma força de mesmo módulo, de mesma direção e sentido contrário”. (ALVARENGA, 1997, p.104).

3.7 LANÇANDO O MAIOR DOS PROJÉTEIS

Desde a Grécia antiga, esta questão nos atormenta. Porque os corpos caem?

Ao largamos uma pedra a partir de certa altura, ela cai em direção ao chão. Sabe-se que a pedra se encontra inicialmente em repouso, mas como vimos, ao longo desta nossa viagem histórica, segundo o princípio da inércia descoberto por Galileu e sistematizado na primeira lei Newton, um corpo permanecerá em repouso se nenhuma força atuar sobre ele.

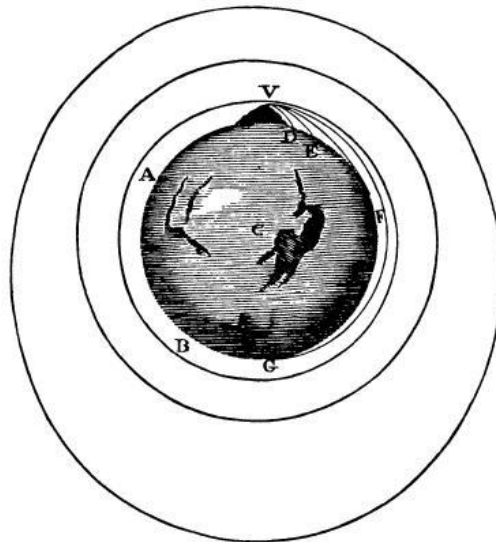
¹⁸ $F = m \cdot a$. Onde F = força, m = massa do corpo e a = aceleração.

Se a pedra começa a mover-se em direção a Terra, é sinal de que existe uma força de atração agindo sobre ela. Conta-se que Newton, quando estava debaixo de uma macieira descansando e uma maçã lhe caiu sobre a cabeça, percebeu que a força que fazia a maçã cair era o mesmo tipo de força que poderia puxar a Lua para a Terra.

Mas por que a Lua não cai na Terra?

Newton realizou a seguinte experiência, hipotética: Imaginou-se, no alto de uma montanha, realizando sucessivos lançamentos horizontais de uma pedra, cada vez com mais força. Imagine você com uma pedra na mão, no alto de uma montanha, se a deixar cair, ela descreverá uma trajetória vertical e para baixo. Depois, pegue a pedra, lance-a para frente e observe que ela descreverá uma trajetória parabólica, chegando ao solo alguns metros à frente. Agora pense na possibilidade de poder lançá-la cada vez mais longe. O que aconteceria com essa pedra? É natural que ela continue caindo, já que é atraída pela Terra, mas ela alcança distâncias cada vez maiores do cume da montanha, até chegar certo momento, em que ela não atinge mais o chão: a pedra entra em um movimento de "queda eterna", que é conhecido como movimento de órbita (Figura 47).

Figura 47 - Lançamento hipotético



Crédito: Domínio Público

Por tanto, a maçã e a Lua estão caindo, a diferença é que a Lua tem um movimento de queda permanente, enquanto que a maçã se choca com a superfície da Terra. Uma mesma causa produz os movimentos dos corpos celestes e terrestres.

Newton precisava então formular a lei que descrevesse essa causa, a que chamou de força gravitacional. Esta força além de ser responsável pela queda dos objetos fazia com que os planetas e satélites permanecessem em órbita.

Debruçou-se, então, sobre os estudos de cientistas a que, elegantemente, chamou de “gigantes”. Dentre eles estava o brilhante astrônomo e matemático:

KEPLER

Johannes Kepler (1571–1630) de posse de dados observacionais do astrônomo Ticho Brahe (1546-1601) criou o “Modelo Final do Sistema Solar” usado atualmente. Usando este modelo, concluiu que a órbita dos planetas não eram esféricas como acreditavam os aristotélicos. As orbitas dos astros eram elípticas, tendo o Sol em um dos focos. Possuindo dados observacionais confiáveis e de uma matemática inquestionável, Kepler publicou em 1609, suas duas primeiras Leis:

A primeira lei de Kepler:

“Os planetas se movem em trajetórias elípticas, ocupando o Sol um dos focos.”

(ALVARENGA, 1997, p.133).

Com esta Lei, extremamente simples, Kepler consegue provar que a Terra e o Sol não eram o centro do Universo. Não se fala mais em centro do Universo e a Terra tem que girar sobre si mesma (figura 48).

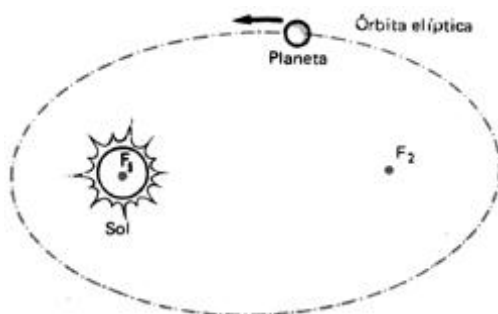
Segunda lei de Kepler:

“A linha reta que une o planeta ao Sol, varre sempre áreas iguais em tempos iguais”

(ALVARENGA, 1997, p.134).

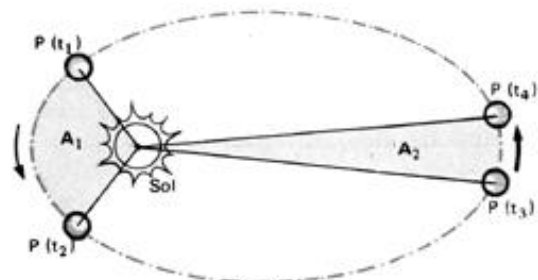
Com a segunda lei, ele mostrou que os corpos não têm velocidades (em módulo) constantes, mais sim velocidades maiores, quando estão mais próximos do Sol e velocidades menores quando mais afastados do Sol (figura 49).

Figura 48 - Lei das órbitas



Fonte: Colegioweb, 2011

Figura 49 - Lei das áreas



Fonte: Colegioweb, 2011

Terceira Lei de Kepler:

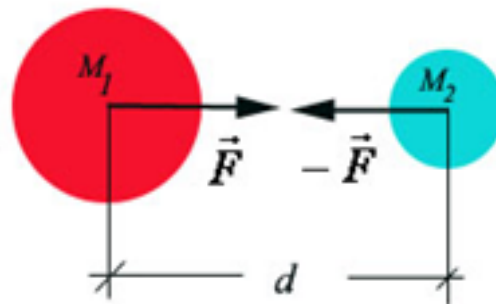
“A razão entre o quadrado do período pelo cubo da distância média do planeta ao Sol é uma constante” (ALVARENGA, 1997 p.134), equação 4¹⁹.

De posse destas três leis, Newton usando uma matemática bem elaborada, relacionou-as a força centrípeta usada no movimento circular uniforme, uma vez que a excentricidade da elipse de alguns planetas é próxima de zero, suas órbitas são aproximadamente circulares, chegou-se a:

Lei da gravitação universal:

“Dois corpos atraem-se exercendo, um sobre o outro, uma força que é diretamente proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa” (ALVARENGA, 1997, p.138), equação 5²⁰.

Figura 50 - Lei da gravitação de Newton



Fonte: Bisquolo, 2012

Desta equação concluímos que: Massa atrai massa; quanto maior a massa dos corpos, maior a força exercida entre eles; e quanto mais afastados estiverem os corpos, menor será a intensidade dessa força.

Todos os corpos estão sujeitos a esta força de atração, inclusive eu e você. Contudo, como temos uma massa pequena e os outros corpos também, essa força de atração se torna desprezível. Quando pelo menos um dos corpos tem uma massa considerável, como é o caso do planeta Terra, é possível sentir a força de atração gravitacional.

Newton realizou assim, uma das mais notáveis sínteses da história da ciência, relacionando a queda dos corpos na superfície da Terra com a órbita da Lua.

¹⁹ $\frac{T^2}{D^3} = K$, sendo T o período e D a distância.

²⁰ $F = G \frac{m_1 \cdot M_2}{d^2}$, sendo F - Força Gravitacional; G - Constante da Gravitação Universal; M1 - Massa da Terra, M2- Massa do outro corpo (ex: satélites) e d - Distância entre os dois corpos

No entanto, nossa jornada ao longo da história do movimento de queda dos corpos, ainda não chegou ao fim. Existiam dúvidas que Newton não soube responder:

Como se forma esta força gravitacional? O que é esta tal de força da gravidade?

Quem se propôs a responder tal questão foi o físico alemão Albert Einstein.

EINSTEIN

No início do século XX, os avanços científicos mostravam que poderiam existir corpos capazes de moverem-se com velocidades muito altas, próximas à da luz, como as partículas atômicas recém-descobertas. Nestas altas velocidades, a mecânica de Newton começava a falhar. No ano de 1905, Albert Einstein (1879-1955), com apenas 26 anos de idade, publicou seu artigo sobre a Teoria da Relatividade Restrita, que de certa forma explicava estas falhas e poderia ser utilizada em lugar da mecânica newtoniana.

Neste artigo, divulga a idéia de que a velocidade da luz seria o limite máximo de velocidade existente no universo. Nada pode se mover mais rápido do que a luz e a sua velocidade é sempre a mesma independente do referencial. Os cálculos de Einstein mostravam que, para um corpo que viaja próximo a velocidade da luz (299 792 458 m/s), o tempo passaria mais lentamente, isto é, ocorreria o que cientificamente chamamos de dilatação do tempo. Fato semelhante ocorreria também com o espaço: em um corpo que viaja próximo à velocidade da luz ocorreria uma contração de seu comprimento, chamado de contração do espaço.

Para Einstein, o tempo juntamente com as três dimensões do espaço, ou seja, largura, altura e comprimento, formariam o espaço-tempo de quatro dimensões.

Estas idéias revolucionárias, em relação ao fato de o tempo passar mais lentamente na medida em que nos movimentamos com a velocidade próxima à da luz, foram todas comprovadas por meio de experimentos com aceleradores de partículas e relógios atômicos.

Mas as explicações sobre a força que causa a queda de todos os corpos, só seria esclarecida no seu artigo de 1915 sobre sua Teoria Geral da Relatividade.

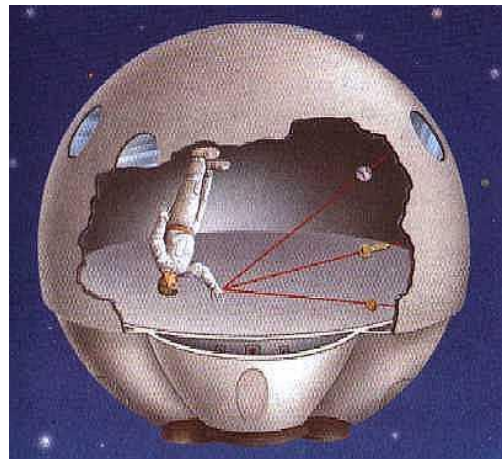
Segundo Bertolo (2012), Bergmann (2012) e Saa (2012), Einstein chegou a tal descoberta através de um experimento mental, a que anos mais tarde chamou de “a imaginação mais feliz de minha vida”. Imaginou-se dentro de um elevador em queda livre de um prédio muito alto. Esta situação seria semelhante a um astronauta dentro de uma nave

flutuando no espaço: objetos lançados dentro da espaçonave teriam movimento retilíneo uniforme, figura 51.

No chão, tanto Einstein quanto a espaçonave sentem os efeitos da força gravitacional, os objetos lançados pelo astronauta, agora possuem trajetória parabólica como representado na figura 52.

De modo semelhante uma pessoa que está dentro de um elevador fechado, sem a visão do exterior, não sabe dizer se ela está sendo puxada por uma nave espacial acelerada em $9,8 \text{ m/s}^2$ (a aceleração da gravidade) ou se está parada sobre a Terra. Nos dois casos a pessoa estaria grudada ao chão como se fosse atraída pela força da gravidade (figura 53).

Figura 51 - Equivalência entre queda livre e espaçonave no espaço



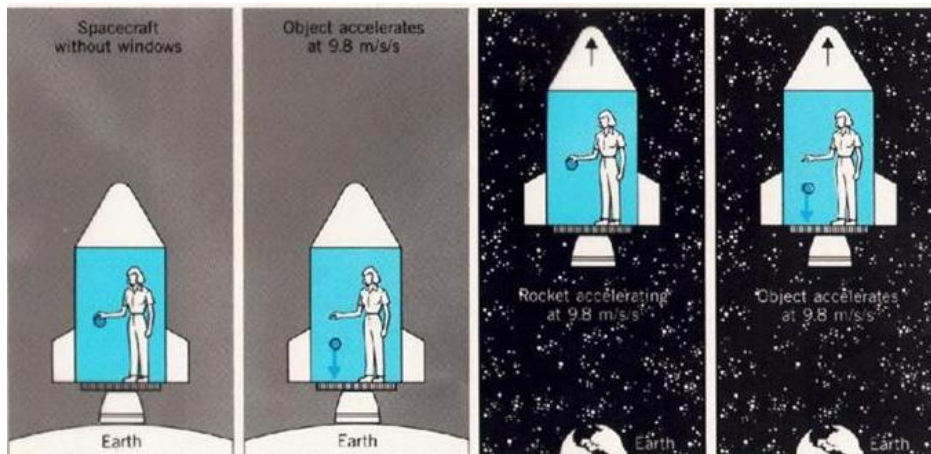
Fonte: Saa, 2012 e Bertolo, 2012.

Figura 52 - Atuação da força da gravidade



Fonte: Saa, 2012 e Bertolo, 2012.

Figura 53 - Princípio da equivalência



Fonte: Bergmann, 2012.

Segundo Einstein, não é possível distinguir, em uma região pequena do espaço-tempo, a diferença entre a aceleração de um objeto e a existência de força gravitacional tradicionalmente postulada.

De sua famosa equação: $E = mc^2$, ele conclui duas teorias fantásticas:

- Todos os corpos distorcem o espaço-tempo só pelo fato de estarem contidos nele. E quanto maior for a massa (m) de um corpo, maior será tal distorção.
- A luz (c), apesar de não ter nenhuma massa, deve ser afetada pela gravidade já que ela possui energia. A energia (E) tem que agir como uma massa.

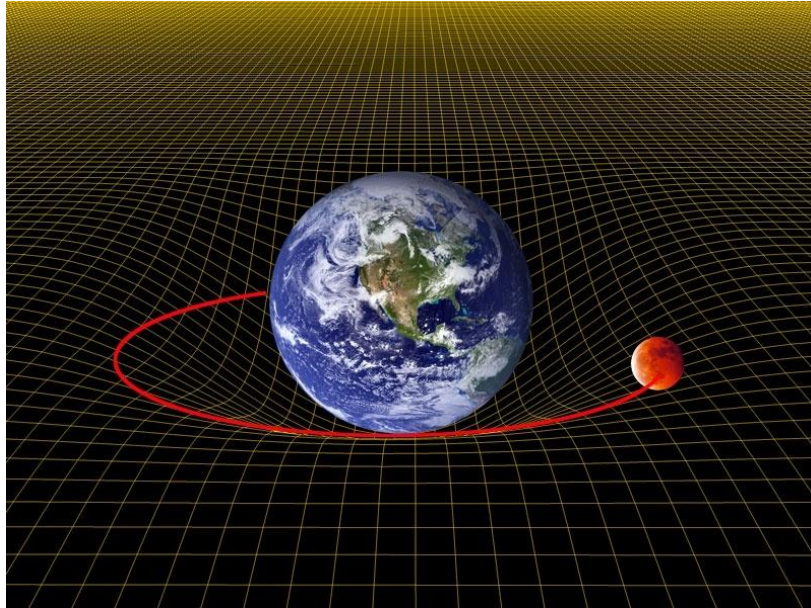
O que faltava para nossa atual compreensão sobre o movimento de queda dos corpos estava nesta descoberta de Einstein. A força da gravidade seria originada pela distorção que eles causam no espaço. Para facilitar nosso entendimento, tendo em vista que a visualização em quatro dimensões é inviável, o espaço-tempo de Einstein seria como uma espécie de lençol, figura 54.

Mas como comprovar estas afirmações reveladoras, que mudariam os rumos da ciência até então?

Vamos retornar novamente às ideias de Newton. Seus estudos sobre ótica o levaram a acreditar que a luz era formada por partículas de pequena massa, portanto sofreriam ação gravitacional, conforme qualquer corpo material, próximo a outro corpo de massa muito grande.

Sua Teoria da Gravitação universal previa que a luz de uma estrela, ao passar próxima ao Sol, deveria ser atraída, e ao sofrer esta atração ocorreria uma mudança em sua direção de propagação.

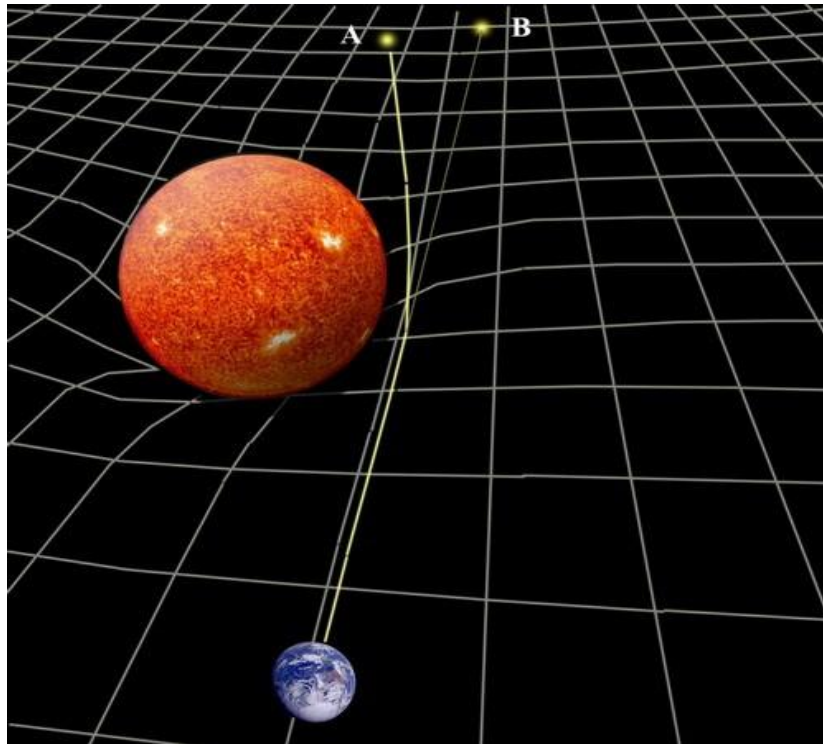
Figura 54 - Representação da deformação espaço/tempo



Fonte: Stanford, 2011.

Por outro lado, na teoria de Einstein, a luz não tem massa, mas quando se desloca num campo gravitacional muito intenso, como no caso do Sol, a luz não se propagaria em linha reta. Devido à curvatura do espaço o caminho percorrido pela luz é curvo, figura 55:

Figura 55 - Mudança na trajetória da luz



Fonte: Stanford, 2011.

Realizando novos cálculos, agora, baseados na Teoria Geral da Relatividade, Einstein concluiu que a luz de uma estrela, ao passar próxima ao Sol, deveria ser desviada por 1,75 segundos de arco, desvio duas vezes maior que o previsto pela teoria de Newton.

Porém, segundo Lima (2011), havia outra questão: como comprovar estes cálculos, tendo em vista que a luz do Sol é muito intensa e não nos deixa enxergar os raios vindos de outras estrelas?

Foi então que Einstein teve a idéia de observar o feixe de luz vindo de outra estrela, no momento que ocorresse um eclipse total do Sol. Bastava esperar o próximo eclipse solar total e, durante os poucos minutos da escuridão, fotografar as estrelas que apareceriam visualmente próximas à borda do Sol.

Segundo Marsiglia (2011), previa-se a ocorrência de um eclipse solar em 1919, e os cálculos dos astrônomos indicaram a existência de dois sítios perfeitos para a observação desse fenômeno. Um destes lugares estaria no Brasil, mais precisamente, na cidade de Sobral, localizada no sertão do Ceará. O segundo na ilha do Príncipe, localizada na costa atlântica da África.

Duas equipes de astrônomos, da Sociedade Real londrina foram designadas para as observações. Uma delas chefiada por Cromellin, dirigiu-se para o Brasil (figura 56). A outra, liderada por Eddington, deslocou-se para a África. Neste ano ocorreu uma das observações científicas mais importantes de toda a história da Astronomia.

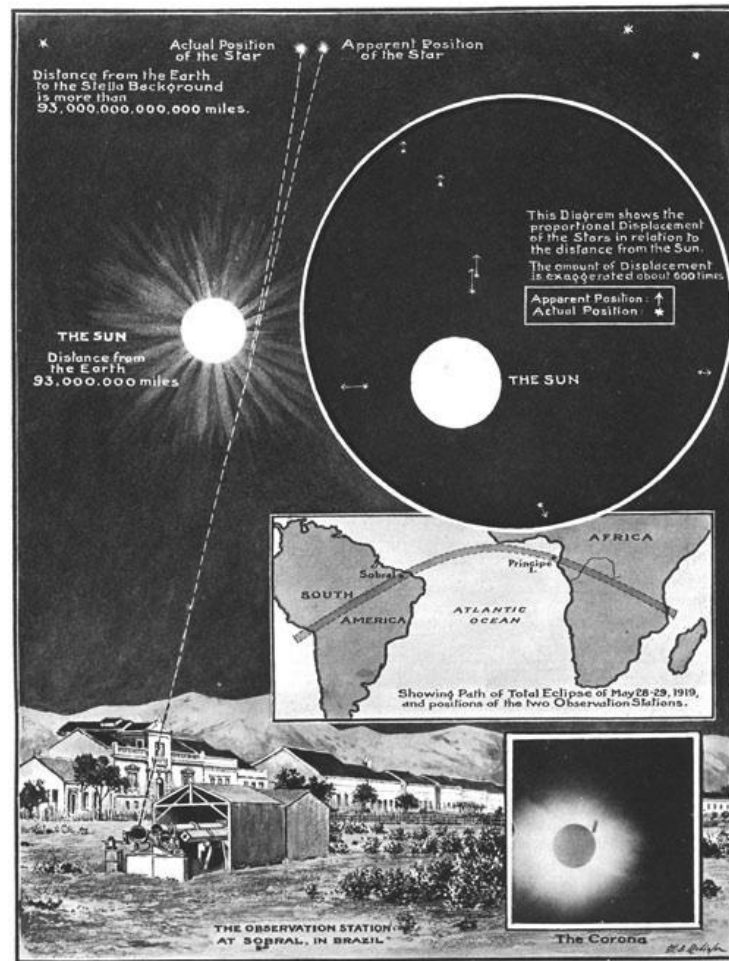
Os céus do Brasil estavam limpos, na hora da observação. No entanto, nuvens atrapalharam a observação na África.

Em decorrência da distorção do espaço-tempo pelo Sol, as estrelas observadas apareceriam mais próximas do sol, sendo que na verdade deveriam estar mais afastadas. Fotografias tiradas, antes e durante o eclipse, foram a prova de que a presença do Sol estaria afetando a trajetória da luz. A diferença angular entre as duas posições (aparente e real) da estrela poderia ser medida comparando-se placas fotográficas tiradas, na presença do Sol (durante o eclipse).

Segundo Lima (2011), estes resultados obtidos em Sobral mostraram que a teoria de Newton não poderia explicar a magnitude do efeito observado e confirmaram os cálculos de Einstein.

Entender a força da gravidade nos proporcionou compreender não apenas os movimentos, mas também as suas causas.

Figura 56 - Desenho do jornal britânico London Illustrated



Fonte: Marsiglia, 2011.

Esta melhor compreensão do movimento dos corpos, proporcionada desde Aristóteles a Einstein, promoveu muitos avanços tecnológicos e científicos durante a história da humanidade. Mas sem dúvida, um destes grandes feitos, foi o lançamento do maior dos projéteis, imaginado por Newton.

Foram suas leis que tornaram possível o lançamento dos satélites, tão importantes para nossa comunicação e monitoração atmosférica (figura 57).

O maior dos lançamentos ocorreu na noite de 20 de Julho de 1969. Um projétil tripulado, denominado Apollo 11 pousou na superfície da Lua, o lugar mais longe que o homem já foi. Dois anos depois, a Apollo 15, lançada em julho 1971, foi a primeira das missões que realizou experimentos científicos no espaço. Um destes experimentos foi considerado uma homenagem a um dos ilustres cientistas citados anteriormente, tendo em vista que o mesmo foi subjugado por forças aparentemente maiores que a razão. Mesmo tendo certeza dos fatos comprovados por meio da observação e demonstração matemática, foi obrigado a negar estes resultados.

Figura 57 - Lançamento de um satélite em uma base na Califórnia EUA



Fonte: Lee, 2011.

David Scott, o comandante da missão, realizou uma demonstração ao vivo para as câmeras de televisão. Segurando uma pena em uma das mãos e um martelo geológico na outra, deixou-os cair, ao mesmo tempo. Sabendo-se que na Lua não há atmosfera o experimento foi feito praticamente no vácuo, sem a resistência do ar que temos aqui na Terra. A pena e o martelo caíram e chegaram ao chão ao mesmo tempo, conforme formulação de Galileu Galilei (figura 58).

Figura 58 - lançamento de um martelo e uma pena na Lua



Fonte: NASA, 2011.

OUTRAS CONSIDERAÇÕES

Após essa longa jornada pela história, em busca do desvendamento do movimento de queda dos corpos, pôde-se apreender um questionamento secular que demandou respostas desenvolvidas por muitos. Alguns destes grandes cientistas chegaram a algumas concepções que acabaram os levando a caminhos tortuosos e difíceis. Acrescenta-se que as descobertas não foram alcançadas de maneira linear, foi cheia de altos e baixos, coroada de sucessos e fracassos.

Infelizmente esta jornada não é ensinada nas escolas, sendo pouco citada nos livros. Ocorre, em sala de aula, uma excessiva linearização do conhecimento científico.

Robilotta, (1985) e Peduzzi, (2011), afirmam que esta linearização acaba dando à física uma imagem de ciência destituída de contradições, apresentando idéias e conceitos sempre bem sucedidos, sem nenhum obstáculo em seu desenvolvimento. Cria com isso a imagem da ciência como algo não humano e superior às possibilidades de meros mortais. Por isso a ciência torna-se objeto de veneração, ou seja, observada à distância e isto faz com que nossos estudantes adquiram um sentimento de inferioridade, sugerindo a eles ser difícil demais a participação no desenvolvimento e difusão da ciência.

A linearização da história promove o triunfo da ciência; nós meros mortais, somos os derrotados.

3.8 O MOVIMENTO DE PROJÉTEIS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

A maneira como o lançamento de projéteis é tratado nos livros didáticos de física, de certo modo, reflete as causas do desinteresse dos estudantes em relação a esta ciência.

Tendo como base o trabalho de Resquetti & Neves (2008) foi feita uma análise superficial dos mesmos, focada em três pontos:

- Experimentação - existe ou não existe.
- O uso de simuladores ou recursos computacionais.
- Contexto histórico - está presente ou não.
- A Abordagem - é conceitual ou lógico matemática.

Foram analisadas as seguintes obras utilizadas no ensino médio:

ALVARENGA, Beatriz e MÁXIMO, Antonio. *Curso de Física*, volume 1. São Paulo: Scipione, 2005.

AMALDI, Hugo. *Imagens da Física*. Curso completo São Paulo, Scipione. 2006

PARANÁ, Djalma N. da S. *Física*, volume único. São Paulo: Ática, 2003.

PENTEADO, Paulo Cesar M. e TORRES, Carlos Magno A. *Física – ciência e tecnologia*, Volume I, São Paulo: Moderna, 2005.

RAMALHO Jr., Francisco; FERRARO, Nicolau G.; SOARES, Paulo A. T. *Os Fundamentos da Física*, volume 1. São Paulo: Moderna, 2003.

Cada item de avaliação foi marcado com um X de acordo com a seguinte graduação.

0	1	2	3
ausente . . .	insuficiente . . .	regular	satisfatório

Tabela 5 - Análise referente à experimentação

Quanto a Experimentação	0	1	2	3	4
<i>Curso de Física</i>		X			
<i>Imagens da Física</i>	X				
<i>Física</i>	X				
<i>Física – ciência e tecnologia</i>	X				
<i>Os Fundamentos da Física</i>		X			

Tabela 6 - Análise referente aos recursos computacionais

Quanto a simuladores ou recursos computacionais	0	1	2	3	4
<i>Curso de Física</i>	X				
<i>Imagens da Física</i>	X				
<i>Física</i>	X				
<i>Física – ciência e tecnologia</i>	X				
<i>Os Fundamentos da Física</i>	X				

Tabela 7 - Análise referente ao contexto histórico

Quanto ao Contexto histórico	0	1	2	3	4
<i>Curso de Física</i>			X		
<i>Imagens da Física</i>		X			
<i>Física</i>		X			
<i>Física – ciência e tecnologia</i>			X		
<i>Os Fundamentos da Física</i>		X			

Tabela 8 - Análise referente à abordagem (conceitual ou matemática)

Quanto à abordagem conceitual	0	1	2	3	4
<i>Curso de Física</i>			X		
<i>Imagens da Física</i>	X				
<i>Física</i>	X				
<i>Física – ciência e tecnologia</i>		X			
<i>Os Fundamentos da Física</i>	X				

A experimentação referente ao tema é insuficiente e quase inexistente. Apenas as obras *Curso de Física* e *Os Fundamentos da Física*, introduzem algumas sugestões bem simples de experimentação com lançamento de dois objetos de massa diferentes relacionadas à queda livre. Contudo nenhum experimento tratava do lançamento horizontal ou oblíquo de projéteis (tabela 5).

Nenhuma das obras apresentou atividades relacionadas ao uso do computador ou simuladores virtuais, nem mesmo, indicavam endereços na web para o aprimoramento de estudos (tabela 6).

Em relação à história do movimento, observou-se, na maioria das obras o pouco aprofundamento no tema, há carência de abordagem de passagens importantes, desde a época de Aristóteles, quando se iniciou o problema, até sua resolução no século XVII, por Galileu. A linearização da ciência é predominante (tabela 7).

Enfatizam-se, na maioria das obras, exercícios memorísticos e de formulação matemática, destacando-se o cálculo. Apenas o *Curso de física* apresenta uma abordagem equilibrada entre os exercícios conceituais e algébricos. Tal fato ocorre também na abordagem dos conceitos e temas. A abordagem do movimento composto é feita com definições e

expressões matemáticas do movimento horizontal e vertical, acompanhados de exercícios algébricos (tabela 8).

A trajetória do projétil é abordada de modo semelhante entre as obras, utilizando ilustrações de situações do cotidiano. Observa-se que não é feita uma análise detalhada das mudanças, na forma da trajetória, quando da existência ou não das forças de atrito, ou de diferentes referenciais.

Bachelard (1996, p.30), faz uma crítica ao ensino e aos livros de física:

Os livros de física que há meio século são cuidadosamente copiados uns dos outros, fornecem aos alunos uma ciência socializada, imóvel, que, graças à estranha persistência do programa dos exames universitários, chega a passar como *natural*; mas não é; já não é natural. Já não é a ciência da rua e do campo. É uma ciência elaborada num mau laboratório mas que traz assim mesmo a feliz marca desse laboratório.

Continuando Bachelard (1996, p.30) termina: “as experiências e os livros agora estão, pois, de certa forma desligados das observações primeiras” (Bachelard, 1996, pág. 31):

Ainda sobre os livros: “Peguem um livro de ensino científico moderno: apresenta a ciência como ligada a uma teoria geral. Seu caráter orgânico é tão evidente que será difícil pular algum capítulo. Passadas as primeiras páginas, já não resta lugar para o senso comum; nem se ouvem as perguntas do leitor. *Amigo leitor* será substituído pela severa advertência: preste atenção, aluno! O livro formula suas próprias perguntas. O livro comanda.

Destas obras, apenas o *Curso de Física* e o *Física – ciência e tecnologia* foram analisadas e aprovadas pelo PNLD para serem distribuídas, nas escolas públicas no ano de 2012. Ele serviu de base para as atividades programadas.

No presente trabalho procurou-se romper, assim, com a abordagem linear da Física. A metodologia adotada mostra como o estudo se desenvolveu.

4 METODOLOGIA

Teríamos que fazer um esforço para aprender como manter-nos distanciados das instituições baseadas em nossas próprias experiências... Sem dúvida, em qualquer outra disciplina, a habilidade de distanciar-se do objeto de estudo é necessária. Creio, no entanto, que no estudo da educação necessitamos exatamente do oposto, pois há distanciamento excessivo (Papert, 2008, p.35).

Essa pesquisa foi de cunho qualitativo, com diversos momentos de intervenção do pesquisador. Neste tipo de pesquisa não existem caminhos indicados como uma receita a ser seguida, segundo Ludke e André (1986, p. 18):

O estudo qualitativo [...] é o que se desenvolve numa situação natural, é rico em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada.

De acordo com Ludke e André (1986) as características fundamentais dessa metodologia são:

- O contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada;
- Os dados coletados são predominantemente descritivos: inclui transcrições de entrevistas, depoimentos e vídeo gravações; descrições de pessoas, situações e acontecimentos;
- Preocupa-se com o processo e não simplesmente com o resultado e o produto;
- Considera os diferentes pontos de vista dos participantes, tendo em vista uma preocupação com a maneira com que os sujeitos encaram as questões que estão sendo focalizadas;

Trata-se, além disso, de uma pesquisa com cunho participante, que se caracteriza pela interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas, como pontua Gil (2002). Porém, a pesquisa assume em alguns momentos um caráter interventivo, pois o pesquisador participa de alguns encontros, discutindo diretamente com os sujeitos envolvidos na pesquisa, colaborando com o professor da disciplina e interferindo, assim, nos rumos de certas atividades.

4.1 COLETA DE DADOS: INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Buscamos observar os alunos e professores tanto no laboratório de informática quanto em sala de aula.

Utilizamos diários de campo, registros de fotos, gravações de áudio e recorreremos também a entrevistas individuais com os professores, alunos e monitores de informática.

Todo trabalho foi feito seguindo as normas do conselho de ética em pesquisa com autorizações seguindo as normas do conselho.

Para garantir maior objetividade do observador, que atuou em alguns momentos como professor, alguns dados foram discutidos diretamente com os participantes.

Procuramos analisar diálogos, gestos e movimentos, atentando, em especial, para os seguintes aspectos:

- Compreensão e aceitação das regras do jogo pelos alunos;
- Dificuldades detectadas e formas de superação das mesmas;
- Estratégias adotadas para obter sucesso no projeto ou jogo;
- Interações no desenrolar das atividades: ajuda dada por colegas ou mediadores (professores e pesquisador).
- Aprendizagens detectadas

4.2 AMBIENTE DE PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada em uma instituição pública. Como nosso trabalho envolve o uso de informática, a escola deveria possuir computadores disponíveis aos alunos. O acesso a internet podia ser opcional, já que os programas simuladores podem ser baixados via download gratuitamente. Caso a instituição contasse com o serviço, proporcionaria uma melhor logística, já que os simuladores rodam on-line e não seria necessária sua instalação.

Enfatizo o modo como escolhi a escola, ambiente de pesquisa. Inicialmente pretendia utilizar a última escola estadual onde lecionei, antes de me desligar para fazer o mestrado. Esta escolha me proporcionaria uma melhor aceitação entre os professores, direção e equipe pedagógica. O fato de ter certa facilidade no uso dos ambientes e laboratório de informática, bem como o de conhecer e ser amigo do professor regente da turma tornava

apropriada esta instituição. Somado a isto, corriam boatos durante as aulas do programa de pós-graduação, de que alguns diretores de escolas não eram receptivos aos pesquisadores. Eles tinham medo de expor suas escolas a uma pesquisa que poderia revelar uma má gestão, ou problemas educacionais gritantes.

Será que isto realmente era verdade?

Esta dúvida me intrigava. Então, numa manhã, quando me preparava para meu primeiro dia de trabalho de campo, onde me apresentaria à diretoria da minha ex-escola, comentei algo sobre a dificuldade de transporte com minha esposa, já que a instituição situa-se na periferia de Santa Luzia, uma cidade da região metropolitana da capital. Minha filha que prestava atenção na conversa perguntou:

Pai, porque você não faz esta tal pesquisa na minha escola? Ela não serve não?

A escola dela servia, era da rede pública municipal, ela já me havia contado sobre o laboratório de informática. Outra coisa me atraiu então, nostalgicamente, além de ser a escola de minha filha, foi onde concluí meu 1º grau no ano de 1986. Como pesquisador, eu deveria não me ater, apenas, às facilidades, porém aprender com os desafios, enfim teria a oportunidade de verificar ou não a veracidade dos boatos.

Tracei então o seguinte plano, iria até a escola de minha filha, me apresentaria como ex-aluno, mas sem me identificar como pai, apresentaria o trabalho, bem como as necessidades que ele exigia e exporia a importância do empreendimento para a melhoria da educação; dependendo da resposta, ou reação da direção não insistiria e ficaria com a escola estadual.

Então, no meu primeiro dia de campo, na manhã do dia 10 de maio de 2011, após me identificar como pesquisador em educação, fui recebido pela direção da escola de braços abertos, mesmo antes de dizer, que era um ex-aluno. Neste mesmo dia fui apresentado a Professora responsável pelas turmas, objeto de pesquisa, e acertado o horário das visitas.

Ao me despedir da diretora, ela se propôs a me apresentar para as turmas junto com a professora de ciências, no primeiro dia de trabalho. Esta apresentação tinha um cunho pedagógico: ela queria mostrar a importância de se preservar a escola, de se apropriar dela, de chamá-la de sua, ao me apresentar como ex-aluno, ela pretendia despertar nos alunos a responsabilidade pelo espaço escolar, a escola não serviria a eles apenas, naquele momento, mas poderia lhes ser útil em outro momento da vida. Então sorrindo, eu a disse que minha filha também estava lá.

4.2.1 A ESCOLA

A escola Municipal Hilda Rabello Matta, situa-se na região norte de Belo Horizonte. Foi inaugurada, no dia 12 de março de 1979 e seu nome é uma homenagem a professora Hilda Rabelo da Matta, nascida na cidade de Diamantina, tendo dedicado toda a sua vida ao magistério e à educação. Tinha apenas 16 anos, quando por meio de concurso público ingressou no magistério, sendo professora até aposentar-se.

Oferece ensino infantil e fundamental do 1º ao 9º anos nos turnos da manhã e tarde e a educação de jovens e adultos EJA no turno da noite.

Cada turno é formado por 04 aulas de 60 minutos e 20 minutos de recreio. A escola adota o sistema de sala ambiente, onde o professor fica fixo, na sala, e os alunos ao término de cada aula, devem dirigir-se para a sala seguinte, sendo fixada uma tolerância de 5 minutos para esta troca; depois desta conduta a sala de aula é trancada pelo professor.

Questionado sobre o fato de gostar ou não de ter que trocar de sala, um aluno foi enfático:

Assim é muito melhor, a gente pode esticar as canelas, desentortar a coluna, ir ao banheiro ou tomar uma água!

A mesma pergunta foi respondida por um professor:

A idéia inicialmente foi muito boa, tínhamos uma sala ambiente, com materiais pedagógicos exclusivos da nossa disciplina. O professor seria facilitado já que não precisaríamos carregá-los de sala em sala. Acontece que estes materiais nunca vieram.

Referente à infra-estrutura pedagógica: a escola possui uma quadra coberta e duas ao ar livre, um mini-auditório dotado de recursos multimídia, laboratório de informática e biblioteca.

4.2.2 A SALA DE INFORMÁTICA

A sala de informática é um ambiente muito agradável, possui 21 computadores conectados à internet, o que dá um computador para cada dois alunos. Possui também um computador para o monitor, um quadro branco para instruções, mesas e cadeiras confortáveis e ar condicionado. Visando a economia de recursos, são utilizados somente softwares livres,

como o sistema operacional LINUX, o Open Office, o de jogos matemáticos G-compris, o editor de fotos e desenhos GIMP etc.

Figura 59 - Laboratório de informática com alunos da Turma A



O laboratório é gerido por dois monitores: *Monitor A*, de 19 anos e *Monitor B*, de 18 anos, que se revezam durante os três turnos da instituição. Ambos fazem parte de um projeto da prefeitura denominado: *Agente de Informática*, que atende a jovens de 16 a 22 anos de idade, dando-lhes oportunidade ao primeiro emprego, logo após a formatura no ensino médio, sendo contratados por um período máximo de 2 anos.

Através de entrevistas realizadas com estes profissionais, foi feito um mapeamento de como o laboratório era usado pelos professores bem como sobre suas respectivas funções. Podemos adiantar o que foi obtido como resposta.

Qual a função do monitor de informática?

- Ensino regular:

Auxiliar os professores quando estes estiverem utilizando a sala, sendo subordinados hierarquicamente a eles, ajudando somente quando solicitado.

- Ensino Integral:

Eram os responsáveis pela sala, já que naquele momento os alunos não eram acompanhados por docentes ou oficinairos, devendo fiscalizar os sites a serem abertos e dar auxílio aos alunos, além de zelar pelo equipamento.

Como a sala de informática é utilizada pelos monitores?

Nela são realizados jogos infantis, atividades de digitação, e os alunos aprendiam a navegar pela internet. Nestas atividades, os monitores relataram que tinham que dar mais atenção aos alunos do ensino infantil (1º ao 5º ano), pois deviam disponibilizar sites de jogos on-line interessantes e que atendessem a toda a faixa etária. Os alunos maiores (do 6º ao 9º ano) já são mais independentes, entram em sites de sua preferência e navegam livremente pela internet, neste caso, cabe aos monitores, apenas a fiscalização de sites.

Requeria também atenção especial, aquele aluno que nunca teve contato com um computador, neste caso cabia aos monitores apresentar ao aluno a máquina, seus periféricos bem como instruí-lo sobre sua utilização. Segundo eles, tais alunos provinham, em sua maioria, do ensino infantil. De vez em quando, matriculavam-se alunos, na 5ª ou 6ª séries que nunca haviam tocado em um computador.

Pesquisador: *Vocês receberam algum curso para trabalharem nesta função?*

Monitor A: *Curso de softwares livre... Linux... também para sabermos dos principais problemas e chamarmos o técnico corretamente,*

Monitor B: *Aprendemos sobre os principais sites de jogos pedagógicos.*

Monitor A: *Agente não cobra nota não. É mais para os alunos distraírem.*

Contudo, apesar da importante tarefa executados por estes profissionais, visando à alfabetização tecnológica das crianças, ambos não tinham recebido nenhum curso com matérias pedagógicas ou didáticas, acarretando a inexistência de acompanhamento sobre a aprendizagem.

Como a sala de informática é utilizada pelos professores?

Segundo os monitores, a maioria dos professores, utiliza a sala para que os alunos possam realizar pesquisa na internet ou digitar textos.

Questionados se nenhum professor utilizava a sala de uma maneira diferente destas: Pensaram um pouco e o *Monitor A* revelou-me uma proposta interessante:

Monitor A: *De maneira diferente....hum...tem a professora xxxxx de ciências, ela traz os alunos para fazer prova.*

Pesquisador: *Como assim fazer prova?*

Monitor A: *Ela coloca a prova na internet... os alunos abrem, resolvem consultando a internet e enviam novamente para ela por e-mail.*

Pesquisador: *O que acham que devia melhorar aqui na sala?*

Devido à prioridade de atendimento aos alunos do ensino integral, os monitores relataram que a sala de informática possui um horário restrito reservado aos professores do ensino regular, sendo que, no turno da manhã, eles teriam disponíveis apenas o primeiro horário de segunda a quinta e todos os quatro horários de sexta. Tal fato gerava descontentamento e reclamações sendo, até mesmo, a causa de uma baixa procura ao ambiente, que segundo eles sempre estava ocupado

Questionando-se alguns alunos que frequentavam a sala, confirmou-se o uso da sala de informática, pela maioria dos professores, apenas como um meio de transmissão de conhecimento, e pelos monitores como ponto de entretenimento e curso de informática básica, neste caso, sendo o computador o próprio objeto aprendizagem. Vale ressaltar aqui a importância da sala de informática, pois muitos alunos só têm a oportunidade de conhecer e aprender a usar um computador na escola. Na maioria das famílias de baixa renda, ele ainda é um bem supérfluo e sem serventia.

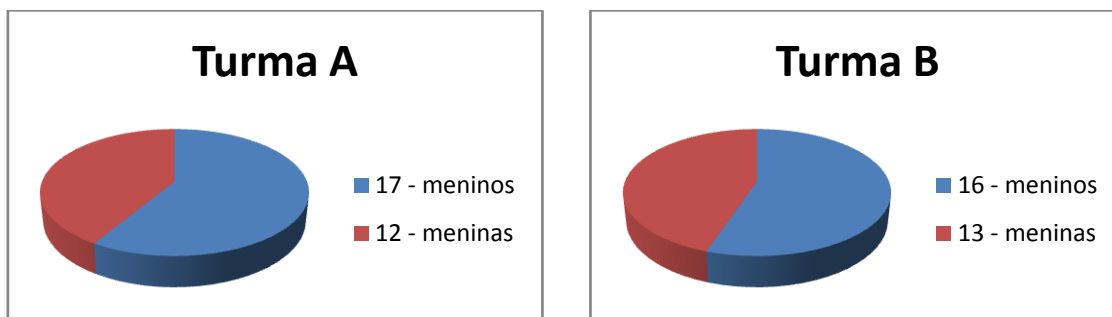
4.2.3 SUJEITOS

Na maioria das instituições de ensino, a física é apresentada aos alunos nos dois últimos anos do ensino fundamental. Isto ocorre devido à fragmentação do conteúdo nos livros didáticos de ciências, que tradicionalmente separam os dois primeiros anos para as ciências biológicas e os dois últimos para química e física. Atualmente em alguns livros didáticos, estes conceitos já estão inserindo desde o 6º ano, (antiga 5ª série).

A escolha dos sujeitos de pesquisa levou em conta o conteúdo de física do livro didático adotado na instituição: Adiante na página 119, será feita uma análise mais apurada do livro texto.

Portanto, nossos sujeitos serão constituídos por alunos de duas turmas do 9º ano do ensino fundamental, todos na faixa etária dos 14 anos, distribuídos da seguinte maneira:

Tabela 9 - Alunos das turmas objeto de pesquisa



A PROFESSORA DE CIÊNCIAS

A professora responsável pelas turmas é formada em ciências biológicas e leciona há 25 anos. Durante as conversas sobre a implementação deste trabalho, foi-me relatada suas dificuldades com a parte experimental do conteúdo de física. Percebemos que ele só seria ministrado, no final do segundo semestre, optamos, então, por um trabalho colaborativo na perspectiva de obter um resultado benéfico, tanto para a professora, quanto para este pesquisador.

Segundo Saraiva & Ponte (2003) esta colaboração depende do envolvimento do professor com o trabalho de pesquisa, consciente sua contribuição para o contexto social do trabalho, através da produção de conhecimento resultante da análise e partilha de comentários e observações sobre sua prática. O professor é um agente que influencia o fenômeno que procuramos compreender. Ele apresenta ao pesquisador as formas de pensamento que traz para a prática docente e considera a investigação uma ajuda para a sua própria reflexão-nação. Por sua vez, o investigador não pode se distanciar e muito menos, demonstrar superioridade de alguma forma.

A colaboração entre professores e investigadores pode contribuir para anular a separação entre a prática profissional do professor e a investigação educacional, bem como a separação entre as escolas e as universidades.

Para o sucesso deste trabalho, foi importante a relação que se estabeleceu, entre o professor e este pesquisador.

4.2.4 O LIVRO TEXTO

O livro texto, de certa forma, direcionou algumas escolhas referentes a este trabalho. Desde o início, pensei em trabalhar com o conteúdo previsto no currículo para a turma, o livro didático foi assim decisivo para a escolha do assunto abordado pelos modelos.

O livro adotado: **Ciências**, em quatro volumes para alunos do 6º ao 9º anos, de Fernando Gewandsznajder, da editora Ática, 2009. Distribuído pelo PNLD²¹ sendo indicado para os anos de 2011, 2012 e 2013.

Seguindo a tradição, a física foi, formalmente, apresentada como ciência no volume referente ao 9º ano, com o subtítulo: Matéria e Energia.

Dividido em três unidades:

I - O que a física e química estudam.

II - A química

III - A física:

O livro é atual, bem ilustrado, com fotos e imagens coloridas, trata de temas da atualidade referentes à saúde, meio ambiente e novas tecnologias. Descobertas importantes e cientistas de destaque são tratados em pequenos trechos históricos, na seção *Ciência e História*.

O conteúdo de física foi dividido em 12 capítulos, abordando todos os ramos da ciência de maneira introdutória, cumprindo a sua proposta.

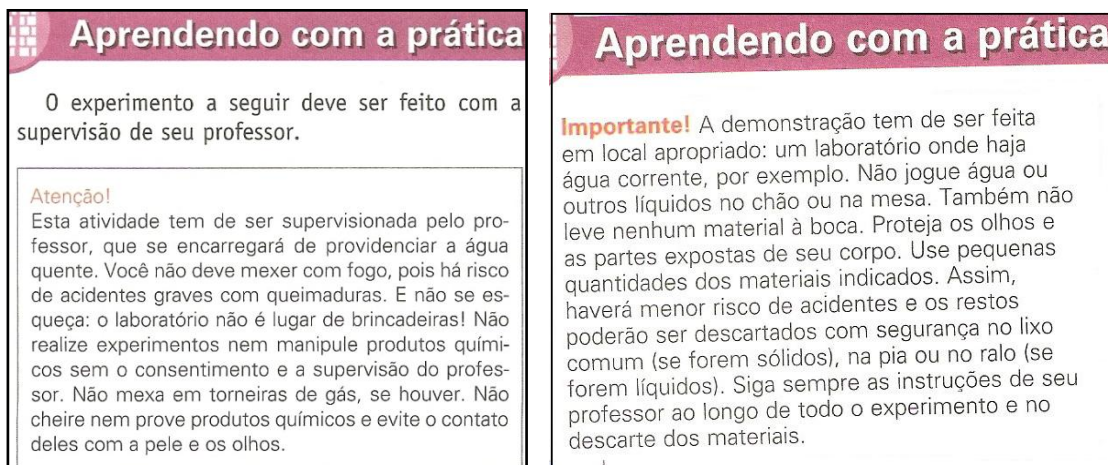
A parte experimental situa-se, ao final de alguns capítulos, em uma seção denominada de *Aprendendo com a prática*.

Apesar dos experimentos condizerem com a proposta do presente trabalho, no que se refere ao uso de materiais baratos e de fácil manuseio, notei um fato que contradiz o que estava sendo organizado na escola: antes das instruções e dos materiais necessários para a realização da prática experimental, existiam alguns avisos sobre o manuseio dos materiais e do local apropriado a realização do experimento (figura 60).

Avisos, a meu ver, desencorajadores de professores mais entusiastas, haja visto que, na maioria das escolas, há carência de laboratórios e materiais pedagógicos. Claro que o aviso é válido para que os alunos entendam um pouco das regras existentes e para a própria segurança dos mesmos, como a de não se levar produtos químicos desconhecidos à boca, cheirar frascos sem identificação e manusear materiais quentes.

²¹ Programa Nacional do Livro Didático

Figura 60 - Aviso desencorajador para a realização de experimentos



Fonte: Gewandsznajder, 2009.

Mas no caso dos experimentos deste livro (relacionados na tabela 10), nenhum dos materiais e produtos fornece risco à vida dos alunos e do professor se forem realizados com os devidos cuidados em sala de aula.

Na realidade, não é preciso um laboratório de ciências para se obter água quente, ou um liquidificador para se triturar um repolho roxo, ambos podem ser facilmente encontrados na cozinha da escola. Tudo depende da criatividade do professor na busca de materiais e instrumentos alternativos. Contudo, os avisos são importantes no que se refere ao acompanhamento do professor que deve estar atento ao manuseio dos materiais mais perigosos como água quente ou fogo por exemplo.

Tabela 10 - Lista de experimentos do livro texto

Química	
Produção de CO ₂	Bicarbonato, vinagre, copos, luva de borracha
Separação de substâncias	Areia, serragem, pedrinhas, fiapos de palha de aço, grão de feijão, arroz e ervilha, fubá e água
Cromatografia	Filtro de papel, copo, álcool, fita adesiva, tesoura, lápis, caneta hidrográfica e água.
Oxidação	Palha de aço
Reação química	Comprimido efervescente e copo com água
Indicador	Vinagre, repolho roxo, limão, leite, e leite de magnésia

Tabela 10 - Lista de experimentos do livro texto

Física	
Velocidade média	Alunos andando em linha reta, usando fita métrica e cronômetro
Movimento acelerado	Bolha dentro de uma mangueira utilizando cronômetro e régua
Inércia	Moeda, um cartão e um copo
Empuxo	Barco de papel alumínio
Máquina simples	Roldanas
Calor	Bacias com água a temperaturas diferentes.
Transmissão de calor	Lápis de madeira, colher de metal, colher de plástico e um pouco de água quente.
Som	Telefone de copinhos e instrumentos com garrafas cheias de água
Difração e reflexão	Espelhos e bacia de água
Eletricidade	Eletroscópio: frasco transparente e papel alumínio.
Magnetismo	Bússola: rolha, agulha, pires com água

Observando a tabela 10, é importante notar que, infelizmente a quantidade de experimentos é insuficiente, já que o livro disponibiliza apenas 17 experimentos para um total de 200 dias letivos no ano.

Em conversas com a professora sobre o livro texto e sua parte experimental, ela deixou clara a importância do livro em seu trabalho:

Em minha formação em ciências biológicas, tive poucas aulas de física e química... não tive nenhuma disciplina que abordasse a realização de experimentos...me guio muito pelo livro, ele é o meu caminho...ele é o meu chão!

4.2.5 A ESCOLHA DOS CONCEITOS REFERENTE AOS MODELOS UTILIZADOS

Levando em consideração o conteúdo curricular de física que seria ministrado para as referidas turmas e o impacto no processo de aprendizagem de conceitos pouco trabalhados de forma prática em sala de aula, foi iniciado o processo de escolha dos conteúdos e modelos utilizados no presente trabalho.

Como já foi dito, optou-se pelo ramo da física geralmente abordado quando os alunos se iniciam no aprendizado desta ciência: a **mecânica**. Os modelos, por sua vez, deveriam ser utilizados para familiarizar os alunos com **instrumentos e unidades de medida**.

A mecânica é o ramo da física que estuda o movimento dos corpos, o movimento dos planetas, a queda dos corpos e a colisão entre dois automóveis, por exemplo. Sendo dividida em duas partes: a *cinemática* que trata do movimento sem preocupar-se com suas causas, e a *dinâmica* que trata exclusivamente das causas do movimento. Compreender e saber explicar um movimento são os primeiros passos para se iniciar no estudo das leis da física.

Antes, contudo, os alunos precisam se familiarizar com as unidades de medida e instrumentos utilizados, sendo assim, a maioria dos livros didáticos (inclusive o adotado na escola), possui um capítulo introdutório que trata do sistema internacional de medidas (SI).

Para entender o mundo físico que nos rodeia, os cientistas necessitam obter medidas de grandezas que são interpretadas, em sua maioria, por equações matemáticas. Para que se confirme a validade destas relações, é necessário efetuar medidas de forma correta, obtidas com experiências.

Como professor, constatei que muitos alunos, durante a resolução dos exercícios, não entendiam os valores numéricos atribuídos a determinadas grandezas, de onde surgiam tais números? Sabe-se que a parte matemática é a que o aluno sente maior dificuldade quando são resolvidos problemas de física. Os valores numéricos devem ser muito bem entendidos. Saber a origem daqueles valores e a forma como foram obtidos é de grande importância para se entender, interpretar e resolver um problema.

Infelizmente, na maioria das atividades práticas, quando realizadas, o aluno não chega a realizar nenhuma medida e ainda pior: na maioria das escolas brasileiras, muitos alunos saem do ensino médio sem saber sequer quais instrumentos são utilizados para realizar estas medidas básicas.

Depois destas análises, como visto anteriormente foi escolhido um assunto que abordasse estes conceitos e que fosse pouco explorado experimentalmente: o **lançamento de projéteis**.

Com o assunto definido, teve início uma *pesquisa exploratória*²² com a tarefa de encontrar um modelo físico, que pudesse ser construído pelos alunos em uma oficina, e de um modelo virtual análogo.

Um modelo virtual foi escolhido entre os 12 citados anteriormente. Salientamos que a escolha dos modelos virtuais deve ser feita pelos professores, levando em conta o tipo de atividade, a idade dos alunos e as dificuldades e alcance pedagógico característicos de cada um.

Após uma pesquisa sobre a história do lançamento de projéteis, teve início uma investigação sobre como o tema tem sido abordado nos livros de Física. Esta pesquisa ajudou o pesquisador na elaboração de algumas atividades, que foram concebidas tomando como base o livro texto adotado pela escola.

4.2.6 PROGRAMAÇÃO DAS ATIVIDADES

Com o conteúdo específico a ser estudado, o modelo físico e virtual escolhidos, e o livro de apoio, restava, agora, implementar a atividade, que foi dividida nas seguintes etapas:

Tabela 11 - Etapas da atividade

Antecipação do conteúdo 20/05 à 17/06/2011	Apresentação dos conteúdos relativos ao projeto, utilizando o livro texto e experimentos em sala de aula.
Apresentação da atividade 17/06/2011	Apresentação da atividade aos alunos bem como dos materiais e recursos utilizados
A escolha dos grupos 17/06/2011	Separação das turmas em equipes
Oficina da turma A 02/08/2011	Construção do lançador e do foguete em sala de aula.
Oficina da turma B 02/08/2011	Construção do lançador e do foguete em sala de aula.
Uso do simulador virtual pela turma A 05/08/2011	Simulação do lançamento de projéteis na sala de informática
A experimentação da Turma B 05/08/2011	Teste do protótipo feito em sala para possíveis ajustes e solução de problemas

²² Segundo Cerro & Bervian, (2004) este tipo de pesquisa tem o objetivo de buscar mais informações sobre determinado assunto de estudo, para que o pesquisador se familiarize, obtenha novas percepções e descubra novas idéias. Sendo normalmente o passo inicial em um processo de pesquisa.

Tabela 11 - Etapas da atividade

A experimentação da Turma A 09/08/2011	Teste do protótipo feito em sala para possíveis ajustes e solução de problemas.
Competição da turma B 09/08/2011	Momento de apresentação pela turma do modelo físico final.
Competição da turma A 12/08/2011	Momento de apresentação pela turma do modelo físico final.
Uso do simulador virtual pela turma B 12/08/2011	Simulação do lançamento de projéteis na sala de informática.

Segundo o cronograma do livro, tal conteúdo seria ministrado somente no segundo semestre. Em comum acordo com a professora, optamos por antecipá-lo para o primeiro semestre, evitando assim possíveis atrasos na realização da pesquisa. Devido às peculiaridades do trabalho, a professora achou melhor que este conteúdo fosse ministrado por mim. Tais aulas foram ministradas sempre às sextas feiras no horário respectivo das turmas. Nos outros dias da semana a professora seguia seu cronograma de ciências normalmente.

Responsabilizei-me pelos respectivos capítulos:

- Capítulo 1 – Medidas (20/ 05):

Os alunos tiveram a oportunidade de manusear diferentes instrumentos de medida, sendo apresentados em um contexto histórico, relatando que partes do corpo humano, como o **palmo**, o **pé**, a **polegada**, que foram usadas como instrumento e unidades de comprimento. O **segundo**, o **minuto**, a **hora** o **dia**, a **semana** e o **ano** como unidades de medida de tempo, tendo a ampulheta e o sol como instrumentos antigos.

Devido a falta de padronização, ocasionava-se uma confusão entre o comércio internacional e as interações entre instituições científicas, fato que ocasionou a criação do Sistema Internacional de Unidades (SI) com unidades básicas de caráter universal:

Metro²³: a unidade básica do comprimento, podendo-se usar uma régua, uma fita métrica ou uma trena como instrumentos de medida.

Segundo²⁴: a unidade de medida do tempo, tendo como instrumentos o relógio, o cronômetro e o celular.

²³ Derivado da palavra grega *métron*, que significa medida.

²⁴ Do latim *pars minuta secunda*, a segunda parte pequena (**Segundo**), *pars minuta prima*, “a primeira parte pequena” (**minuto**).

Quilograma²⁵: a unidade de medida de massa, tendo a balança como instrumento de medida.

- Capítulo 11- O movimento com velocidade constante (27/05):

Iniciamos o estudo da cinemática, observando o movimento retilíneo de um carrinho de brinquedo. Os alunos aprenderam o conceito de **velocidade**, como uma grandeza física, cujo valor é determinado, dividindo-se a **distância** percorrida pelo **tempo** gasto para percorrê-la, equação 6²⁶.

- Capítulo 12 – O movimento com aceleração (03/06/):

Foi apresentado o conceito de aceleração, como uma grandeza responsável pela variação da velocidade, com a realização de experimentos sobre queda livre como no exemplo da figura 61: uma folha de papel ofício e uma bola feita de uma folha idêntica sendo soltas de uma mesma altura. Quem chega ao chão primeiro?

- Capítulo 13 – Forças (10/06):

Iniciei o estudo da dinâmica, ensinando o conceito da força como causa de todo movimento, representada pela equação: $\mathbf{f} = \mathbf{m.a}$. Também foram apresentadas de forma qualitativa, as três leis de Newton e o conceito de atrito.

- Capítulo 14 – A atração gravitacional (10/06):

O conceito de força gravitacional foi melhor trabalhado, já que havia sido inserido, ao longo do capítulo 12, como a causa da queda dos corpos, pelos próprios alunos.

- Composição de movimentos (17/06):

Serão apresentados corpos com movimentos simultâneos associados ao lançamento de projéteis. Este conteúdo é geralmente visto no 1º ano do ensino médio, contudo todo conhecimento necessário para sua compreensão já foi visto por eles: Movimento retilíneo uniforme, movimento retilíneo uniformemente variado e geometria no triângulo

²⁵ “mil gramas”, pois *kilo* em Grego quer dizer “mil” e *gramma*, “peso pequeno”

²⁶ $v = \frac{d}{t}$, sendo v= velocidade, d = distância e t = tempo.

retângulo (seno e cosseno). Aprenderam que de posse de dados como tempo de voo, alcance do projétil e ângulo de lançamento, seríamos capazes de encontrar a velocidade inicial por exemplo.

Figura 61 - O autor realizando experimento de queda livre



Figura 62 - O autor realizando experimento sobre a 1ª lei de Newton e atrito



4.2.7 SOBRE OS CONTEÚDOS ABORDADOS

Procurei selecionar dos conteúdos citados acima, as partes indispensáveis. Tomei todo cuidado para, como diz o refrão popular, “não entregar tudo de mão beijada”, pois era minha intenção que os alunos, através das atividades que ainda seriam realizadas, chegassem às suas próprias conclusões e descobertas.

Foi observado e valorizado o uso, por parte dos alunos, do senso comum sobre o qual já discorremos na resolução de possíveis conflitos e suas adaptações às novas descobertas.

4.2.8 APRESENTAÇÃO DA ATIVIDADE

Reiteramos que, para produzir um conhecimento significativo, o aluno precisa elaborar hipóteses e experimentá-las em um contexto de solução de problemas, conforme as idéias de Pozo (1998), Papert (2008) e Bachelard (2001), foi então elaborada a seguinte questão:

Como construir um foguete de papel, que consiga o maior alcance possível, após ser impulsionado por um lançador?

Em atividade realizada no dia 01/06/2011, foi apresentada a questão, acima, para ambas as turmas. Segundo as idéias Piaget (1978) e Vigotsky (2007) sobre o uso dos jogos de regras e recursos lúdicos no ambiente escolar, os alunos foram estimulados para a realização de um desafio, ou seja, os membros do grupo de cada turma que conseguisse o maior alcance, receberiam um livro de presente.

Foram tomadas providencias para que todos os grupos obtivessem as mesmas condições de lançamento. Todos deviam seguir as seguintes *regras de construção*:

1. Usar na elaboração do lançador, materiais padronizados com as seguintes medidas (figura 63):

- 10 centímetros de cano de PVC²⁷ de meia polegada (1)
- 20 centímetros de cano de PVC de meia polegada (2)
- Um metro de conduíte²⁸ de meia polegada (3)
- Uma garrafa PET²⁹ de 2 litros (4)

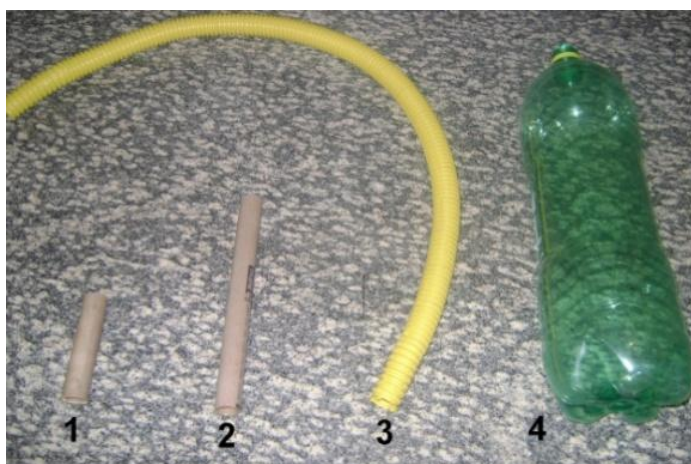
2. O foguete poderia ter qualquer forma, tamanho ou peso, desde que fosse feito exclusivamente de papel e fosse lançado pelo lançador, nas condições acima.

²⁷ Policloroeteno é um plástico não 100% originário do petróleo: contém, em peso, 57% de cloro (derivado do cloreto de sódio - sal de cozinha) e 43% de eteno (derivado do petróleo)

²⁸ Fabricados em PVC anti-chama.

²⁹ Politereftalato de etileno é um polímero termoplástico derivado do petróleo formado pela reação entre o ácido tereftálico e o etileno glicol.

Figura 63 - Representação dos materiais



4.2.9 A ESCOLHA DOS GRUPOS

A professora e eu conversamos com as turmas sobre a importância do trabalho em equipe na solução de um problema comum, bem como para uma futura vida profissional de sucesso, tendo em vista que o profissional do futuro deve, sobretudo, saber trabalhar em equipe. O trabalho em grupo é valorizado nas empresas, sabe-se que a interação social produz melhores resultados do que o trabalho individual.

Em seguida, os alunos tiveram a liberdade de escolherem suas equipes, dando-se preferência para a realização de trios (tabelas 12 e 13):

Tabela 12 - Turma A (22 alunos em 8 equipes)

Nº de Integrantes	Sexo	Nº de Integrantes	Sexo
4	meninas	3	meninas
3	meninos	2	meninos
3	meninas	2	meninos
3	meninos	2	meninos

Tabela 13 - Turma B (26 alunos em 8 equipes)

Nº de Integrantes	Sexo	Nº de Integrantes	Sexo
4	meninos	3	meninas
4	meninos	3	meninas
3	meninos	3	2 meninas e 1 menino
3	meninos	3	meninas

Curiosamente ocorreu uma clara separação entre os sexos nas duas turmas, apenas um dos trios da turma B foi misto.

Após a escolha dos grupos, foram apresentados os materiais, ferramentas e instrumentos de medida, que seriam utilizados na construção do experimento. Nesse momento, uma das turmas tomou conhecimento da utilização do computador e do software simulador como ferramentas. Esses alunos teriam a oportunidade de simular o fenômeno de modo a auxiliá-los na construção do modelo, antes da competição.

4.2.10 ALTERNÂNCIA DOS MÉTODOS

Era de nosso interesse descobrir se o uso do simulador poderia produzir certa vantagem na construção e assimilação de conceitos, o que de certo modo se refletiria na execução da oficina e solução de problemas experimentais. Portanto com a finalidade de observar possíveis diferenças e vantagens, ou não no uso do recurso virtual, realizamos a seguinte modificação na sequência de execução da tarefa:

A turma A poderia usufruir do recurso do simulador de lançamento virtual, durante a oficina. Pretendo observar se os alunos desta turma utilizariam este recurso como auxílio na solução de problemas e modificações no protótipo do foguete, com a seguinte sequência:

Simulador - Oficina – experimentação – competição.

A turma B só utilizaria o simulador virtual depois da competição, ao final do processo: nesta turma, pretendo notar possíveis erros e talvez, certa frustração de sua não utilização como auxílio. A sequência de procedimentos foi:

Oficina – experimentação – competição – simulador.

Devido às férias escolares do mês de julho, a oficina foi marcada para a segunda semana de agosto. Como atividade, durante o recesso escolar, os grupos foram sugeridos a pesquisar sobre:

Aerodinâmica e lançamento de projéteis

5 RESULTADOS OBTIDOS

5.1 DESENVOLVIMENTO DA OFICINA

Após as oito equipes da cada turma se reunirem, foram-lhes entregue uma folha com as regras de construção e instruções:

INSTRUÇÕES E REGRAS DE CONSTRUÇÃO

OFICINA DE CIÊNCIAS

Vocês têm a disposição:

Materiais: cola, papel, conduíte sanfonado, canos de PVC, fita crepe

Instrumentos: serra, tesoura, régua, esquadro, transferidor, trena e uma balança de precisão.

Utilizem os itens acima com cuidado e atenção para evitar possíveis danos.

Confiram as medidas antes de cortarem o material para evitar o desperdício.

Lançador de projeteis:

1. Materiais e respectivas medidas:

- Uma Garrafa PET de 2 litros
- Dez centímetros de cano de PVC de meia polegada
- Vinte centímetros de cano de PVC de meia polegada
- Um metro de conduíte sanfonado de meia polegada.

2. Montagem:

- Conectem nas extremidades do conduíte os canos de PVC,
- Em uma das extremidades, a que acharem mais conveniente insira a garrafa PET que servirá como uma bolsa de ar.

Projétil

1. Materiais e respectivas medidas e montagem:

- Folhas de Papel A4.
- Cola.
- Vocês podem criar a forma e tamanho que desejarem e personalizá-lo com desenhos ou pintura.

É necessário para o sucesso de todo experimento científico que se conheça o máximo sobre o objeto de estudo, através de sua observação e quantificação. Por isso quando tiver finalizado seu protótipo, meça suas dimensões: comprimento, diâmetro e massa. Elas serão necessárias em futuras atividades.

De posse do material fornecido por este pesquisador, as equipes iniciaram a oficina. Os canos de PVC foram entregues em varas de 2,5 metros e o conduíte em um rolo de 10 metros, cada equipe teria que realizar suas medidas e padronizar suas peças.

Figura 64 - Instrumentos de medida e alguns materiais utilizados



No início os alunos se atrapalharam na escolha do instrumento de medida que melhor se adaptasse ao objeto a ser medido, no uso de régua menores para se medir em metros, mas depois de um processo adaptativo e de contato com os diferentes objetos e ferramentas, eles perceberam que cada instrumento se adequava melhor ao material a ser medido. A minha idéia em fornecer régua de 10 cm, 20 cm e a trena com 5 metros era para que eles fossem utilizados de acordo com o tamanho do objeto, porém, as equipes que não perceberam esta característica não tiveram maiores problemas, pelo contrário, acho que serviu até melhor ao propósito de se conhecerem as diferentes unidades de medida. Algumas equipes utilizaram a régua de 10 cm sucessivas vezes somando as medidas até atingir um metro, aprenderam na prática que 1 metro era igual a 10 vezes 10 cm = 100 cm.

A utilização do paquímetro e da balança também foi muito importante para o aprendizado das transformações entre as unidades de medida. O diâmetro do cano de PVC é vendido em polegadas, os alunos conferiam a medida no instrumento e ainda com ele, em outra escala, obtiveram a medida em centímetros (figura 65 e 66a).

As equipes aprenderam também a manusear a balança de precisão (figura 66b). As maiorias dos alunos, apesar de conhecerem o instrumento, nunca o tinham utilizado. Depois de construírem o protótipo de foguete e o experimentarem, obtiveram o valor de sua massa em gramas. Posteriormente na sala de informática, antes da inserção destes dados no

simulador, os valores do diâmetro e da massa, deveriam ser transformados em metros e quilogramas, respectivamente.

É importante ressaltar a curiosidade dos alunos sobre a origem do material usado. O cano de PVC, o conduíte e a garrafa PET eram feitos da mesma matéria prima? Serviam a que finalidade? As dúvidas eram respondidas pela professora e por mim durante a realização da tarefa.

Figura 65 - O uso e as diferentes unidades de medida do paquímetro, polegada, mm e cm

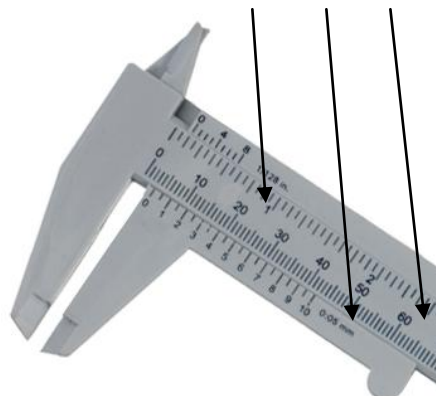


Figura 66 - O diâmetro de um cilindro medido pelo paquímetro (a) e a massa do foguete sendo determinada com uma balança eletrônica de precisão (b)



(a)



(b)

O uso de ferramentas e instrumentos de medida industriais foi uma novidade na sala, os alunos acharam estranho terem que usar uma serra como instrumento de trabalho (figura 67). A maioria dos alunos nunca tinha manuseado a ferramenta, as meninas achavam que não seriam capazes de utilizá-la, mas logo se sentiram seguras e passaram a rejeitar a ajuda oferecida pelos meninos.

A montagem do lançador era bem prática, era necessário apenas cortar os materiais na medida padrão e logo depois conectá-los uns nos outros (figura 68).

Figura 67 - O uso da serra



Figura 68 - Conectando as partes



Figura 69 - Alunas testando o lançador: ao pressionar a garrafa o ar passa pela mangueira e sai pelo cano de PVC balançando o cabelo da aluna



Notei que a maior dificuldade na realização da tarefa ficou por conta da construção das formas geométricas do foguete. A maioria dos alunos pediu a minha ajuda ou da professora para realizarem a construção principalmente do cone.

Aproximando-me das equipes de ambas as turmas, questionei-os sobre o nome das figuras geométricas que estavam construindo com as seguintes perguntas: *Sabe o nome desta forma? Que figura é esta?*

Preocupei-me com a seguinte situação das 16 equipes: apenas 5 delas (31,25%) souberam o nome das duas figuras, 7 equipes sabiam apenas o nome do cilindro e 5 conheciam apenas o cone. Relacionavam-nas com chapéu de festa, casquinha de sorvete, tubo e rolo, mas não as denominavam corretamente, todavia a maioria das equipes soube responder corretamente o motivo porque certas figuras estavam sendo usadas:

Mesmo sem saber explicar corretamente o princípio aerodinâmico, naquela altura da atividade, sabiam suas vantagens:

Figura 70 - Construção de figuras geométricas de tamanhos variados



Pesquisador: *Por que vocês estão colocando o cone na ponta do foguete?*

Aluno de uma equipe: *Porque ele tem ponta e fura o ar!*

Aluno de outra equipe: *A ponta ajuda a ir mais longe...*

Algumas equipes, na tentativa de maximizar o fluxo de ar perceberam que não deveriam ocorrer vazamentos no lançador e no foguete, sendo assim, procuravam tampar cuidadosamente possíveis vazamentos:

Aluna de uma equipe: *O principal é a pontinha tá tampada para o ar não vazar.*

Durante a montagem, os conteúdos vistos em sala eram frequentemente utilizados. Os relatos abaixo demonstram uma questão relacionada à queda livre, e outra que tratava do atrito entre o cilindro de papel e o tubo de PVC:

Aluno de uma equipe: *O foguete deve ser mais pesado ou mais leve?*

Aluno de outra equipe: *O foguete deve entrar mais apertado ou mais leve no cano?*

Eu e a professora os orientávamos primeiramente a testarem suas construções na experimentação ou na simulação computacional, a observarem o fenômeno, analisarem seus resultados, pensarem em possíveis respostas e somente depois nos procurassem para ajuda.

Os alunos ficaram extasiados com a atividade. Construir algo parece que não era rotina em suas vidas escolares. Notei que o fato das equipes serem formadas por membros escolhidos por eles mesmos, tornou a atividade ainda mais atraente e agradável. Acho que a afetividade entre eles foi preponderante para um bom trabalho. A indisposição gerada em grupos com membros menos afetivos poderia atrapalhar a atividade. Há referência, em certos estudos, à importância dos alunos trabalharem com pessoas fora do grupo de amizade para aumentar sua socialização. Todavia, observando como eles construía, percebi as vantagens da opção feita. Os alunos já conhecem os defeitos e as qualidades dos colegas, após meses e até anos de convívio, daí serem naturais as preferências estabelecidas e o fato de gostarem mais de uns do que de outros.

A professora ficou impressionada com um aluno, em especial, tido como aluno rebelde. Na oficina ele criava e tinha idéias mirabolantes, ajudava o seu grupo e aos outros também. A professora chegou a filmar este garoto com o celular para mostrar aos outros professores, tendo em vista que, segundo ela, não acreditariam se ela contasse.

Orientadas pelas instruções e seguindo as regras de construção a maioria das equipes terminou o modelo. Alguns alunos iniciaram os testes ainda dentro da sala com lançamentos tímidos. Estavam ansiosos para irem até a quadra, o que só ocorreria nas aulas seguintes.

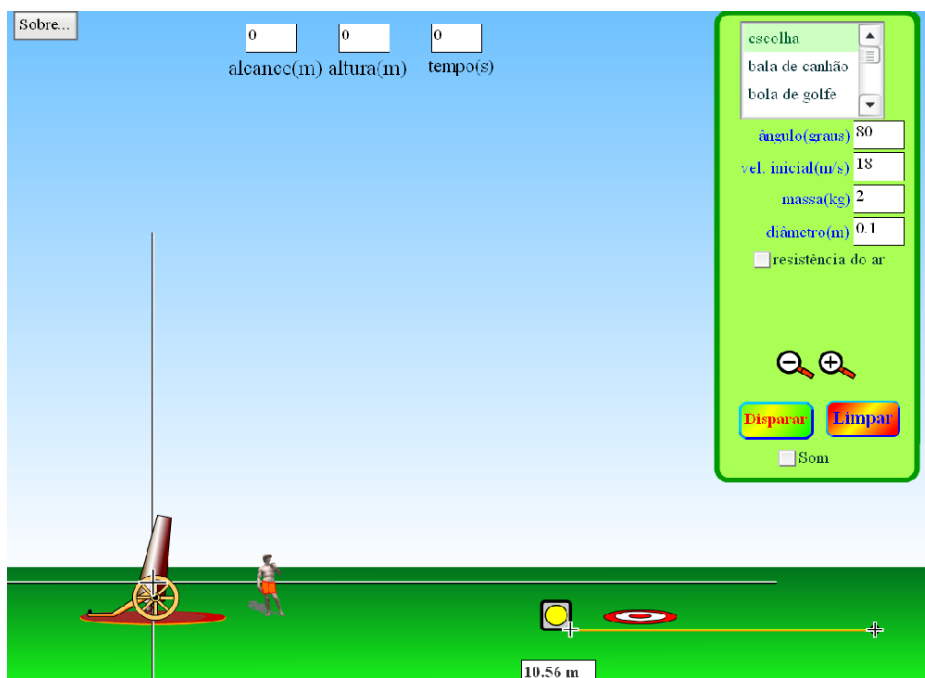
Figura 71 - Aluno cético com trabalho final: *será que isto voa?*



5.2 USO DO SIMULADOR VIRTUAL - TURMA A

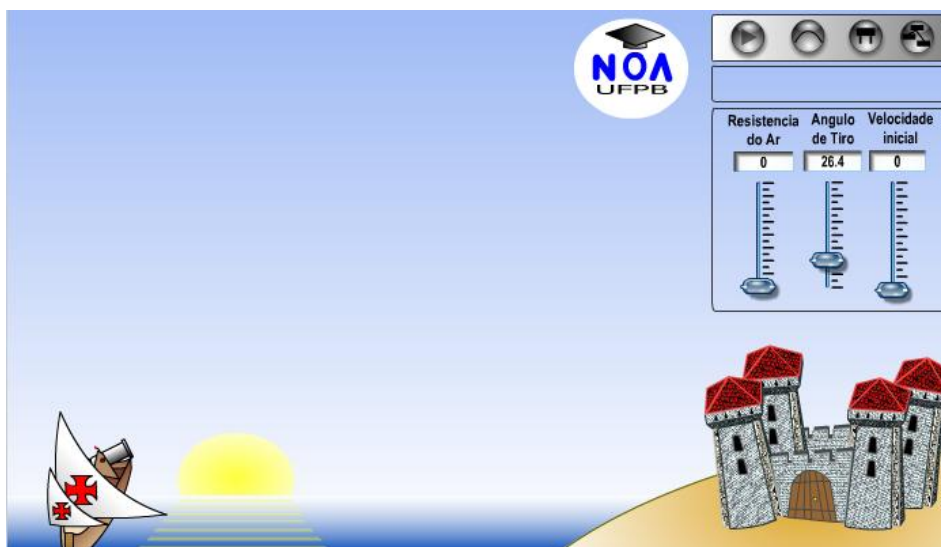
Para a atividade de simulação, além do simulador da universidade do Colorado, (Figura 72), foi escolhido um jogo lançador de projéteis produzido pela Universidade Federal da Paraíba (Figura 73), no qual os alunos, de forma descontraída utilizariam os conceitos aprendidos no primeiro.

Figura 72 - Simulador e sua interface



Fonte: Universidade do Colorado

Figura 73 - Jogo simulador



Fonte: NOA

A diferença entre eles é que no primeiro simulador podemos introduzir a massa do projétil (iremos inserir a massa do nosso foguete) e comparar os valores do alcance e tempo com nosso experimento real. Ele possui uma caixa de comando onde os alunos podem lançar objetos de formas e tamanhos diferentes como piano, carro, bolas, quadrados. Este simulador se assemelha praticamente em tudo com nosso experimento real, apesar de fornecer o alcance e o tempo de vôo, ele não informa a altura máxima, apenas a altura do projétil em relação à base do canhão. Contudo, ele possui uma trena que pode ser utilizada para medir o alcance ou a altura diretamente na tela do computador, assim como a que utilizaremos na quadra para medir a distância alcançada pelo foguete de papel.

O segundo simulador, apesar de possuir menos recursos foi utilizado no aprendizado de conceitos como resistência do ar, ângulo de lançamento e velocidade do simulador anterior, no desafio de acertar o alvo (castelo).

A idéia era que os alunos conseguissem através de sua utilização, além de aprenderem conceitos físicos importantes, informações que os auxiliassem na otimização do protótipo do foguete bem como em seu lançamento. Para dar mais qualidade a esta aprendizagem, foi elaborado um roteiro, que permitia às equipes, sem a intervenção do professor, ou deste pesquisador, utilizarem o simulador sozinhos, chegando as suas próprias conclusões, mas sem deixar de aprenderem conceitos-chave.

Os alunos ficaram fascinados com o simulador, contrariando a idéia de que o achariam infantil e sem graça, comparado aos videogames sofisticados disponíveis.

Uma coisa importante que percebi desde o início, foi que apesar de achar o roteiro bem detalhado quanto às suas informações, um número significativo de alunos não conseguia acompanhá-lo. Para esses alunos as informações estavam confusas, alguns não conseguiam entrar no site usando o endereço, tinham dificuldade em encontrar, no painel de controle, a caixa de mudança de ângulos e da resistência do ar e outros não encontravam a trena. O roteiro não estava cumprindo parte de sua finalidade, já que as equipes sempre solicitavam a minha ajuda ou a da professora.

Este primeiro roteiro funcionou como um roteiro piloto. Observar os alunos em suas dificuldades em relação a ele era essencial para a construção de uma versão melhor.

Contudo, a maioria das equipes, depois de pequenas orientações, realizava a tarefa e procurava analisar as consequências de algumas mudanças, relacionando-as com a próxima atividade a ser realizada na quadra.

ROTEIRO PARA SIMULADOR COMPUTACIONAL: TURMA A

Membros: _____

1ª PARTE

1- Entrem no site:

http://phet.colorado.edu/sims/projectile-motion/projectile-motion_pt_BR.html

Escolha um objeto para ser lançado, anote sua massa e o seu diâmetro:

Nome do objeto	Massa (kg)	Diâmetro (m)

2- Na caixa ângulo (graus) escreva 10. Na caixa velocidade (m/s) escreva 18. Mantenha os outros dados iguais.

Dispare o canhão para os ângulos indicados na tabela abaixo, observe o alcance, o tempo de vôo e a altura. Anote estes valores na tabela (a altura tem que ser medida com a trena)

Ângulo (graus)	Alcance(m)	Altura(m)	Tempo de vôo (s)
10			
30			
45			
70			
90			

- À medida que o valor do ângulo se torna maior o que acontece com o alcance e com a altura?
- Qual é o melhor ângulo de lançamento para se ter o maior alcance?
- Qual é o melhor ângulo de lançamento para se ter a maior altura?
- Escolha o valor de ângulo de 45°. Mantenha este valor fixo. Vá aumentando o valor da velocidade (m/s), conforme a tabela abaixo e completando os outros valores. (A altura tem que ser medida com a trena)

Velocidade inicial (m/s)	Alcance (m)	Altura(m)	Tempo de vôo (m)
15			
25			
40			

- O que acontece? Porque você acha que isto acontece?

2ª PARTE

1. Escolha três objetos para serem lançados. Anote suas massas e diâmetros. Marque a caixinha da **resistência do ar**, na caixa ângulo (graus) escreva 45. Mantenha os outros dados iguais.
2. Lance o primeiro objeto, anote seu alcance e tempo de voo, depois repita o mesmo para os outros objetos.

Objeto	Massa (kg)	Diâmetro(m)	Alcance(m)	Tempo(s)

Qual deles teve maior alcance? Porque você acha que este objeto conseguiu ir mais longe se a velocidade usada foi a mesma?

3. Agora desmarque apenas a caixinha da **resistência do ar**, todos os outros valores devem ser mantidos. Repita a operação 2 para os três objetos.

Objeto	Massa (kg)	Diâmetro(m)	Alcance(m)	Tempo(s)

O que acontece? Porque você acha que isto aconteceu?

O que você entende por resistência do ar?

4. Insira os dados referentes ao seu foguete de papel, obtidos no dia de nossa experiência na quadra, escolha o valor da velocidade e do ângulo de lançamento. Lance seu foguete e anote seu alcance, tempo de voo e altura obtidas:

Dados do foguete	
Diâmetro(m)	Massa (kg)

Velocidade (m/s)	Ângulo (graus)	Tempo de voo(s)	Alcance(m)	Altura(m)

3ª PARTE

5. Agora entre no site:

<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/02aProjeteisMovimento/site/Animacao.htm>

Vocês devem atingir o castelo, usando os controles de velocidade inicial, ângulo de tiro e resistência do ar.

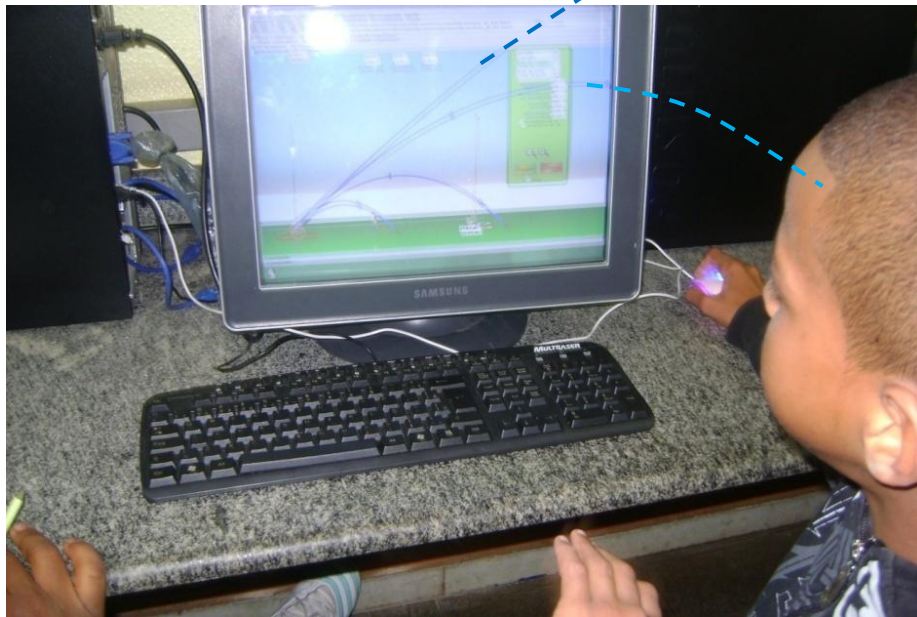
6. Qual foi o ângulo utilizado? Qual foi a velocidade utilizada? Qual a resistência do ar?
7. Vocês gostaram da experiência? Por quê?

A 1ª parte do roteiro, que tratava especificamente do ângulo de lançamento e velocidade inicial, foi rapidamente extrapolada para a atividade prática. As equipes perceberam que não apenas a velocidade impressa no lançamento era preponderante para se ter um bom alcance e que o ângulo de lançamento era igualmente importante:

Aluno de uma equipe: *Ó temos que fazer deste jeito com nosso foguete!*

No ultimo lançamento da questão número 3, o projétil voava e sumia no canto superior direito da tela. A velocidade de lançamento era grande o suficiente para que ele “sumisse do mapa” como disse um dos alunos (Figura 74).

Figura74 - Trajetória do projétil extrapola a tela do PC



Apesar de o simulador ter um comando para zoom no formato de uma lupa, este não foi notado por algumas equipes. A tarefa de se utilizar a trena se tornou inviável, tendo em vista que esta ficava restrita à tela do computador. Estas equipes simplesmente desistiram de tomar a medida da altura, outras como era de se esperar, chamavam a mim ou a professora na busca de uma solução, que consistia simplesmente em diminuir o zoom, para que a imagem tivesse as dimensões da tela. Um aluno de uma equipe em especial, teve uma solução inusitada:

Aluno A: *Professor pode usar a mão pra medir a distância aqui?*

Pesquisador: *Usar a mão? Usa a trena aí!*

Aluno A: *O negócio sumiu da tela do computador...*

Pesquisador: *Mas como você vai usar a mão?*

Aluno A: *Minha mão mede igual a um aqui....*

Pesquisador: *Deixa eu ver....*

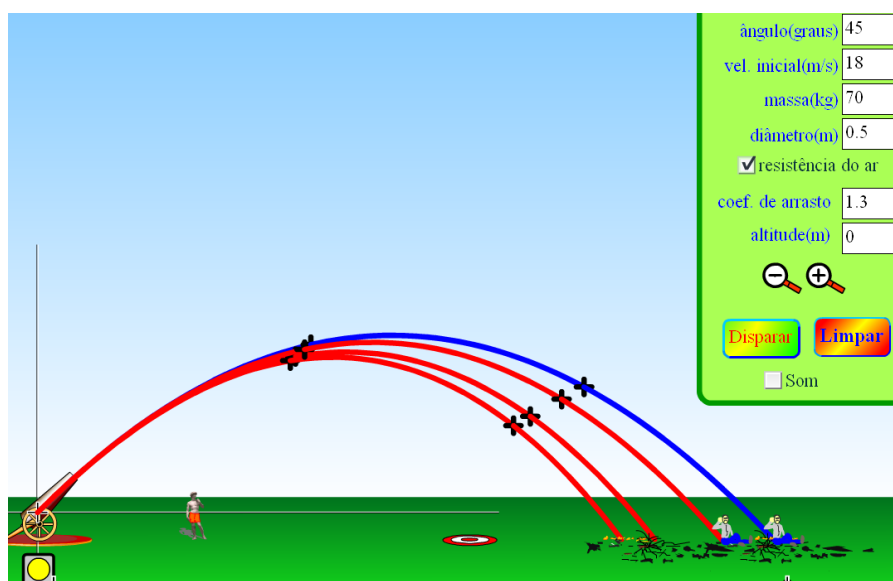
Ele percebeu que seu palmo era semelhante a uma medida conhecida e queria saber como usar esta informação para descobrir a medida mesmo que aproximada de um lançamento que extrapolava a tela do computador. Expliquei que poderia usar a matemática para encontrar um valor aproximado: seu palmo media 13 cm na tela do simulador, então ele deveria usar este valor como medida padrão e multiplicar pelos palmos encontrados. O interessante é que na falta de uma régua, a equipe lembrou-se da aula sobre unidades de medida (palmo, polegada e pés) e usaram uma parte do corpo para resolver um problema imediato. Como disse Bachelard (1996) “a solução de todo problema esta no próprio conhecimento”. A matemática tão abstrata e desinteressante se tornou assim uma ferramenta versátil e prática.

Figura 75 - Uma unidade de medida medieval aliada ao ícone da tecnologia atual



A **2ª parte** do roteiro tratava da resistência do ar (força de atrito) e aerodinâmica dos projéteis e tinha relação direta com os experimentos de queda livre realizados por Galileu. As equipes perceberam que a forma aerodinâmica dos objetos escolhidos influenciava consideravelmente o alcance dos projéteis e que em um ambiente sem ar, todos teriam o mesmo desempenho: trajetória de uma abóbora, um piano e de um ser humano lançados com resistência do ar (vermelho) possuem trajetórias diferentes e a trajetória destes mesmos objetos lançados sem a resistência do ar (azul) possuem a mesma trajetória.

Figura 76 - 2ª parte do roteiro, atividade 1 e 2



As respostas das questões tratavam o ar como um meio que “freia” os objetos e aqueles dotados de formas aerodinâmicas “furam” o ar. O objeto que atinge um alcance maior, segundo eles, consegue “furar” o ar melhor que os outros. Uma equipe respondeu que o ar “piora” o movimento e sem ar “melhora”.

Os alunos observaram também que a trajetória do projétil se alterava dependendo da existência ou não da resistência do ar (figura 76). A forma parabólica só existe se desconsiderarmos a resistência do ar (azul). Caso exista ar a trajetória se encurta (vermelho), este fato é pouco tratado no ensino médio, ocorrendo uma generalização, o que é considerado por Bachelard, (1996) mais um dos obstáculos epistemológicos.

A **atividade 4**, na qual os alunos inseriam os dados do foguete construído por eles, foi a mais animada, e a que de certa forma trouxe mais tensão. Antes de inserir os valores, as equipes tinham de transformar as unidades de medida de grama para quilogramas e centímetro para metro. Primeiramente esta tarefa não se mostrou simples, já que a maioria dos

valores era formada por números decimais e eles temiam resolver a operação de divisão. Uma equipe então achou uma alternativa:

Aluno de uma equipe: *fessô? Podemos usar a calculadora do computador?*

Porque não? Já que desta maneira estaríamos usando o recurso computacional não apenas como uma forma de se aprender conceitos físicos ou matemáticos, mas como uma ferramenta lógica de cálculo. Sabia que as dificuldades matemáticas não seriam resolvidas com o uso da ferramenta, mas se não os autorizasse, estaria indo contra a essência da atividade e do próprio computador. Contudo fui até o quadro e disse que talvez o cálculo não fosse tão difícil assim:

Durante a oficina os alunos aprenderam que 1 metro = 100 centímetros e que 1 Kg = 1000 gramas, então:

De centímetros para metro = divide-se por 100, equivale a andar com a vírgula duas casas para a esquerda.

De grama para quilograma = divide-se por 1000 equivale a andar com a vírgula três casas para a esquerda.

Salientei que eles podiam escolher o método que achassem mais apropriado. Contudo, 3 equipes inseriram os valores diretamente sem transformarem nas unidades requeridas pelo simulador, um erro clássico na resolução de problemas de física.

Na aula de conteúdos eles aprenderam que, com tempo de vôo, o alcance do projétil e o ângulo de lançamento, seríamos capazes de encontrar a velocidade inicial. De posse dos dados de alguns lançamentos realizados na quadra eu calculei a velocidade média inicial que deveriam usar: 10 m/s

Após inserirem os valores referentes às características individuais de cada foguete, as equipes deveriam escolher um objeto com aerodinâmica parecida com o de seus protótipos. Após o lançamento virtual, eles aguardaram ansiosamente o feedback com o possível alcance:

A maioria das equipes escolheu como objeto a bala de canhão ou a bola de golfe que relacionavam com aerodinâmica parecida ou com a forma frágil e leve.

Aluno A de uma equipe: *Ô professor essa velocidade não ta muito baixa não?*

Aluno B da mesma equipe: *Nosso foguete não voou nada!*

Pesquisador: *Olha ela é uma média, você pode aumentar ... mas nada muito longe disto, entendeu?*

Aluno B da mesma equipe: *Ô fessô! Isso vai depender do pizão na garrafa né?*

Pesquisador: *Isso aí! Mas confere seus dados e o ângulo que está usando.*

Aluno A de uma equipe: *Xiiiiiiiiii....só isso?*

Aluno B da mesma equipe: *Confere o ângulo... tem que ser aquele melhor....*

Aluno A: *Hummmm... qual é mesmo?*

Aluno B: *Aquele que fica na metade do caminho... vô ver na folha... espera.... é 45° !*

O aluno se referiu a ângulo intermediário, porque se lembrou que ele não era nem vertical (90°) e nem horizontal (0°), ficava justamente no meio.

Infelizmente, devido ao tempo limitado da atividade, nem todas as equipes conseguiram terminar a 3ª parte: acertarem o alvo utilizando o simulador game. Acredito que o tempo perdido na familiarização do simulador atrasou a atividade. Assim introduzi modificações e criei um roteiro mais ilustrativo, que foi e utilizado com a Turma B.

5.3 A EXPERIMENTAÇÃO

A análise da experimentação foi realizada comparando-se os trabalhos das equipes de ambas as turmas, lembrando que a turma A já havia utilizado o simulador computacional. A experimentação é uma continuação da oficina, já que as equipes depois dos lançamentos, modificam os protótipos e, em alguns casos, os reconstróem completamente.

Durante o trajeto entre a sala de aula e a quadra da escola foi possível perceber nas conversas dos alunos que aquela era uma aula prática diferente, uma novidade para eles. Percebi que o prazer em experimentarem o modelo foi maior do que em construí-lo.

Poucas equipes ficaram satisfeitas com os protótipos construído na oficina em sala e logo após o lançamento começaram os reparos e questionamentos sobre o mau desempenho.

As maiores dificuldades e problemas estavam relacionados a pouca aerodinâmica e à má distribuição de peso. Mesmo sem conhecer o termo físico utilizado para caracterizar o problema, as equipes através da observação puderam percebê-los, minimizá-los e alguns até conseguiram repará-los.

Uma das equipes da Turma A, percebeu que o vento atrapalhava e me perguntou:

Aluno A: *Podemos colocar mais peso no foguete?*

Primeiramente pensei que relacionaram o problema com o experimento de queda livre realizado na sala de aula, durante a exposição dos conteúdos (figura 61, pág. 119). Na ocasião, o experimento lhes mostrou que uma mesma massa, (as duas folhas eram idênticas) podia cair com velocidades diferentes. A folha amassada, apesar de ter o mesmo peso da folha inteira, caía mais rapidamente, não devido ao fato de ser mais pesada (como pensam os alunos), mas pela forma aerodinâmica que possuía - a bola de papel sofre menos resistência do ar. Contudo, as idéias aristotélicas de que um corpo mais pesado cai mais rápido que um corpo mais leve são fortes e facilmente admitidas pelos alunos. Pensar como Galileu e chegar às suas conclusões não é tarefa fácil, afinal de contas vivemos em um mundo com ar atmosférico. A idéia da equipe em aumentar o peso resolveria parte do problema, mas eu desejava saber mais sobre os conceitos utilizados:

Pesquisador: *Porque vocês querem fazer isso?*

Aluno A: *A bala de canhão sempre ia mais longe...*

Aluno B: *Queremos que o foguete fique um pouco mais pesado!*

Pesquisador: *Podem, mas vocês precisam obedecer às regras de construção.*

Aluno A: *Como assim obedecer as regras de construção?*

Pesquisador: *Podem aumentar o peso..., mas tem que seguir as regras...*

Aluno B: *Temos que usar só papel...*

Retornaram para uma nova oficina e resolveram colar várias folhas de papel umas nas outras e criar um novo protótipo mais pesado.

As descobertas foram acontecendo individualmente entre as equipes. Algumas focaram no foguete de papel e sua aerodinâmica, outras descobriram questões relativas ao lançador, como o melhor ângulo de lançamento ou no aumento do fluxo de ar. Determinadas equipes perceberam que a compressão da garrafa feita de maneira eficiente poderia proporcionar um melhor desempenho. A observação de lançamentos de outras equipes proporcionou-lhes uma troca de informações apenas por meio do olhar. O sucesso alcançado por uns eram incorporados por outras equipes, ocasionando uma busca, sempre maior, por pequenas mudanças que melhorariam o desempenho de seus protótipos.

Algumas equipes da Turma A já estavam cientes da existência de um ângulo (45°) específico para se obter um maior alcance. No momento do lançamento mesmo não usando um esquadro ou transferidor, procuravam posicionar o lançador justamente nesta posição:

Aluna A: *Coloca no meio... vai dar 45 !*

Figura 77 - Aluna da Turma A advertindo a colega de equipe sobre o ângulo de 45°



Já as equipes da turma B, demoravam um pouco mais a encontrar a posição ideal precisaram realizar alguns lançamentos até encontrarem um ângulo melhor. Não sabiam o valor do ângulo, mas tinham ciência que não podia ser muito para o “alto” ou muito para “baixo”:

Aluno A: *Num sobe muito não senão ele vai pra cima!*

Aluno B: *Assim ta bom?*

Aluno A: *Põe no meio... muito baixo não!*

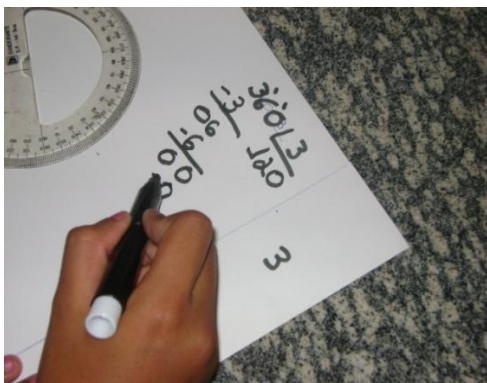
Figura 78 - lançamentos sendo feito com ângulos inferiores a 45° por Alunos da turma B



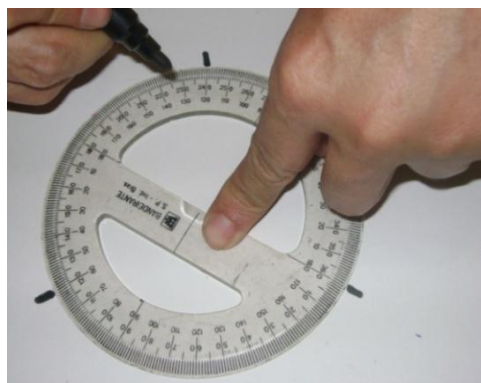
Foi muito gratificante estar ali, naquele momento, e perceber que estavam aprendendo ciência como cientistas. A sequência de fotos da Figura 79 retrata o zelo e carinho com que algumas equipes trataram a oficina. A equipe queria colar as aletas em distâncias iguais na ponta do cilindro, mas não conseguiam a medida correta, então foram à procura de orientação: aprenderam a dividir uma circunferência em três partes iguais utilizando um

transferidor. Uma demonstração do uso prático da matemática como solução de um problema real, conforme vimos nas idéias de Pozo (1998), Papert, (2008) e Bachelard (2001): a solução de um problema proporciona um conhecimento mais significativo.

Figura 79 - Colagem de aletas em torno de um cilindro em distâncias iguais



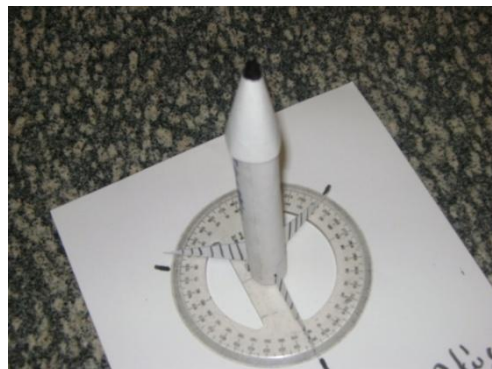
(a) Divisão de 360° em três partes iguais.



(b) Transferência das medidas para o cilindro



(c): Colagem das aletas



5.4 COMPETIÇÃO

Antes do início da tarefa, foi entregue as equipes um relatório de prática experimental, cuja finalidade era a familiarização com a formalidade de um laboratório de ciências, onde os dados experimentais devem ser colhidos e expostos de maneira clara e concisa:

<p>Relatório de Prática Experimental</p> <p>Nomes dos integrantes do grupo: _____</p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p>Turma: _____ Data: ____/____/____</p> <p>1. Resultados e características do foguete</p> <p>Devido a constantes mudanças no protótipo, antes do lançamento dos foguetes, será necessário obter suas medidas de massa e diâmetro. Cada equipe tem direito a apenas dois lançamentos.</p> <p>Anote os dados abaixo, referentes ao seu foguete:</p> <p>Massa: _____ Ângulo de lançamento: _____ Diâmetro: _____</p> <p>Resultados: Tempo de voo: _____ Alcance: _____</p> <p>2. Descrição do experimento:</p> <p>Relate como foi feita nossa experiência, descreva o procedimento de construção e execução, procure citar todo o material e instrumentos utilizados no experimento. Faça um desenho explicativo se achar melhor.</p> <p>2.1. Depois do lançamento observe o movimento do foguete, faça um desenho de sua trajetória:</p> <p>3. Análise dos resultados Seu lançamento foi satisfatório? Explique os possíveis erros e porque obteve este resultado.</p> <p>4. Conclusões: O que achou do experimento? Qual a parte que mais gostou?</p>

A manhã do dia 09/08/2011 estava fria e ventava bastante. Quando nos dirigíamos para a quadra, um aluno da turma B comentou:

Aluno A: *Fessô... essa ventania não vai avacalhá nossa experiência não?*

Pesquisador: *Experiência ao ar livre tem destes inconvenientes... imagine quantos cientistas não enfrentaram vento, chuva e sol pra realizarem suas descobertas.*

As interferências da natureza: vento, sol, terreno, temperatura ambiente, horário do experimento, os galhos de arvores e obstáculos móveis são partes importantes da descoberta científica, são obstáculos que sempre foram levados em consideração pela pesquisa profissional.

Aluno A: *A gente tem que lançar o foguete pro lado do vento...*

Pesquisador: *Por quê?*

Aluno A: *Pro vento ajudar ele... dá mais velocidade...*

Ele não sabia, mas mesmo antes de iniciar a tarefa já estava pensando cientificamente, criando hipóteses e suas possíveis consequências.

Deixei a escolha da direção por conta dos alunos. Decidiram por um dos extremos da quadra descoberta, logo à frente das traves, onde, segundo eles, ventava menos, estava protegida de um lado pelo telhado da quadra coberta e pelo outro por algumas árvores.

Nesta etapa, aprenderam a medir o tempo entre dois eventos, utilizando um cronômetro e o fato da trena possuir a extensão de 5 metros lhes proporcionou compreender, além, da transformação de unidades, as medidas fracionadas.

As equipes se deparavam com somas do tipo $500\text{ cm} + 460\text{ cm}$, $5\text{ metros} + 5\text{ metros} + 340\text{ cm}$. Etc. O resultado destas somas, na maioria das ocasiões era formado por metros e seu submúltiplo em centímetros: 17 metros e 22 centímetros, ou 17,22 metros.

Desta vez, foram fornecidos esquadros e transferidores para ambas as turmas colherem o ângulo de lançamento. Diferentes instrumentos de medida foram, assim, utilizados antes, durante e depois do lançamento (Figura 80): esquadros de 45° - 45° - 90° (a), balança de precisão (b) e paquímetro (c). Vê-se, também, uma aluna anotando as medidas feitas pela colega utilizando a trena (d).

Figura 80 - Diferentes instrumentos de medida sendo utilizados antes, durante e depois do lançamento



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 81 - Aluna desamassa a garrafa PET e assopra ar em seu interior. A equipe percebeu que o lançador deve ser preenchido com a maior quantidade de ar possível



Notei que, depois da experimentação, algumas equipes não tratavam mais o sistema separadamente, mas passaram a compreender o funcionamento do conjunto: a operação, o lançador e o foguete.

Interessante foi a divisão de tarefas feita por eles (Figura 82). Cada um realizava a tarefa para a qual estava mais qualificado: um segurava a ponta do lançador e ajustava o ângulo, outro se encarregava da medida do tempo e um saltava ou pisava na garrafa PET. Depois do lançamento, observavam a trajetória do foguete até tocar no chão:

Figura 82 - Sequência de lançamento



Em seguida iniciava-se a medida do alcance:

Figura 83 – Medindo um alcance de 17 metros e 22 centímetros



O clima de competição não se tornou evidente. As equipes se divertiam aplaudindo os colegas, após cada lançamento. Contudo este clima de alegria e descontração não tirou-lhes o foco da atividade, anotavam as informações e tentavam descobrir a trajetória do projétil.

Figura 84 - Equipes acompanhando os lançamentos e anotando os valores medidos



Os melhores desempenhos não dependeram da sorte ou acaso, mas realmente foram conseguidos, por meio da pesquisa e desenvolvimento. As equipes vencedoras de ambas as turmas modificaram a aerodinâmica do foguete, depois de várias experimentações e aplicação dos conteúdos vistos em sala.

A equipe vencedora da Turma A conseguiu um alcance inusitado: o foguete foi lançado para fora dos limites da escola, atravessou o muro, atrás da arquibancada e caiu no meio da rua. Os alunos ficaram eufóricos e surpresos com a façanha. Em clima de alegria e deboche me perguntaram como iriam preencher o relatório:

Aluno A: *Huuuuuu... huuuuuuuuuu!*

Aluno B: *O que a gente vai colocar aqui?*

Pesquisador: *Anota que foi fora da escola... parabéns...!*

Aluno A: *Vou lá fora buscar ele...*

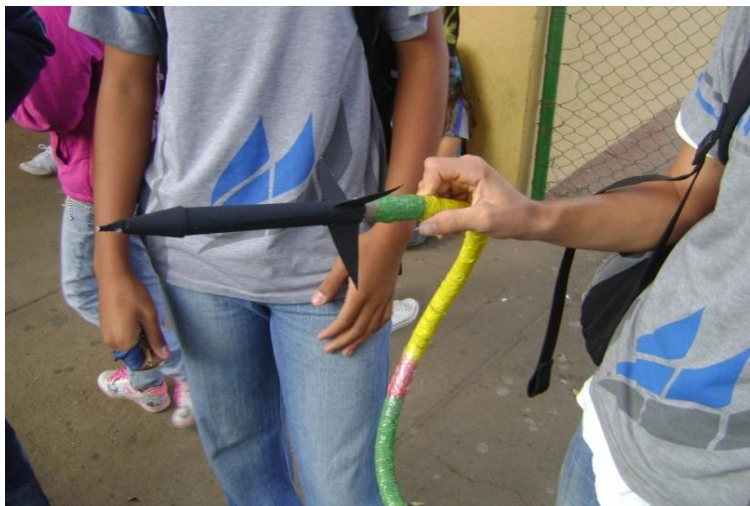
Aluno B: *Não tem jeito da gente medir a distância não professor?*

Pesquisador: *Vamos pensar num jeito!*

Através da observação e do lançamento de diferentes objetos, na simulação computacional, perceberam que um foguete mais pesado sofreria menos resistência do ar. Este peso extra (obtido com várias folhas de papel coladas umas nas outras), aliado a

aerodinâmica, fez com que esta equipe conseguisse o melhor desempenho entre todas as equipes. Com 8,1 gramas, sendo que a média de peso foi 5,4 gramas, atingiu um alcance fora dos limites da escola.

Figura 85 - Foguete vencedor da turma A



A equipe vencedora da Turma B: Construiu um modelo aerodinâmico perfeito: a ponta cônica e o cilindro formaram uma única peça, sem emendas. Com 5,6 gramas atingiu um alcance de 22 metros.

Figura 86 - Foguete vencedor na turma B



Ao final da tarefa, a professora falou para ambas as turmas que todos eram vencedores, afinal todos haviam aprendido ciência de uma maneira diferente e divertida, elogiou a disciplina da turma e deu parabéns a todos os alunos.

Ao chegar em casa, analisei o caso do foguete que voou sobre os muros da escola. Um aluno da equipe, com autorização da professora e acompanhado do porteiro, buscou o foguete e indicou que ele havia caído pouco a frente do meio da rua. Na ocasião as medidas com a trena só seriam possíveis até o início da arquibancada, que era formada por um plano inclinado e logo depois existia o muro. Realizar as medidas tomaria tempo e os valores, de certa forma, seriam aproximados e também não era minha intenção sair dos limites da escola.

Primeiramente tentei usar as equações da física para calcular o alcance. Percebi que os dados eram insuficientes, porque não haviam conseguido marcar o tempo de vôo, e como o lançamento deles foi muito superior aos das outras equipes, não poderia utilizar valores médios para a velocidade inicial. Diante dos fatos, não tive como calcular a medida, portando deixei de pensar no assunto e decidi que na próxima visita a escola exporia estes problemas a equipe vencedora.

À noite durante a busca por um endereço no site Google Mapas, lembrei-me novamente do problema, e procurei visualizar a escola. Obtive apenas uma localização da escola no mapa, não havia detalhes e usar a escala se tornava inviável (figura 87).

Então, ainda no Google Mapas mudei para o recurso de imagem de satélite e obtive uma ótima imagem superior da escola, onde era possível visualizar o local de lançamento e o ponto aproximado do alcance. Bastava usar uma régua com a medida padrão da escala e somar a medida (Figura 88).

Ainda não satisfeito com a solução, utilizei o programa Google Earth que tinha instalado em meu computador. Sabia que ele possuía um recurso de calcular rotas e distâncias entre duas cidades. Quem sabe não poderia utilizar este recurso? Descobri que dispunha de um recurso chamado *régua*, que pode ser utilizado para calcular distâncias menores, muito mais prática do que a escala do Google Mapas.

A solução do problema estava na tecnologia e no recurso computacional: O alcance da equipe vencedora da Turma A aproximadamente chegou a 49,57 metros (Figura 89).

Apreendi um recurso novo que pode ser usado, nas aulas de física, para calcular distâncias entre pontos famosos de uma cidade, calcular a velocidade média e o tempo entre estas distâncias, enfim pode ser usado em uma gama de situações diferentes e em várias disciplinas. Lembrei-me Freire (1994): Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender.

Posteriormente o recurso de medida do Google Earth, bem como todo processo até se chegar a ele, foi apresentado à professora e aos alunos de ambas as turmas.

Figura 87 - A escola no Google maps

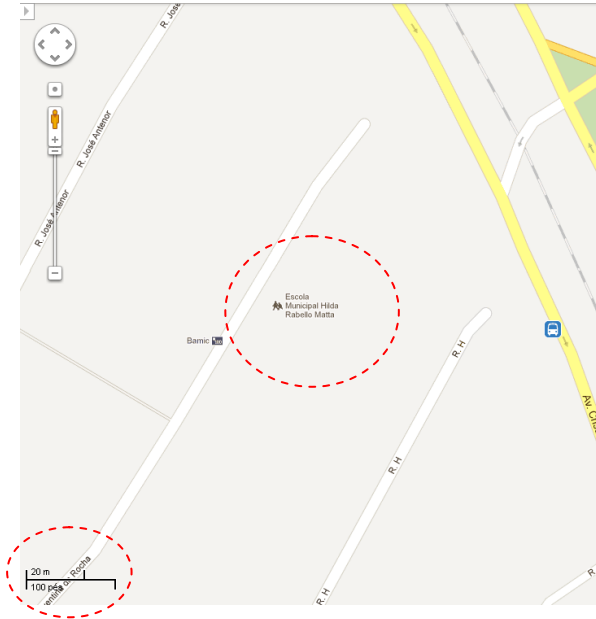


Figura 88 - Imagem de satélite do Google Maps

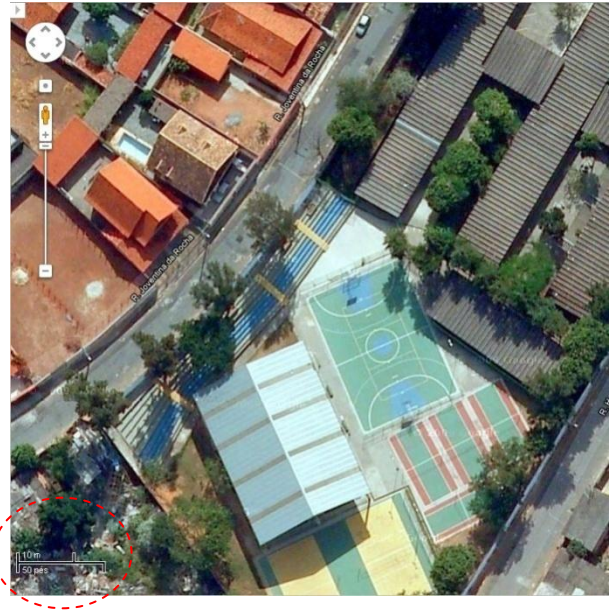
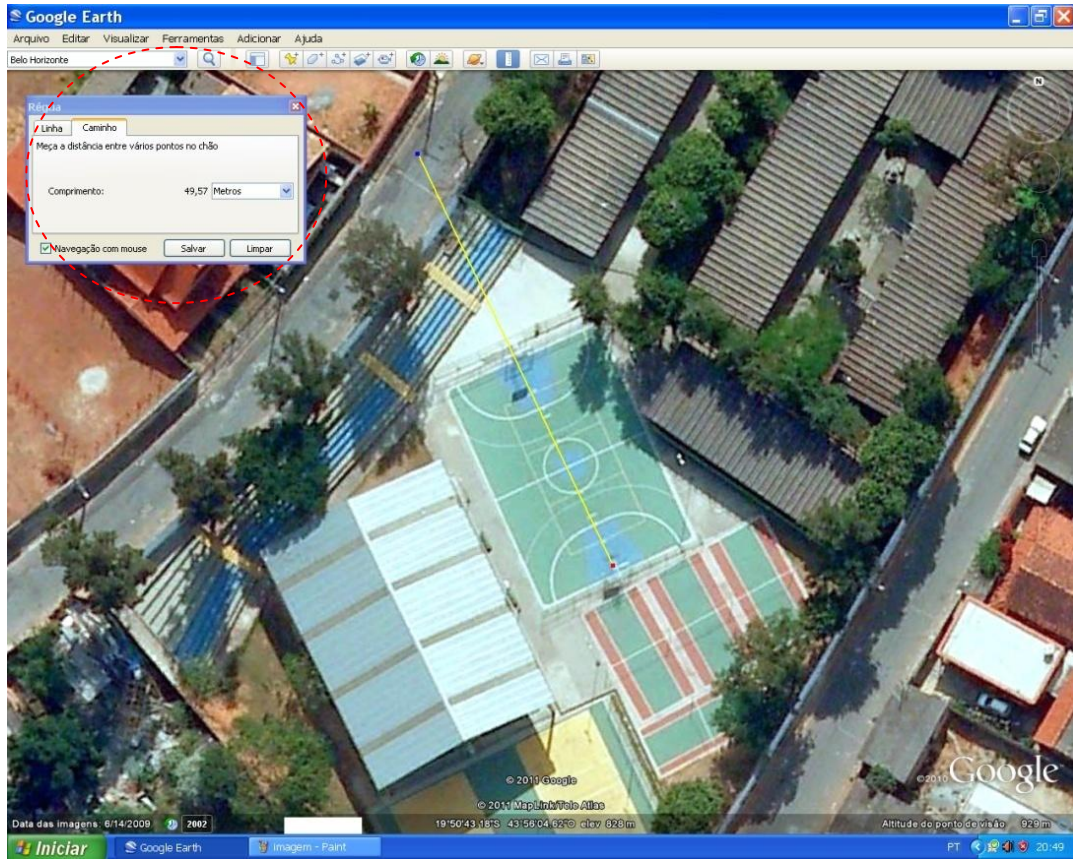


Figura 89 - Imagem de satélite do Google Earth com a ferramenta régua



5.5 USO DO SIMULADOR VIRTUAL - TURMA B

As dificuldades enfrentadas pelos alunos da turma A em acompanhar o primeiro roteiro me levaram, erroneamente, a pensar que tal fato devia-se apenas aos alunos e aos anos de condicionamento a que foram impostos pelo ensino tradicional, quando os alunos são caracterizados por Freire (1996) como meros pacientes na transferência dos conteúdos, que não participam como sujeitos críticos e curiosos na construção do conhecimento. Contudo, durante as observações, notei que utilizar o computador, em uma aula de ciências, com inserção de dados e análise do feedback instantâneo, era para eles uma novidade. Percebi que o roteiro é que não estava adequado. Ele atendia as necessidades de quem tinha alguma familiaridade, ainda que pouca, com o uso de softwares educativos. Após observações dos alunos da turma A, e uma análise das dificuldades enfrentadas, foi elaborado o novo roteiro abaixo, com uma questão a menos, informações mais concisas, ilustrações dos principais comandos, e um auxílio passo a passo em cada tarefa:

ROTEIRO PARA SIMULADOR COMPUTACIONAL: TURMA B								
Membros do grupo: _____								
Data: _____ Turma: _____								
Atividade A								
A1) Entrem no seguinte site: (observem as letras em maiúscula e minúscula o hífen e o underline, igual ao que está abaixo) http://phet.colorado.edu/sims/projectile-motion/projectile-motion_pt_BR.html								
A2) Ambiente-se com o simulador que lança projéteis e experimente os seguintes comandos:								
								
A3) Escolha um objeto para ser lançado, anote sua massa e diâmetro:								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th style="padding: 5px;">Nome do objeto</th><th style="padding: 5px;">Massa (kg)</th><th style="padding: 5px;">Diâmetro (m)</th></tr></thead><tbody><tr><td style="height: 20px;"> </td><td> </td><td> </td></tr></tbody></table>	Nome do objeto	Massa (kg)	Diâmetro (m)					
Nome do objeto	Massa (kg)	Diâmetro (m)						
A4) Na caixa ângulo (graus) escreva 10. Na caixa velocidade (m/s) escreva 18. Mantenha os outros dados iguais. Dispare o canhão para os ângulos indicados na tabela e anote o alcance, o tempo de voo e a altura. (a altura tem que ser medida com a trena)								
								

Ângulo (graus)	Alcance(m)	Altura(m)	Tempo de voo (s)
10			
30			
45			
70			
90			

- f) À medida que o valor do ângulo se torna maior, o que acontece com o alcance e com a altura?
g) Com qual ângulo de lançamento obtemos o maior alcance?
h) Com qual ângulo de lançamento obtemos a maior altura?

Clique agora em  para iniciar a atividade abaixo:

A5) Escolha um objeto para ser lançado, anote sua massa e diâmetro:

Nome do objeto	Massa (kg)	Diâmetro (m)

Marque a caixinha da **resistência do ar** e escolha as seguintes opções:

Na caixa **ângulo (graus)** escreva **45**. (o disparo vai ser feito, assim, com um ângulo de 45°)
Mantenha os outros dados iguais.

Dispare seu objeto e anote seu **alcance**, **altura** e **tempo de voo** (veja o modelo abaixo)

Com resistência do ar		
Alcance(m)	Altura(m)	Tempo(s)

A6) Agora desmarque a caixinha da **resistência do ar**, repita seu lançamento e anote o alcance, a altura e o tempo de voo

Sem resistência do ar		
Alcance(m)	Altura(m)	Tempo(s)

A7) Observe agora as **duas trajetórias (dos itens A5 e A6)**: Qual deles teve maior **alcance**? Porque você acha que isto aconteceu?

Clique agora em  para iniciar a atividade abaixo:

Atividade B

B1) Escolha três objetos:

1 _____ 2 _____ 3 _____


B2) Dispare um após o outro **SEM** marcar a caixinha da **resistência do ar**. Observe as trajetórias de cada um deles.

B3) Agora **marque** a caixinha da **resistência do ar**, Repita a operação para os três objetos, observe as trajetórias:

B4) O que acontece?

B5) Porque você acha que isto aconteceu?

B6) O que você entende por resistência do ar?

Clique em  para iniciar a atividade abaixo:

Atividade C

C1) Preencha a tabela abaixo com os dados referentes ao seu foguete de papel, obtidos no dia de nossa experiência na quadra. Insira o valor da velocidade inicial de 10 m/s, calculado em sala de aula: (Atenção com as unidades de medida)

Dados referentes ao foguete de papel					
alcance(m)	tempo de vôo(s)	massa(kg)	Diâmetro (m)	ângulo(graus)	velocidade(m/s)

Escolha um objeto com aerodinâmica parecida com seu foguete

C2) Para que esta simulação seja parecida com o ambiente real, você deve decidir se o lançamento deve ser realizado **com** ou **sem** a resistência do ar.

Decidam Marcar ou não marcar a caixinha da **resistência do ar**:

O que vocês decidiram? : _____ Clique em:



C3) Anotem os dados obtidos:

alcance (m)	tempo de vôo (s)

C4) Comparem com os valores de alcance e tempo de vôo, medidos na quadra e respondam:

4.1 Estes valores são parecidos?

4.2 Expliquem por quê.

Atividade D

D1) Agora **entrem no site**:

(observem as letras em maiúscula e minúscula, a falta do til e o c cedilha, igual ao que está abaixo)

<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/02bProjeteisVariacoes/animacao/anim.html>

D2) Vocês devem atingir o castelo, usando os controles de velocidade inicial, ângulo de tiro e resistência do ar. Seleccionem o que acharem mais apropriado.

Quando acertarem, preencham a caixa abaixo:

Resistência do Ar	Ângulo de Tiro	Velocidade inicial
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

D3) Vocês gostaram do simulador de lançamento de projétil? Por quê?

As modificações surtiram efeito e a turma reduziu quase que totalmente os pedidos de auxílio, referentes, em sua maioria, a erros de digitação do endereço dos sites. O fato de a turma ter realizado a tarefa experimental na quadra e perceber que a estavam repetindo no computador, também pode ter influenciado no melhor entendimento do roteiro.

Logo no início da atividade A4 um aluno indagou:

Aluno A: *Ô fessô porque o senhor não trouxe a gente aqui antes?*

Pesquisador: *Estou trazendo agora.*

Aluno A: *Não fessô... antes da gente lançar o foguete lá fora!*

Pesquisador: *Porque ia fazer alguma diferença?*

Aluno B: *Pô fessô este negócio de ângulo aqui ia ajudá...*

Não queria que achassem que a outra turma teve algum privilégio. Por isso, respondi:

Pesquisador: *A sala de informática estava ocupada... mas vocês se saíram bem lá na quadra...aprenderam isto na prática!*

Aluno B: *Sáimos bem nada... a gente foi o lanterninha!*

Esse aluno, portanto, preferia ter utilizado o simulador antes da atividade na quadra, achando que isso teria diminuído seus erros de avaliação e não foi contestado pelos demais.

Percebi que, algumas equipes estavam utilizando o simulador de uma maneira interessante, como uma espécie de corretor das atividades feitas na quadra, como se ele desse a resposta correta de um exercício.

Aluna A: *Viu a gente fez direitinho... o foguete é que tava ruim.*

Aluno B: *Se não tivesse ar a gente tinha ido mais longe!*

Mas a maioria ficou mesmo surpresa foi em poder visualizar a trajetória dos diferentes projéteis. Alguns confessaram que sabiam que a trajetória era parabólica, não porque conseguiram visualizar o que ocorria durante a queda do foguete, mas devido aos meios de comunicação, revistas em quadrinhos e desenhos animados. Um aluno se referiu ao tira-teima da rede Globo de televisão, que analisa partidas de futebol por meio de recurso computacional. Mas o fato de se existir duas trajetórias distintas, uma sem resistência do ar e outra com resistência do ar, foi para eles uma novidade.

Ao responderem a questão C2 da atividade C, mais de 80 % das equipes, decidiram que, para que o lançamento simulado no computador, com os dados do foguete construído por eles, fosse o mais fiel possível à realidade, este lançamento deveria ser feito com resistência do ar.

Isso mostra que a grande maioria entendeu os princípios aerodinâmicos e o conceito de força de atrito do ar.

6 PRINCIPAIS APONTAMENTOS

Os usos diferentes do simulador foram muito interessantes. Os alunos da turma A (antes da oficina) o utilizaram de forma semelhante ao seu uso industrial e nos centros de pesquisa, como parte do pré projeto de criação do modelo físico, numa tentativa de economizar recursos e tempo em tentativas que seriam frustrantes. Já os alunos da turma B, o utilizaram como uma espécie de corretor dos erros cometidos e como um instrumento de medida que lhes proporcionava ver onde seus sentidos falharam, como no caso da trajetória difícil de enxergar devido à rapidez do movimento.

Os conceitos de queda livre relacionados ao tempo de queda de corpos de massa diferentes foram solucionados durante a oficina pela maioria dos alunos. Eles aprenderam que o que faz um corpo chegar ao chão primeiro não é apenas a sua maior massa, mas sua aerodinâmica e sua capacidade de sofrer menos resistência do ar durante a queda. O uso dos instrumentos de medida na obtenção dos valores comumente utilizados na resolução dos exercícios de física no ensino médio poderá auxiliar estes alunos a entender o seu significado.

Analisemos alguns destes questionários:

① tem computador em casa?

Sim

② qual dos dois experimentos gostou mais?

Informática / oficina / quadra

explique:

②: eu gostei do experimento na quadra porque é mais real do que na informática

③ vantagens de um método sobre o outro?

na informática é bom pois nos podemos ver detalhes que na quadra a gente não ver

Muito obrigada pela sua "aula Foi Muito boa aprendemos muito ..."

Este aluno pondera que prefere a atividade na quadra, mas deixa claro que na sala de informática ele observou detalhes que na quadra era impossível ver, o que corrobora os autores anteriormente mencionados a vantagem do uso dos simuladores: mostrar o que nossos sentidos não conseguem ver. O aluno confirma também que um experimento simulado computacionalmente possui diferenças frente ao fenômeno real.

- ② Qual dos dois experimentos gostou mais? informática/oficina, quadra. Explique.
Gostei dos dois, pois podemos diferenciar um pouco do clima da sala.
- ③ Vantagens de um método sobre o outro? Eu não conseguiria entender se fosse só um método pois um ajudou o outro. Porque na quadra não podemos ver algumas coisas como a trajetória e etc, mas com a informática ficou fácil.

Este aluno relata que prefere os dois, já que ambos proporcionam *diferenciar um pouco do clima da sala*, mas confirma que um método complementa o outro.

- ② Qual dos dois experimentos você gostou mais? informática/oficina/quadra Explique. informática. Porque eu gosto demais de computador.
- ③ Vantagens de um método sobre outro? Eu gostei da informática, pois tudo é mais prático, mais rápido, mais simples e mais detalhado.

Este aluno prefere o simulador, segundo ele devido a praticidade e simplicidade.

② Qual dos dois experimentos gostou mais?

informática / deint quadra. Explicar

Quadra. Porque foi mais divertido e sei como que é.

③ Vantagens de um método sobre o outro?

A quadra deu pra mim ver como pode dar certo ou errado.

Na informática tudo dá certo.

Este aluno já prefere a experimentação, segundo ele: *foi mais divertido e vi como que é que é*. Acredito que ele queira dizer que ele pôde visualizar o fenômeno como ele é. *A quadra deu pra mim ver como pode dar certo ou errado. Na informática tudo dá certo.*

2 - Qual dos dois experimentos gostou mais? Explique
quadra. Eu me diverti.

3 - Vantagens de um método sobre o outro

Na quadra é melhor porque na informática foi simulação e na quadra foi real

Este prefere a quadra por que se divertiu ao aprender e *porque na informática foi simulação e na quadra foi real*. O aluno de certa maneira compreende as aproximações e simplificações do fenômeno real que na verdade é muito mais complexo, existe uma grande diferença entre a simulação computacional e o fenômeno real.

② Qual dos dois experimentos gostou mais?

informática / oficina / quadra
 explique:

informática, porque no computador tinha como fazer a experiência mulher, tipo controlava a resistência do ar, e na quadra não tinha como controlar a resistência do ar.

③ Vantagens de um método sobre o outro?

Na mim, foi mais interessante fazer a experiência na informática por que lá nós podemos ver e medir mulher o ângulo e a resistência do ar, já na quadra o ângulo pode ser medido errado e pode estar ventando muito ou pouco.

Este aluno prefere a informática devido a sua exatidão e manipulação das variáveis, como por exemplo, a resistência do ar. Já na experimentação feita na quadra as variáveis eram incontroláveis, de certo modo ele referenda o potencial do computador: a máquina ajuda a evitar erros.

2. Qual dos dois experimentos gostou mais?

R: Na quadra

R: Porque no computador é clicar no mouse e o objeto é arremessado e na quadra nós fizemos a experiência nós pulamos em cima da garrafa e o foguete voou foi mais divertida a experiência foi muito legal.

3. Vantagens de um método sobre o outro?

R: A vantagem do computador e do quadra é que na hora da experiência no quadra estava ventando muito e no computador tinha como tirar a resistência do ar eu gostei mais no quadra.

Este relata que no computador é apenas clicar no mouse e o objeto é arremessado, já na quadra eles fizeram a experiência, pularam em cima da garrafa e o foguete voou, sendo uma atividade mais divertida. Como no relato anterior ele confirma a vantagem de se mudar as variáveis no simulador, como a resistência do ar para se retirar o vento.

2) Qual dos dois experimentos gostou mais?
informática / oficina / quadra

Explique

quadra por que foi experiência ou ar livre e bem demais

3) Vantagens de um método sobre o outro?

Eu acho que nenhum dela tem vantagem uma complementa a outra

Este aluno prefere a quadra pela experiência ao ar livre, mas que nenhum método leva vantagem, um complementa o outro.

1) Tem computador em casa?

R: Sim

2) Qual a experiência gostou mais?

R: Quadra porque é uma experiência diferente que eu nunca tinha feito isso antes.

3) Vantagens de um método o outro?

A vantagem de agente termos ido para quadra é que raramente fazemos esse tipo de coisa

É a informática e que para quem não tem computador em casa

tem a oportunidade de mecher aqui na escola.

Este aluno prefere a atividade ao ar livre, e um dado um tanto preocupante: um aluno no 9º ano do ensino fundamental afirmar que “*eu nunca tinha feito isso antes*” e que “*raramente*” são realizadas atividades deste tipo. Outro dado que o próprio aluno confirma é a importância da sala de informática para quem não tem computador em casa. Segundo ele, seus colegas: “*tem a oportunidade de mexer aqui na escola*”.

- 1- Tem computador em casa? Sim.
 2- Qual dos dois experimentos gostou mais?

Informática / oficina / quadra

Explique. Quadra, por que foi onde eu mais mim identifiquei, aprendi e mim diverti, principalmente que eu e meu grupo venceu a experiência.

- 3- Vantagens de um método sobre outro?

A vantagem da informática é que lá conseguimos observar alguns detalhes que não dá para perceber na quadra, mais mesmo assim continuo com a minha opinião sobre a quadra ser a melhor atividade praticada.

nome: [REDACTED] turma: 33E

Agradecimentos: Muito obrigado por essa oportunidade maravilhosa de passar um pouco do seu conhecimento com todo carinho e dedicação. Valeu a pena =D

Esta aluna salienta a preferência pela atividade ao ar livre onde ela aprendeu, se divertiu, foi o lugar onde ela mais se identificou, além do seu grupo ter vencido a competição. Confirma também as vantagens de um método sobre o outro, argumentando que na informática se consegue observar detalhes imperceptíveis ao ar livre.

Estes relatos demonstram que os alunos, através da construção do próprio modelo, aliado à sua experimentação e posterior análise do fenômeno do lançamento de projéteis em um simulador computacional, puderam perceber as diferenças, qualidades e desvantagens de um método sobre o outro. Ora, a inobservância destas diferenças, segundo Medeiros (2002) apud Mendes (2009) e Gonçalves (2005) é uma das desvantagens no uso dos simuladores. Estas não podem ser ignoradas ou passarem despercebidas pelos estudantes, caso contrário o uso do simulador pode comunicar concepções equivocadas.

Analisando o desenho de trajetórias feitas pelos alunos durante o lançamento na quadra, percebemos que todos os alunos da Turma A desenharam trajetórias plausíveis. Apenas alguns alunos da turma B (que não haviam utilizado o simulador) tiveram algumas concepções errôneas, modificadas no decorrer da atividade. Os desenhos da turma A confirmaram a vantagem que o uso do simulador proporciona ao informar dados imperceptíveis aos sentidos.

Figura 90 - Desenho da turma A: trajetória parabólica

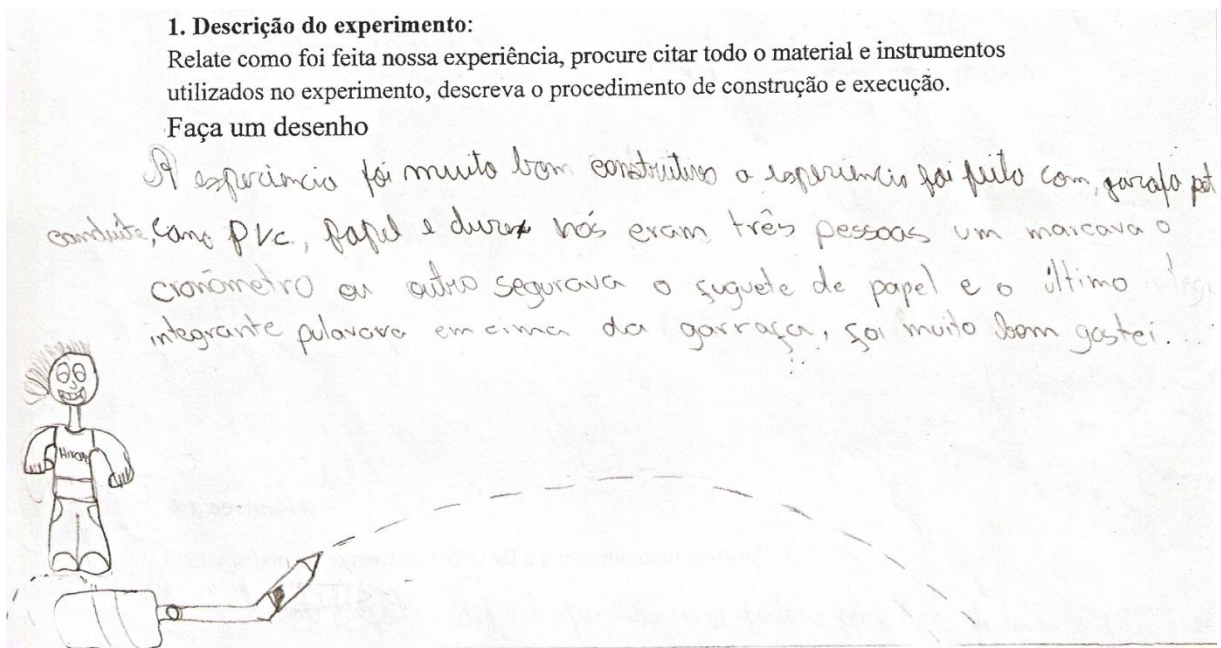


Figura 91 - Desenho da equipe vencedora da turma A

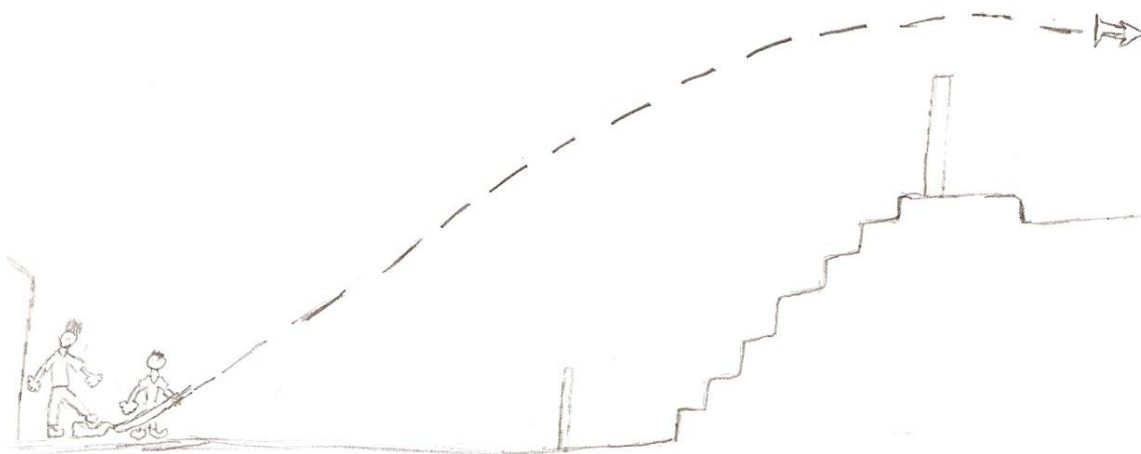
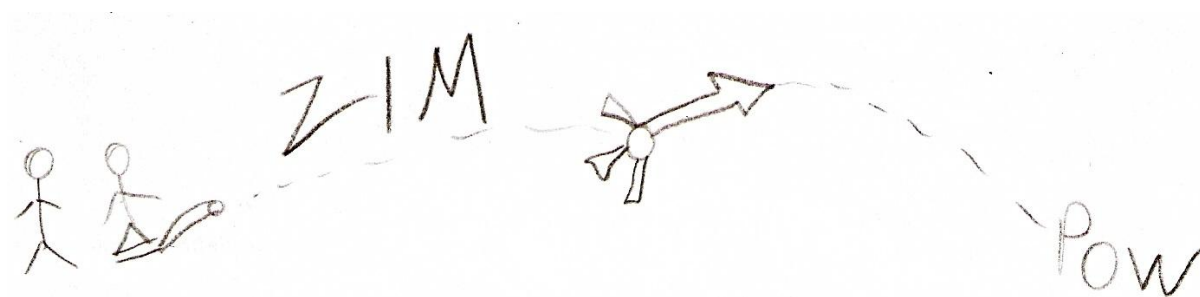
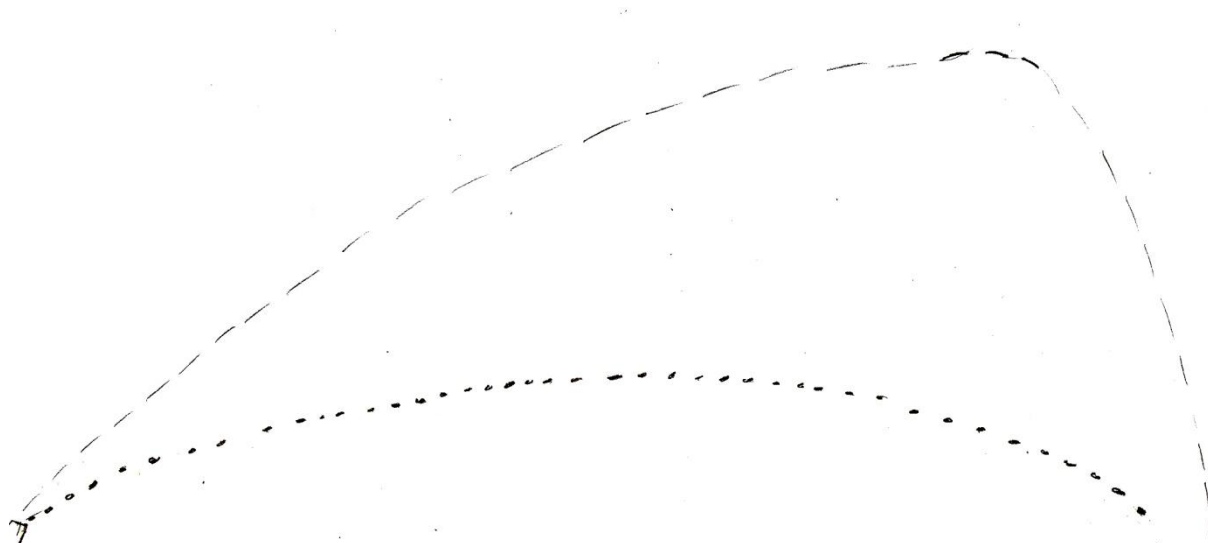


Figura 92 - Desenho da turma B, uma trajetória confusa



No desenho abaixo (figura 93) percebemos uma semelhança com a concepção medieval de como seria a trajetória de projéteis, visto na figura 36 (página 76). Segundo os alunos desta equipe, alguns lançamentos ora pareciam com a trajetória acima, ora pareciam com a trajetória abaixo, mesmo após ajustes no modelo físico. Este fato comprova a dificuldade em se observar fenômenos muito rápidos, mesmo quando os observadores mudam seu referencial em relação ao objeto observado.

Figura 93 - Confusão entre as trajetórias

No desenho da figura 94, num primeiro lançamento, a equipe achou que a trajetória fosse triangular, o que se assemelha a idéia aristotélica da trajetória em linha reta tanto no movimento de subida quanto no de descida, visto na figura 32 (página 72) e figura 34 (página 74). Segundo eles, após algumas modificações no foguete, observaram que a trajetória seria a desenhada abaixo. A tarefa de construir e reconstruir o modelo, aliada a observação do experimento nos diferentes lançamentos, possibilitou mudança de concepções e de paradigmas errados. Algo talvez impossível de se notar apenas com uma demonstração feita em sala pelo professor. Acreditamos que a atividade de reconstrução do modelo na oficina foi essencial para a percepção correta do movimento parabólico.

Figura 94 - Trajetória triangular

Já a turma A chegou em quadra com a informação vista no simulador, podendo de certa forma ter-lhes dado segurança em afirmar que a trajetória era parabólica mesmo sendo uma observação difícil de comprovar em poucos lançamentos.

Uma curiosidade entre as duas equipes vencedoras mostra as possibilidades diferentes de usos dos conceitos apreendidos na atividade: o grupo vencedor da turma B formado apenas por meninas utilizou uma solução, a meu ver, mais delicada baseada em um melhor design aerodinâmico. O foguete construído por elas formava uma peça única. Não existiam pontas laterais na colagem das diferentes formas geométricas, como ocorria na maioria dos modelos, trabalharam em cima de uma única finalidade: diminuir a resistência do ar sofrida pelo foguete. Já o outro grupo, formado apenas por meninos, utilizou a técnica da força bruta, percebendo que objetos pesados sofrem menos os efeitos da resistência do ar, criaram um foguete muito pesado, visando diminuir a resistência do ar.

O uso de ambos os modelos ajudou os estudantes neste sentido. A oficina como processo de criação reforçou ainda mais estes detalhes. Para Medeiros (2002) apud Mendes (2009) uma parte crucial na aprendizagem de física é fazer com que os nossos estudantes compreendam e apreciem o conceito de um modelo, o que eles significam, para que foram construídos, seus pressupostos simplificadores e seus limitados conceitos de validade.

Por fim o depoimento da professora sobre a atividade reforça a importância e praticidade da mesma, frente aos desafios da educação contemporânea:

Foram ótimos os três tipos da atividade! Gostei muito da mudança de ambiente mantendo sempre o foco no mesmo problema. Acho que incentivou o estudo da física, motivou os alunos, até alguns que não tinham interesse em nenhuma disciplina passaram a se interessar. Não imaginava que com estes materiais simples seria possível uma atividade tão alegre e construtiva. A possibilidade de se utilizar programas gratuitos voltados para o ensino de ciências para mim foi uma novidade muito bem vinda. Só tenho que agradecer, em meu nome, em nome da escola e dos alunos por nos serem apresentadas ferramentas educacionais novas.

Observam-se pelo relato as vantagens de se construir e utilizar recursos didáticos com materiais de baixo custo, que mesmo assim, possibilitou uma atividade construtiva, prazerosa, divertida e acima de tudo compreensível. A eficácia da alternância dos métodos no uso de diferentes espaços de aprendizagem, além da sala de aula, como a sala de informática e a quadra de esportes da escola.

Evidencia-se o pouco conhecimento do potencial deste recurso por parte dos docentes, o que pode ser melhorado nos cursos de formação permanente.

Os dados colhidos dos relatórios da parte experimental e da atividade em laboratório bem como alguns questionários em sala de aula nos permitiram analisar alguns pontos:

Tabela 14 - Alunos que possuem computador

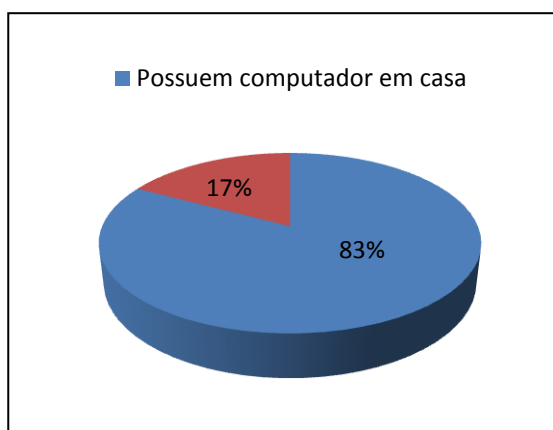


Tabela 15 - Preferência quanto aos métodos

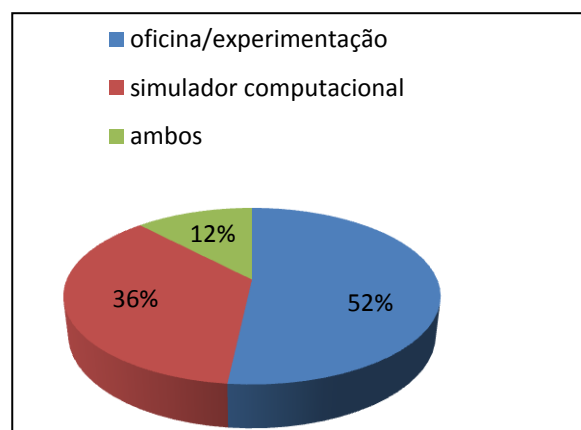


Tabela 16 - Complementaridade dos métodos



A tabela 14 nos mostra que, apesar do computador ser um equipamento já utilizado em larga escala, alguns alunos só tem contato com esta ferramenta tecnológica na escola, o que justifica de certa maneira, o uso da sala de informática como espaço destinado ao ensino de informática propriamente dito.

Quanto à preferência entre os métodos, a maioria dos alunos preferiu a oficina e a experimentação na quadra. Creio que a alegria e o entusiasmo de criarem um modelo e de testarem seu desempenho aliado a uma atividade ao ar livre foi um fator preponderante para

esta preferência. Contudo a opção pela simulação virtual não ficou muito abaixo das expectativas conforme consta na tabela 15.

Um fato importante foi a constatação pelos alunos de que os diferentes métodos se completam (tabela 16). Ao tomarem consciência de que cada método tem características diferentes e limitações no processo de mediação, os alunos puderam superar obstáculos epistemológicos.

Os dados colhidos nos lançamentos realizados na competição foram inseridos nas tabelas 17 e 18:

Tabela 17 - Dados referentes a lançamentos e foguetes – Turma A

Equipe	Diâmetro (cm)	Massa (g)	Ângulo (graus)	Tempo de vôo (s)	Alcance (m)
3 meninos	2,4	8,1	45		49,57
3 meninos	2,2	5,4	45	2,66	20,60
4 meninas	2,3	4,7	45	2,35	19,60
2 meninos	2,3	6,7	45	2,18	10,03
3 meninas	2,1	4,9	45	2,12	8,10
2 meninos	2,2	5,1	40 *	2,86	7,92
3 meninas	2,0	5,3	45	3,0	6,60
2 meninos	2,1	5,5	45	1,31	5,03
Diâmetro Médio	Massa Média	Ângulo Médio	T. vôo Médio	Alcance Médio	
2,2	5,1	44,37	2,35	15,93	

Tabela 18 - Dados referentes a lançamentos e foguetes – Turma B

Equipe	Diâmetro (cm)	Massa (g)	Ângulo (graus)	Tempo de vôo (s)	Alcance (m)
3 meninas	2,2	5,6	45	3,8	22,03
4 meninos	2,3	6,3	45	4,01	17,22
3 meninas	2,1	6,1	50 *	2,22	16,66
3 meninos	2,0	4,2	60 *	2,3	10,35
4 meninos	2,4	5,0	40 *	1,84	9,90
2 meninas e 1 menino	2,1	3,4	38 *	1,16	8,20
3 meninos	2,0	5,8	35 *	1,37	3,6
3 meninas	2,3	4,7	30 *	1,25	2,80
Diâmetro Médio	Massa Média	Ângulo Médio	T. vôo Médio	Alcance Médio	
2,17	5,13	42,87	2,36	11,34	

Os dados da tabela 17 nos mostram que a turma A teve um melhor desempenho, quanto à utilização do ângulo de lançamento, apenas uma equipe (12,5%) utilizou um ângulo de valor menos eficiente (40°).

A tabela 18 nos mostra que na Turma B, 6 equipes (75%) usaram ângulos menos eficientes (50°, 60°, 40°, 38°, 35° e 30°). No computo geral, este uso indevido do ângulo no lançamento refletiu negativamente no desempenho do alcance: A turma A obteve os melhores alcances: 1°, 3° e 4° lugares. Estes dados confirmam a eficiência do simulador computacional usado no início do processo de criação e experimentação, proporcionando aos alunos informações importantes, não vivenciadas pela turma B. Tais informações proporcionaram a elaboração de processos mais eficientes no lançamento e em alguns casos na elaboração de um produto final mais eficaz.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução de novas tecnologias, como simuladores computacionais, aliadas à oficina de modelos físicos mostrou ser uma metodologia de ensino que proporciona aos alunos motivação além de facilitar o processo de ensino e aprendizagem.

Os simuladores computacionais na maioria das vezes substituem os experimentos formais devido à falta de recursos pedagógicos e laboratórios de ciências. Ele foi utilizado juntamente com uma oficina de modelos que utiliza materiais de baixo custo, com a mesma finalidade: proporcionar aos alunos de escolas carentes de recursos um contato direto com a experimentação científica.

Acreditamos, contudo, que os simuladores não deveriam funcionar como substitutos da experiência e do contato direto do aluno com os fenômenos naturais, quando ele pode sentir, tocar, cheirar e através dos sentidos e da ação direta sobre objetos reais, descobrir seus erros e acertos. Sugerimos que o simulador seja uma ferramenta complementar, um auxiliador neste processo de descoberta. Os sentidos, mesmo deficientes, com limitações naturais, são importantes no processo de apropriação de conhecimento. Os erros e as limitações dos sentidos devem ser percebidos e serem objeto de reflexão do próprio aluno. As condutas e respostas verbais dos sujeitos evidenciam tal fato, mostrando a fecundidade das hipóteses básicas, que fundamentaram este trabalho.

Os simuladores como recurso tecnológico são importantes na medida em que tornam o ensino de ciências e a própria escola um ambiente atual, frente às novas tecnologias que participam efetivamente da vida dos alunos e que, de certo modo, está fora da escola.

As oficinas de construção de experimentos tornaram os alunos mais ativos, construtores de seu próprio saber, e não apenas meros ouvintes, passivos e desinteressados.

Salientamos que na seleção de simuladores computacionais, frente à grande variedade, os professores devam optar por softwares que sejam isentos de erros conceituais, mas que principalmente sejam interativos e cooperativos para que a essência construtivista não se perca na troca de um método pelo outro. Com certeza a combinação destas metodologias surge como uma saída à precariedade da maioria das escolas públicas e possibilitam desenvolver várias situações de aprendizagem, geralmente ausentes no espaço escolar.

A atividade serviu para que os alunos entendessem em parte o papel de um laboratório científico, os relatórios, a coleta de dados o uso da informática com os simuladores e ferramentas de cálculo os aproximaram deste ambiente. Esta metodologia pode

ajudar o aluno que se encontra em uma zona de desenvolvimento proximal, em que precisa recorrer a mediação do professor, a avançar na elaboração de conceitos como: massa, densidade, pressão, espaço, posição, tempo, força, impulso, aceleração, torque, eixo cartesiano e origem das medidas físicas. Enfim assuntos que extrapolam a mecânica e aparecem em outros ramos da física e de outras áreas das ciências e da engenharia.

Do ponto de vista dos ganhos cognitivos, acreditamos que o uso do simulador computacional aliado à oficina pedagógica e à experimentação foi positivo, em ambos os casos utilizados, tanto antes do processo de criação e experimentação, quanto após, quando este funcionou como um corretor de concepções e ações erradas.

Na situação estudada, porém, para a obtenção de um produto (foguetes) mais eficiente, o uso do simulador computacional antes do processo de criação e experimentação na oficina conduziu a melhores resultados.

Relembramos que Vigotsky (2007) afirma que a relação do homem com o trabalho foi melhorada com a criação de instrumentos mediadores, como uma enxada, que é melhor do que a mão humana para cavar a terra. O conceito de mediação foi então estendido aos signos verbais que passaram a serem considerados instrumentos mediadores psicológicos. Acreditamos que todos os instrumentos utilizados nas atividades descritas: a serra, a tesoura, a trena, a régua, o papel, e a cola, utilizados na oficina, assim como o espaço da quadra, o vento e o ar utilizados na experimentação, e o computador e seu simulador, juntamente com seus periféricos (teclado, mouse etc.) da sala de informática, foram mediadores no processo de construção do conhecimento. O professor se juntou a eles e ajudou os alunos a refletir sobre as atividades e conceitos trabalhados, formulando questões e oferecendo pistas.

Portanto, uma proposta de ensino-aprendizagem, que considere diferentes modelos visando o ensino de um mesmo conceito ou fenômeno, poderá proporcionar uma maior eficácia no processo de significação e resignificação de um conhecimento. Vigotsky (2007, p.55) comenta que o uso de signos e instrumentos não esgota todas as possibilidades cognitivas “tampouco podem ser vistos como exaurindo completamente o conceito de atividade mediada. Poder-se-iam arrolar várias outras atividades mediadas: “a atividade cognitiva não se limita ao uso de instrumentos ou signos”.

Corroboramos os pensamentos de Axt (1991) referentes ao excesso de tarefas recaídas sobre os professores e o quanto a exigência de se construir materiais pedagógicos e experimentos seria injusto frente ao pouco investimento destinado a educação no Brasil. Mas as atitudes dos alunos observadas durante este trabalho, nos mostram que vale a pena o

esforço de construir experimentos, oficinas e brinquedos pedagógicos usando materiais alternativos.

Os problemas já mencionados e que perduram na educação no Brasil não podem ser justificativa para mantermos os alunos presos a métodos antiquados e privados de novas formas de aprender, que utilizam métodos motivadores alternativos e de igual eficácia frente os laboratórios científicos.

A atividade tornou o ambiente escolar mais alegre e fez com que os alunos realmente sentissem vontade de estar ali. Os trabalhos de Freire (1996, p.142) chamam a atenção para este fato: “A alegria não chega apenas no encontro do achado, mas faz parte do processo da busca. E ensinar e aprender não pode dar-se fora da procura, fora da boniteza e da alegria”. Além disso, segundo Freire (1996, p.72):

Há uma relação entre a alegria necessária à atividade educativa e a esperança. A esperança de que professor e alunos juntos podemos aprender, ensinar, inquietar-nos, produzir e juntos igualmente resistir aos obstáculos a nossa alegria.

A alegria dos alunos frente a estas atividades motivadoras, a afetividade entre eles e principalmente entre o professor e os alunos, tornaram o momento do ensinar do professor e o momento de aprender do aluno um momento de prazer e de encantamento.

REFERÊNCIAS.

- ADAMS, Gavin. **As Emissões Do Túlio**. Imagem formato GIF. Disponível em: < <http://tuliotavares.wordpress.com/as-emissoes-do-tulio-por-gavin-adams/>> Acessado em: 10 mar. 2012.
- AGUIAR, C.E. **Lançamento de Tartarugas**. Imagem formato GIF. Disponível em: < <http://omnis.if.ufrj.br/~carlos/infoenci/projetos/projetil/projetil.html>> Acessado em: 12 mar 2012.
- ALBERNAZ, J.M. **Jogo computacional como desencadeador da aprendizagem de matemática nas séries iniciais do ensino fundamental e sua avaliação por professores e alunos**. Apostila de curso, anexo ao relatório de pós-doutorado. S. Paulo: FE/USP, 2008.
- _____. **Mapas de um Percurso Construído por Crianças de 8 Anos: Interações e Aprendizagens Lógico-Espaciais**. Educação em Revista, Belo Horizonte, v.25, n.03, p.95-113, dez 2009.
- _____. **Mundo visual, desenvolvimento e aprendizagem: mudanças conceituais e novas abordagens teóricas**. Vitória: EDUFES, 2010, 394p.
- ALBERNAZ, J. M. COSTA, R. C. F., SANTOS, V. P. **Aprendizagem das primeiras operações matemáticas através de jogos**. Cadernos de Pesquisa em Educação (PPGE/UFES), Vitória, v.8, n.16, p.130-161, 2003.
- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Física: volume único**. São Paulo: Scipione, 1997.
- AMALDI, Hugo. **Imagens da Física**. Curso completo São Paulo, Scipione. 2006
- ARAÚJO, Ives Solano. **Simulação E Modelagem Computacionais Como Recursos Auxiliares No Ensino De Física Geral**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005
- AUSUBEL, D P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**, Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- AXT, R. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. In Moreira M. A. Tópico em ensino de ciências. Porto Alegre Editora: Editora Sagra p. 79-90 1991
- B HARPER, M. oliveira. **Cuidado escola!** Brasiliense, são Paulo. 1980
- BACHELARD, Gaston. **A Formação do Espírito Científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução de Estela dos Santos Abreu, Rio de Janeiro, Contraponto, 1999.
- _____. **A Formação do Espírito Científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução de Estela dos Santos Abreu, Rio de Janeiro, Contraponto, 1996.
- _____. **O novo espírito científico**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2001.

BALEN, Osvaldo: **Aplicação da modelagem e simulação no ensino de modelos de sistemas gasosos** ACTA SCIENTIAE – v.7 – n.2 – jul./dez. 2005

BERGMANN, Thaisa Storchi. **Cosmologia e Relatividade**. Imagem formato JPEG
Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/~thaisa/cosmologia/cosmo2_corr_8.htm>
Acesso em: 11 mar. 2012.

BERTOLO. **Relatividade Geral**. Imagem formato JPEG. Disponível em:
<http://www.bertolo.pro.br/fisica_cosmologia/Cosmologia/Cosmology/general_relativity.htm
> Acesso em: 11 mar. 2012.

BISQUOLO, Paulo Augusto. **As leis de Kepler e a lei da gravitação universal**. Imagem
formato JPEG. Disponível em: < <http://educacao.uol.com.br/fisica/gravitacao-as-leis-de-kepler-e-a-lei-da-gravitacao-universal.jhtm>> Acesso em: 10 mar. 2012.

BORGES, Sérgio Figueiredo. **Elaboração de Recursos Didáticos Experimentais Utilizando Materiais de Fácil Acesso, numa Perspectiva Construtivista**,
Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia, 2005.

BRASIL. MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**. Ciências da
Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BULLA, Edmar. **Coisas em comum entre aviões e redes sociais**. Imagem Formato JPEG.
Disponível em:
<<http://businesspress.com.br/comportamento/coisas-em-comum-entre-avioes-e-redes-sociais>>
Acesso em 20 out. 2011

CARDOSO, Walmir Thomazi. **Deixe a garotada viver um pouco no mundo da Lua**. Imagem foguete JPEG. Disponível em:
<http://veja.abril.com.br/saladeaula/150605/p_06.html> Acesso em 20 out. 2011.

CCVALg - Centro de ciência Viva do Algarve. **A astronomia na antiguidade**. Imagem
cosmos de aristoteles. Formato GIF. Disponível em:
< <http://www.ccvalg.pt/astronomia/historia/antiguidade.htm>> Acesso em 20 out. 2011.

CERVO, Amado L. BERVIAN, Pedro A. **Metodologia científica**. 5ª Ed. São Paulo: Pearson
Education do Brasil, 2004.

COHEN, I.B. **O nascimento de uma nova Física**. São Paulo, Livraria Editora. 1967.

COLEGIOWEB. **As leis de Kepler**. Imagem formato JPEG. Disponível em:
<<http://www.colegioweb.com.br/fisica/as-leis-de-kepler-1571--1630.html>>
Acesso em: 10 mar. 2012.

COSTA, Rosmeri Ceconi da. **A interação em mundos digitais virtuais em 3 dimensões: uma investigação sobre a representação do emocional na aprendizagem**. Dissertação de
Mestrado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2008.

DECLARAÇÃO DE VENEZA "A Ciência diante das Fronteiras do Conhecimento"
Veneza, UNESCO, 1986.

DOLGERT, Drew. **Projectile Motion or Gravity-induced Parabolic Trajectories**

Imagem de simulador. Disponível em:

<http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets/ProjectileMotion/jarapplet.html> Acesso em: 10 out. 2011.

DUTRA, Juares; Mateus, Alfredo Luis. Valadares, Eduardo de Campos; **Aerodescobertas: Explorando Novas Possibilidades**. Belo Horizonte, Fundação Ciência Jovem. 2006

ESPÍRITO SANTO, (Estado) Secretaria de Estado da Educação Ensino médio: **currículo básico escola estadual** - área de ciências da natureza. Vitória: SEDU, 2009.

FAB. Fotografia avião Xavante. Disponível em:

<<http://www.fab.mil.br/portal/capa/index.php>> Acesso em: 10 out. 2011.

FENDT, Walter. **Applets Java de Física**. Imagem de Simulador.

Disponível em: <http://www.walter-fendt.de/ph14br/projectile_br.htm>

Acesso em: 10 out. 2011.

FIOLHAIS, Carlos, TRINDADE, Jorge A. **Física Para Todos - Concepções Erradas em Mecânica e Estratégias Computacionais**. Imagem formato GIF. Disponível em:

<http://nautilus.fis.uc.pt/softc/Read_c/RV/virtual_water/articles/art3/art3.html>

Acesso em: 11 mar. 2012.

FONSECA, Eliane G. da Silva; NAGEM, Ronaldo Luiz. **Implicações da teoria de Vigotsky em processos de ensino-aprendizagem que envolvam a utilização de modelos, analogias e metáforas na construção e ressignificação de conhecimentos**. In: *II SENEPT. CEFET-MG*: Belo Horizonte, 2010.

FRANK. **Charge**. Formato JPEG. Disponível em:

<<http://daianeshalom.blogspot.com/2011/01/tiras-e-charges-engracadas-de.html>>

Acesso em: 10 out. 2011.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia, São Paulo**: Paz e Terra. 1996.

FREITAG, Bárbara. **Aspectos filosóficos e sócio-antropológicos do construtivismo pós-piagetiano**. Construtivismo pós-piagetiano/Esther Pillar Gossi, organizadora- Petrópolis, RJ: Vozes, 1993.

GALILEI, G. **Ciência e fé**. São Paulo: Nova Stella, 1988.

GARCIA, Maria Alice Amorim. **Saber, agir e educar: o ensino aprendizagem em serviços de Saúde**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/icse/v5n8/07.pdf>>

Acesso em: 25 out. 2011.

GEORGIA WING - **Aerospace Education**. Imagem water rocket JPEG.

Disponível em:<<http://www.gawg.cap.gov/aerospace/index.htm>>

Acesso em: 25 nov. 2011.

GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Ciências**, quatro volumes. São Paulo: Ática, 2009.

GILBERT, John K; BOULTER, Carolyn J. **Aprendendo ciências através de modelos e modelagem**. In: COLINVAUX, Dominique (Org.). Modelos e educação em ciências. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

GODOY, Lauret. **Centenário do vôo do 14-Bis: Brasileiro tornou realidade um velho sonho do ser humano**. Fotografia 14 Bis. Formato JPEG.

Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/datas-comemorativas/ult1688u58.jhtm>>

Acesso em: 10 out. 2011.

GONÇALVES, Leila De Jesus. **Uso de animações visando a aprendizagem significativa de física térmica no ensino médio**- Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005

GONZAGA, Yuri. **Info Online. Editora Abril**. Imagem de simulador. Disponível em: <<http://info.abril.com.br/noticias/blogs/download-da-hora/2010/09/voe-no-14-bis-nesse-simulador-freeware/>> Acesso em:10 out. 2011.

GRUPO ESCOLAR, Imagem formato GIF. Disponível em: <<http://www.grupoescolar.com/pesquisa/lancamento-duplo-cinematica.html>> Acesso em:10 out. 2011.

HUTCHINGS, Nadina. **The Parametric Projectile Problem**. Imagem de simulador. Disponível em: <http://mathdl.maa.org/images/upload_library/3/FlashForum/share_area/ProjectileMotionSimulationMAA.html> Acesso em: 10 out. 2011.

JONASSEN, D. **"Using Mindtools to Develop Critical Thinking and Foster Collaboration in Schools** – Columbus, 1996.

KOYRÉ, A. **Estudos de história do pensamento científico**. Brasília: Universidade de Brasília, 1982

KOYRÉ, A. **Estudos galilaicos**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1986.

LEE, Andrew. **Interesting images from around the world**. Fotografia formato JPEG. Disponível em: <<http://www.tampabay.com/blogs/alleyes/content/blue-mosque-prayer-satellite-launch-gorilla-race-14-images>> Acesso em: 10 dez. 2011.

LIMA, José Ademir Sales de. **A fama de Einstein e a experiência de sobral**. Disponível em: <http://astroweb.iag.usp.br/~damineli/IYA2009/images/download/sobral_1919.pdf> Acesso em: 10 out. 2011.

LOPES, A.R.C. **Contribuições de Gastón Bachelard ao Ensino de Ciências** Disponível em: <http://ddd.uab.es/pub/ensenanzadelasciencias/02124521v11n3p324.pdf> Acesso em: 10 nov. 2011.

LUCCA, Guilherme. **Movimentos da Física**. Imagem formato BMP. Disponível em: <<http://movimentosdafisica.blogspot.com/2011/07/iv-defenestricao-base-jump-de-skate-e.html>> Acesso em: 10 mar. 2012.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARIANA. **Deixe-se acreditar.** Avião de papel: Imagem Formato JPEG. Disponível em: <<http://deixeseacreditar.wordpress.com/?s=avi%C3%A3o+de+papel&search=Ir>> Acesso em: 20 out. 2010

MARSIGLIA, Ivan. **Os lunáticos de Sobral.** In: O Estado de São Paulo. Fotografia formato JPEG. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/suplementos,os-lunaticos-de-sobral,408286,0.htm>> Acesso em 11 mar. 2011.

MARTINS, Luciano Camargo. **Galileu Galilei (1564-1642) - O fundador de uma nova era.** Imagem formato Php. Disponível em: <<http://www.mundofisico.joinville.udesc.br/index.php?idSecao=9&idSubSecao=&idTexto=14>> Acesso em: 20 out. 2011.

MAUS & Roth. **Simulation Projectile Motion.** Imagem de simulador. Disponível em: <<http://www.netzmedien.de/projectilemotion/index.html>> Acesso em: 20 out. 2010.

MAX PLANCK INSTITUTE. **Department I.** Imagem formato JPEG. Disponível em: <http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/en/resrep00_01/Jahresbericht_2_2_section.html> Acesso em: 10 mar. 2012.

MENDES, Janduí Farias. **O Uso do Software Modellus na Integração entre Conhecimentos Teóricos e Atividades Experimentais de Tópicos de Mecânica sob a Perspectiva da Aprendizagem Significativa.** Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília. 2009.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO, **Parâmetros Curriculares Nacionais.** Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 1998.

MIRANDA, Márcio. Astronomia Educacional. Imagem geocentrismo. Disponível em: <<http://marcio.miranda.zip.net/>> Acesso em: 20 out. 2011.

MONT, Mr. **The Human Cannonball Game.** Imagem de simulador. Disponível em: <<http://www.mrmont.com/games/humancannonball.html>> Acesso em: 15 set. 2011

MORAES, Maria Célia M. **Calculando Com Galileu: os desafios da ciência nova,** in Revista Educação: Cadernos: edição: 2000 - N° 16, Santa Maira - RS.

MOREIRA, M.A. **Modelos mentais. Investigações em Ensino de Ciências,** v. 1, n. 1. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/Moreira.htm>.> Acesso em: 15 set. 2011

MORENO, Marcio Quintão (1993). **Algumas Considerações Metodológicas.** Texto não publicado.

MOTA, Ronaldo ...[et al.] **Método Científico e Fronteiras do Conhecimento, Santa Maria:** Cesma. 2003.

NAGEM, Ronaldo L. **Expressão e recepção do pensamento humano e sua relação como processo de ensino e de aprendizagem no campo da ciência e da tecnologia: imagens, metáforas e analogias.** 1997. 55 f. Seminário. (Concurso Público – Professor) Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. **The Apollo 15 Hammer-Feather Drop**. Imagem formato JPEG. Disponível em:

<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apollo_15_feather_drop.html>

Acesso em 20 nov. 2011.

NOA – **Núcleo de Construção de Objetos de Aprendizagem**. UFPB. Imagem de simulador. Disponível em:

<<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/02aProjeteisMovimento/site/Animacao.htm>> Acesso em: 27 out 2011.

NTNUJAVA - **Virtual Physics Laboratory**. Imagem de simulador. Disponível em:

<<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=145>> Acesso em: 09 set. 2011.

OLIVEIRA, M. Kohl. : **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento – um processo sócio-histórico**. 4ª ed. São Paulo: Scipione, 1997.

ONU, **Relatório dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio** de 2006.

Disponível em: <<http://www.un.org/millenniumgoals>>

Acesso em: 17 out 2011

ORLANDI, Claudia Carobin. **Um estudo sobre a utilização de Simulações computacionais no Ensino de Equilíbrio Químico**. Dissertação de Mestrado. Universidade Luterana do Brasil, 2004

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PARANÁ, Djalma N. da S. **Física**, volume único. São Paulo: Ática, 2003.

PEDUZZI, Luis O. Q. **Evolução dos Conceitos da Física: Força e movimento: de Thales a Galileu**. Disponível em: <http://fisica.uems.br/praxedes/tales_galileu.pdf>

Acessado em: 12 mar. 2012.

PENTEADO, Paulo Cesar M. **Física – ciência e tecnologia** / Paulo Cesar M. Penteado, Carlos Magno A. Torres, São Paulo: Moderna, 2005.

PIAGET, Jean. (1946). **A formação do símbolo na criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

_____. **Fazer e compreender**. 1. Ed. São Paulo: Melhoramentos, 1978.

_____. **Para Onde Vai a Educação?** Rio de Janeiro: José Olympio, 9ª edição, 1988.

PISA – **Programme for International Student Assessment**, 2009.

Disponível em:

<http://www.pisa.oecd.org/pages/0,3417,en_32252351_32235731_1_1_1_1_1,00.html>

Acesso em: Acesso em: 10 out. 2011

PORTO, C. M. **A física de Aristóteles: uma construção ingênua?** In *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 4, 2009.

POZO, Juan Ignacio (Org.) **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender.** Porto Alegre: Artmed, 1998

RAMALHO Jr., Francisco; FERRARO, Nicolau G.; SOARES, Paulo A. T. **Os Fundamentos da Física**, volume 1. São Paulo: Moderna, 2003.

REIS, Ernesto Macedo. **Limites e Possibilidades de Um Espaço Virtual de Aprendizagem no Ensino e na Formação de professores de Física.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2008

RESQUETTI, Silvia Oliveira, NEVES, Marcos Cesar Danhoni. **A teoria do movimento de projéteis nos livros didáticos de física e no vestibular.** XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Curitiba – 2008

Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epenf/xi/sys/resumos/T0289-1.pdf>>
Acesso em: 10 out. 2011

RESTON, J. **Galileu, uma vida.** Rio de Janeiro: José Olympio, 1995.

ROBILOTTA, M. R. **Construção e realidade no ensino de física.** São Paulo: IFUSP, 1985.

RUSSEL, B. **História do Pensamento Ocidental: a aventura dos pré-socráticos a Wittgenstein.** Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.

RUSSELL, Sean. **Ballistic Simulator.** Imagem de simulador. Disponível em:
< <http://jersey.uoregon.edu/vlab/Cannon/>> Acesso em: 10 out. 2011.

SAA, Alberto. **O princípio da equivalência**, In: Instituto de Física da USP. Imagem formato JPEG. Disponível em: <<http://video.if.usp.br/video/o-princ%C3%ADpio-de-equival%C3%Aancia>> Acesso em 11 mar. 2012.

SANTOS, Gustavo Henrique Dos. **Animações interativas do software MODELLUS: um estudo sobre atitude e perspectiva de alunos de Física do Ensino Médio.** – Dissertação Mestrado, Fundação Visconde de Cairu, 2006

SARAIVA, M., & Ponte, J. P. (2003). **O trabalho colaborativo e o desenvolvimento profissional do professor de Matemática.** *Quadrante*, 12(2), 25-52.

SMITH, A. G. R. **A revolução científica nos séculos XVI e XVII.** Lisboa: Editorial Verbo, 1973.

SILVA, T. T. & GENTILI P. **Escola SA**, Brasília CNTE, 1996.

SILVA, L. H.; ZANON, L.B.A. **A experimentação no ensino de ciências.** In: SCHNETZLER, R.P. Ensino de ciências: fundamentos e abordagens. Campinas: R. Vieira, p. 120-153. 2000.

SPLUNG. **Projectile Motion.** Imagem de simulador. Disponível em:
< <http://www.splung.com/content/sid/2/page/projectiles>> Acesso em: 10 out. 2011.

STANFORD UNIVERSITY. **Overview of the GP-B Mission**. Imagem no formato JPEG. Disponível em: <<http://einstein.stanford.edu/MISSION/mission1.html>> Acesso em 11 mar. 2012.

STOMPROCKET by D & L Company. Imagem Stomp Ultra Box. Disponível em: <<http://www.stomprocket.com/stomprocketultra.html>> Acesso em 11 mar. 2012.

STUDART, Nelson. **A Física do Vôo na Sala de Aula**, in Física na Escola, v. 7, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num2/v13a07.pdf>> Acesso em: 10 out. 2011.

TINAFAD. **Free Online Educational math and Physics Games for High School Kids**. Imagem de simulador. Disponível em: <<http://www.tinafad.com/projectile/index.php>> Acesso em: 10 mar. 2012.

TREVISAN, Leonardo. **Educação, emprego e a esquecida Matemática**, in Investimentos em educação, ciência e tecnologia: o que pensam os jornalistas / organizado por Jorge Werthein e Célio da Cunha. – 2. ed. – Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009.

UNESCO. **Relatório UNESCO sobre ciência 2010**. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001898/189883por.pdf>> Acesso em: 10 out. 2011.

UNIVERSIDADE DO COLORADO. **Simulações Interativas de Ciência**. Imagem de simulador. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/> Acesso em: 10 out. 2011.

VALDUGA, Fernando. **Jato Lineage 1000 demonstra capacidade de voos de longo alcance**. Fotografia: Altura 382 pixels. Largura 575 pixels. Disponível em: <<http://cavok.com.br/blog/?p=18922>> Acesso em 20 out. 2011.

VALENTE, José Armando (Org.). **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. 1. ed. Campinas: Gráfica Central da UNICAMP, 1993.

_____. **Análise Dos Diferentes Tipos De Software. O computador na Sociedade do conhecimento**/Jose Armando valente, organizador- Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 1999.

VIRTUAL PHYSICS LABORATORY. **Projectile Motion with air Drag**. Disponível em: Fonte: <<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=145>> Acesso em: 09 set. 2011.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

_____. **A Formação social da mente**. 6ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WITTACZIK, Lidiane Soares. **Educação Profissional no Brasil: Histórico**. Florianópolis, 2008. Disponível em: <<http://revista.ctai.senai.br/index.php/edicao01/article/viewDownloadInterstitial/26/21>> Acesso em: 09 set. 2011.

ANEXOS

ANEXO 1

DECLARAÇÃO

Eu, Juares Dutra da Silva, portador da CI: M - 5049.336, mestrando em Educação pelo Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Espírito Santo; Declaro para os devidos fins que estou ciente que a minha atividade como pesquisador na Escola Municipal Hilda Rabello Matta em Belo Horizonte – MG, **não** será remunerada em qualquer forma, tanto pela escola ou pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – MG. Estou ciente ainda que todos os custos como: material de pesquisa, passagem e alimentação ocorrerão totalmente por minha conta, **isentando** a Escola Municipal Hilda Rabello Matta de qualquer gasto com a minha pessoa ou com a minha pesquisa.

Juares Dutra da Silva

ANEXO 2

PROTOCOLO DE PESQUISA

A Escola Municipal Hilda Rabello Matta

A/C: Claudia Melo Lopes

Apresento a síntese do projeto de pesquisa intitulado “**simuladores computacionais x oficina de modelos: um estudo entre a alternância destes métodos na aprendizagem de um mesmo fenômeno físico**”, orientada pelo Prof^a. Dr. Jussara Martins Albernaz, no curso de Mestrado em Educação/UFES, tendo como linha de pesquisa Diversidade e práticas educacionais Inclusivas, com o objetivo de estabelecer parceria com essa unidade de ensino, para desenvolvimento deste trabalho. Essa escola foi selecionada por receber alunos que se encaixam na proposta da minha pesquisa.

Perfil do pesquisador

Dados pessoais

Nome: Juarez Dutra da Silva

Endereço: Rua José de Lima N° 405, Floramar, Belo Horizonte – MG

Telefone: 3435-2419

CEP: 31840-240

Síntese do projeto de pesquisa

Título: Simuladores Computacionais X Oficina De Modelos: Um Estudo Entre A Alternância Destes Métodos Na Aprendizagem De Um Mesmo Fenômeno Físico

Este estudo tem como objetivo verificar se os alunos adquirem um melhor aprendizado sobre o conteúdo de mecânica quando o professor utiliza textos e imagens do livro didático ou quando utiliza um modelo físico e interativo em conjunto com simulador computacional, que se dará em duas etapas:

- uma primeira, na qual os alunos vão responder a um questionário com perguntas sobre queda livre e movimento retilíneo uniforme, seguida de uma aula,

- uma segunda, na qual os alunos vão construir um experimento em uma oficina pedagógica.

Objetivo da pesquisa: Investigar, refletir e aprofundar sobre a questão de, como o uso de oficinas pedagógicas e simuladores computacionais ajuda na Inclusão Escolar e no desenvolvimento pessoal e cognitivo dos alunos, referente aos processos experimentais no ensino de ciências e física

Público – alvo: duas turmas de 8ª série (alunos, professores e funcionários do corpo técnico-pedagógico).

Requisito para a seleção das turmas: Interesse da professora regente pela pesquisa.

Metodologia: qualitativa e quantitativa com intervenção do pesquisador..

Coleta de dados:

- Será realizada de agosto a outubro de 2011, por meio de entrevistas com a professora Luiza Cristina Castro de Lima, observações em sala de aula, fotografia e análise de documentos.
- Todos os procedimentos envolvendo a coleta de dados serão previamente planejados e acordados com a professora regente Luiza Cristina Castro de Lima.
- Será solicitada autorização dos responsáveis para a participação dos alunos na pesquisa.

Belo Horizonte ____ de _____ de 2011

ANEXO 3

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIMENTO

Referente à pesquisa: “**simuladores computacionais x oficina de modelos: um estudo entre a alternância destes métodos na aprendizagem de um mesmo fenômeno físico**”

Este estudo tem como objetivo verificar se os alunos adquirem um melhor aprendizado sobre o conteúdo de mecânica quando o professor utiliza textos e imagens do livro didático ou quando utiliza um modelo físico e interativo em conjunto com simulador computacional.

Necessito que o Sr.(a). permita a participação de seu filho(a) ou dependente nessa pesquisa que se dará em duas etapas:

- uma primeira, na qual ele(a) responderá um questionário com perguntas sobre queda livre e movimento retilíneo uniforme, seguida de uma aula,
- uma segunda na qual ele(a) construirá um experimento em uma oficina pedagógica seguida de uma simulação no computador.

Essa pesquisa será realizada, na Escola municipal Hilda Rabello Matta, onde as duas etapas da pesquisa serão feitas em sala de aula e serão gravadas e fotografadas com o auxílio de uma câmera de vídeo para a análise dos dados.

A participação de seu filho(a) ou dependente nesta pesquisa é voluntária e a avaliação não determinará qualquer risco, nem trará desconfortos. Além disso, a participação dele(a) é importante para um melhor conhecimento a respeito dos textos e métodos utilizados.

O Sr.(a). tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas e caso seja solicitado, darei todas as informações que solicitar.

Também é garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo. Garanto que as informações obtidas serão analisadas pelo pesquisador, não sendo divulgada a identificação de nenhum dos participantes.

Não existirá despesas ou compensações pessoais para o participante em qualquer fase da pesquisa. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação.

Eu me comprometo a utilizar os dados coletados somente para a pesquisa e os resultados serão veiculados através de artigos científicos em revistas especializadas e/ou em encontros científicos e congressos, sem nunca tornar possível sua identificação. Anexo está o consentimento livre e esclarecido para ser assinado caso não tenha ficado qualquer dúvida.

Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Marechal Campos, 1468 - Campus de Maruípe - Prédio da Administração - CEP 29.040-090 VITÓRIA - ES fone: (27) 3335-7211 .

Ou pelo site: <http://www.ccs.ufes.br/cep/index.html>

ATENSIOSAMENTE
Juares Dutra da Silva

TERMO DE CONSENTIMENTO

Acredito ter sido suficiente informado a respeito do estudo “**simuladores computacionais x oficina de modelos: um estudo entre a alternância destes métodos na aprendizagem de um mesmo fenômeno físico**”

Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que a minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso aos resultados e de esclarecer minhas dúvidas a qualquer tempo. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidade ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido.

Assinatura do responsável

Endereço: _____

RG: _____

Fone: _____

Referente ao aluno: _____

ANEXO 4

AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA

A Escola Municipal Hilda Rabello Matta

Autoriza o **pesquisador**: Juares Dutra da Silva, residente à Rua José de Lima Nº 405, Floramar, Belo Horizonte – MG, Telefone: (31) 3435-2419, o uso do espaço físico da instituição, para a realização da pesquisa intitulada “**simuladores computacionais x oficina de modelos: um estudo entre a alternância destes métodos na aprendizagem de um mesmo fenômeno físico**”, orientada pelo Prof^a. Dr. Jussara Martins Albernaz, no curso de Mestrado em Educação/UFES, tendo como linha de pesquisa Diversidade e práticas educacionais Inclusivas,

Objetivo da pesquisa: Investigar, refletir e aprofundar sobre a questão de, como o uso de oficinas pedagógicas e simuladores computacionais ajuda na Inclusão Escolar e no desenvolvimento pessoal e cognitivo dos alunos, referente aos processos experimentais no ensino de ciências e física

Claudia de Mello Lopes

Claudia de Mello Lopes - BM 23547-8
Diretor de Estabelecimento de Ensino
Nomeação DOM 15/01/09
Aut. Portaria SMED 001/2009 de 08/01/09

Belo Horizonte 24 de agosto de 2011



ANEXO 6

Bibliografia de dissertações e teses relacionadas com o objeto de pesquisa:

OFICINAS DE MODELO FÍSICO

Anibal Fonseca Figueiredo Neto. **A Física, O Ludico e a Ciencia no Primeiro Grau.. 01/12/1988** Mestrado. Universidade de São Paulo - Ensino de Ciências (Modalidade Física e Química)

Sérgio Figueiredo Borges. **Elaboração de Recursos Didáticos Experimentais Utilizando Materiais de Fácil Acesso, numa Perspectiva Construtivista.. 01/01/2005** Mestrado. Universidade Federal da Bahia - Ensino, Filosofia e História das Ciências.

MODELO VIRTUAL

André Ricardo Soares Amarante. **Os recursos hiperídia e os problemas abertos: uma proposta para o ensino de conceitos de calor e temperatura no ensino médio. 01/09/2005** Mestrado. Universidade Est.Paulista Júlio de Mesquita Filho/Bauru - Educação para a Ciência

Carlos Alberto Gomes Martins. **O Uso De Simuladores Computacionais Nos Processos De Ensino/aprendizagem de Eletricidade: Um Estudo Com Alunos Da Terceira Série do Ensino Médio. 01/07/2008** - Profissionalizante. Centro Universitário Franciscano - Ensino de Física e de Matemática

Claudia Carobin Orlandi. **Um estudo sobre a utilização de Simulações computacionais no Ensino de Equilíbrio Químico. 01/06/2004** - Mestrado. Universidade Luterana do Brasil - Ensino de Ciências e Matemática

Ernesto Macedo Reis. **Limites e Possibilidades de Um Espaço Virtual de Aprendizagem no Ensino e na Formação de professores de Física. 01/01/2008** - Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Ciências Naturais

Fernando Farias Cavalcante. **O Uso De Software Modellus Como Estratégia de Ensino da Física do Conteúdo de Conservação de Energia. 01/01/2007** Mestrado. Universidade Luterana do Brasil - Ensino de Ciências e Matemática

Francisco Herbert Lima Vasconcelos. **Objeto de Aprendizagem como Ferramenta de Modelagem Computacional Exploratória Aplicada ao Ensino de Física. 01/10/2008.** Mestrado. Universidade Federal do Ceará - Ciências da Computação.

Gustavo Henrique Dos Santos. **Animações interativas do software MODELLUS: um estudo sobre atitude e perspectiva de alunos de Física do Ensino Médio. 01/12/2006** Fundação Visconde de Cairu - Interdisciplinar em Modelagem Computacional

Ives Solano Araujo. **Simulação E Modelagem Computacionais Como Recursos Auxiliares No Ensino De Física Geral. 01/07/2005** - Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Física.

Jairo Bonapaz Felten. **O Uso da Abordagem Orientada a Objetos no Desenvolvimento de Ssistemas para o Aprendizado Interativo no Ensino da Física. 01/02/2003** Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina - Ciências da Computação

Jancarlos Menezes Lapa. **Laboratórios Virtuais no Ensino de Física: Novas Veredas Didático-Pedagógicas. 01/06/2008** - Mestrado. Universidade Federal da Bahia - Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Jose Adolfo Snajdauf de Campos. **"um estudo exploratório sobre o uso de ambientes virtuais não imersos em 3d no ensino de astronomia"**. 01/11/2004 - mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Informática

José Carlos Nogueira de Carvalho Júnior. **Física e matemática - uma abordagem construcionista: ensino e aprendizagem de cinemática e funções com auxílio do computador**. 01/10/2008 - Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - Educação Matemática

Josiane Maria Weiss. **Campo, Carga, Força: a importância das simulações computacionais no trato das representações da Eletrostática**. 01/06/2006 - Mestrado. Universidade Luterana do Brasil - Ensino de Ciências e Matemática.

João Hermano Torreiro de C. Júnior. **O Software Modellus Aliado A Estratégia de Ensino -- Um Estudo Comparativo do Desempenho dos Alunos do Ensino Médio nas Aulas de Física**. 01/09/2008 - Mestrado. Universidade Federal De Alagoas – Educação.

Leila De Jesus Gonçalves. **Uso de animações visando a aprendizagem significativa de física térmica no ensino médio..** 01/03/2005 - Profissionalizante. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Ensino de Física.

Luciano Ferreira Silva. **Associando realidade virtual não-imersiva e ferramentas cognitivas para o ensino de física**. 01/01/2006 - Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia - Engenharia Elétrica.

Marco Antonio S. Trentin. **O Impacto de Ambiente de Apoio A Laboratórios Virtuais De Física na Aprendizagem**. 01/05/2004 - Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Informática Na Educação.

Marcos Vogler. **Objetos de aprendizagem para aplicações no ensino de física**. 01/12/2005 Mestrado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Física.

Mari Aurora Favero Reis. **O uso de simulações computacionais no ensino de colisões mecânicas**. 01/12/2003 - mestrado. Universidade luterana do Brasil - Ensino de ciências e matemática.

Rosmeri Ceconi da Costa. **A interação em mundos digitais virtuais em 3 dimensões: uma investigação sobre a representação do emocional na aprendizagem**. 01/08/2008 Mestrado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Educação

Veronica Aparecida Pereira Boechat. **Ambientes Virtuais Interativos para o Ensino de Física**. 01/11/2006 - mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Ciências Naturais

MODELO FÍSICO

Adelson Fernandes Moreira. **Práticas de interpretação em ambientes de aprendizagem de física**. 01/07/2003 Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais – Educação.

Ana Marli Bulegon. **Potencialidades dos experimentos na aprendizagem significativa dos conceitos físicos de hidrostática**. 01/12/2006 Profissionalizante. Centro Universitário Franciscano - Ensino de Física e de Matemática.

Alexandre da Silva Ferry. **Analogias, metáforas e contra-analogias: uma estratégia didática auxiliar para o ensino de modelos atômicos**. 01/11/2008 Mestrado. Centro Federal de Educação Tecn. de Minas Gerais - Educação Tecnológica

Francisco Josélio Rafael. **Elaboração e aplicação de uma estratégia de ensino sobre os conceitos de calor e temperatura**. 01/04/2007 Profissionalizante. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Ensino de Ciências Naturais E Matemática.

Gerson dos Santos Juliao. **O show da Física : diálogos científicos**. 01/11/2004 - Mestrado. Universidade de São Paulo - Ensino de Ciências (Modalidades Física, Química e Biologia).

Rafael Vasques Brandão. **Investigando a aprendizagem do campo conceitual associado à modelagem científica por parte de professores de Física do Ensino Médio. 01/03/2008**
Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Ensino De Física.

Ronaldo César de Oliveira Paula. **O Uso de Experimentos Históricos no Ensino de Física: Integrando as Dimensões Histórica e Empírica da Ciência na Sala de Aula. 01/12/2006** Profissionalizante. Universidade de Brasília - Ensino De Ciências

MODELO VIRTUAL X MODELO FÍSICO

Alfredo Muller Da Paz. **Atividades Experimentais e Informatizadas: Contribuições Para O Ensino do Eletromagnetismo. 01/11/2007**
Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina - Educação Científica e Tecnológica.

Danusa Ariete Kroetz. **O uso de práticas experimentais e simulação computacional para o ensino de Teoria Cinética dos Gases. 01/06/2006** Mestrado. Universidade Luterana do Brasil - Ensino de Ciências e Matemática.

Geralda Lopes De Resende. **A Avaliação da Aprendizagem dos Conceitos de Mecânica Numa Perspectiva Construtivista. 01/05/2002** Mestrado. Universidade Federal De Goiás – Educação.

Janduí Farias Mendes. **O Uso do Software Modellus na Integração entre Conhecimentos Teóricos e Atividades Experimentais de Tópicos de Mecânica sob a Perspectiva da Aprendizagem Significativa. 01/03/2009** Profissionalizante. Universidade de Brasília - Ensino de Ciências.