



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**Simulação Virtual como Estratégia Facilitadora da Aprendizagem
Significativa de Fenômenos Científicos: uma Aplicação à Óptica
Geométrica no Estudo da Refração em Nível de Ensino Médio.**

Milton Soares da Silva

**Brasília – DF
Abril 2009**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

Simulação Virtual como Estratégia Facilitadora da Aprendizagem Significativa de Fenômenos Científicos: uma Aplicação à Óptica Geométrica no Estudo da Refração em Nível de Ensino Médio.

Milton Soares da Silva

Dissertação realizada sob a orientação da Prof^a Dr^a Célia Maria Soares Gomes de Sousa e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências - área de concentração: Ensino de Física, pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências pela Universidade de Brasília.

**Brasília – DF
Abril 2009**

FOLHA DE APROVAÇÃO

MILTON SOARES DA SILVA

Simulação Virtual como Estratégia Facilitadora da Aprendizagem Significativa de Fenômenos Científicos: Uma Aplicação à Óptica Geométrica no Estudo da Refração em Nível de Ensino Médio.

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em _____ de Abril de 2009.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Célia Maria Soares Gomes de Sousa
(Presidente)

Prof^a. Dr^a. Maria de Fátima da Silva Lettere Verdeaux
(Membro interno – IF/UnB)

Prof. Dr. Nilo Makiuchi
(Membro externo – IF/UnB)

Prof. Dr. Gerson de Souza Mól
(Suplente – IQ/UnB)

DEDICATÓRIA:

À Deus, Pai e Criador.

À minha esposa Mirele, companheira nas dificuldades enfrentadas ao longo desta jornada. Sem o seu amor, nada disto faria sentido.

Aos meus filhos, João Victor e Paulo Henrique, fontes de amor e inspiração. A eles, tudo em minha vida será dedicado.

À minha família, alicerce em tudo que realizo, porto seguro nas horas de dificuldade, origem de todo meu ser.

À minha orientadora, Professora Doutora Célia Maria Soares Gomes de Sousa, cujo profissionalismo tornou possível este trabalho.

Aos estudantes que participaram e se empenharam para que pudéssemos juntos concluir esta pesquisa. Estudantes aqui anônimos, mas, amigos em meu coração.

Milton Soares da Silva.

AGRADECIMENTOS:

A Deus, por mais essa graça alcançada e pela força nos momentos de dificuldade durante a realização deste trabalho.

À minha esposa Mirele, que como aluna do mesmo programa de mestrado, dividiu comigo os momentos de conhecimento e os momentos de trabalho árduo, não esquecendo de ser mãe, esposa e mulher.

Aos meus filhos, João Victor e Paulo Henrique, peço desculpas pelos momentos de ausência, pelos passeios não realizados, pelas brincadeiras em que não pude participar. Por isso, um especial agradecimento, com a certeza do meu amor por eles.

À minha família, em especial, a minha mãe, Alcides, pelo apoio e pelo carinho incondicional a todo o momento; à minha sogra, a educadora Maria Cândida; à Cirlene, anjo da guarda dos meus filhos e à minha sobrinha Clarissa, pela sua ajuda com a língua estrangeira.

À Professora Doutora Célia Maria Soares Gomes de Sousa, pela orientação, e pela excepcional dedicação ao seu trabalho, exemplo a ser seguido.

À direção do Colégio e Faculdade Santa Terezinha, que permitiu sem nenhuma restrição a realização desta pesquisa. Aos alunos do segundo ano do ensino médio de 2008, pelo empenho, participação e principalmente pelo carinho dispensado à nova proposta de ensino apresentada. Um especial agradecimento ao coordenador Antônio Sidney, pela dedicação, interesse e apoio à nossa pesquisa.

Aos amigos e fiéis colaboradores Popó Magalhães, Márcio Melo e Rosana Costa, que muito nos ajudaram a desenvolver esta nova proposta de ensino. A todos, meu muito obrigado.

Milton Soares da Silva.

RESUMO:

Este projeto trata do desenvolvimento e aplicação de um material instrucional interativo com o uso dos Java Applets que versam sobre o estudo da Refração. Elaborado com a intenção de promover a aprendizagem significativa em nível de ensino médio, o estudo foi realizado no segundo bimestre do ano 2008, em duas turmas do segundo ano do ensino médio, sendo uma delas o grupo experimental e a outra o grupo testemunha, no Colégio e Faculdade Santa Terezinha, em Taguatinga, Distrito Federal.

Para a elaboração deste material nos fundamentamos nas bibliografias pertinentes ao tema e, especialmente, na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. O material é composto de três aulas em PowerPoint e três atividades com o uso dos Java Applets.

Os resultados da pesquisa mostram que o recurso utilizado conseguiu cumprir com o objetivo de promover a aprendizagem significativa, proporcionando uma interação do estudante com o objeto do conhecimento através da interatividade dos mesmos com a nova metodologia de ensino, fazendo com que esse estudante fosse parte integrante do processo de aquisição do conhecimento. Como produto final dessa pesquisa, foi elaborado um material instrucional de apoio ao professor na intenção de colaborar com melhoria do ensino da Física em nível médio.

Palavras-Chaves: ensino de Física, aprendizagem significativa, simuladores virtuais.

ABSTRACT:

This project deals with the development and implementation of an interactive instructional material with the use of Java Applets, about the study of Refraction. Prepared with the intention of promoting meaningful learning in high school level, the study was conducted in the second term of the year 2008, in two classes of the second year of high school, being one of them the experimental group and the other, the control group, in the College and School Santa Terezinha in Taguatinga, Distrito Federal.

To produce this material we based the study in bibliographies relevant to the subject and, especially, in the meaningful learning theory of David Ausubel. The material is composed of three lessons in PowerPoint, and three activities with the use of Java Applets.

The survey results show that the resource used, could promote meaningful learning, providing a student interaction with the object of knowledge through their interaction with the new methodology of teaching, so that the student was an integral part of the acquisition of knowledge process. As a final product of this research, an instructional material was developed to support teachers in order to collaborate with the improvement of the Physics' teaching in high school.

Keywords: Physics' teaching, meaningful learning, virtual simulators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES:

Figura 1: Princípio da Assimilação	46
Figura 2: Informações reduzíveis como entidades individuais	47
Figura 3: Slides 1, 2 e 3	53
Figura 4: Slides 4, 5 e 6	54
Figura 5: Slides 7, 8 e 9	55
Figura 6: Slides 10, 11 e 12	56
Figura 7: Slides 13, 14 e 15	57
Figura 8: Desvio aproximando da reta normal mostrado pelo applet	58
Figura 9: Desvio afastando da reta normal mostrado pelo applet	59
Figura 10: Não desvio do raio de luz mostrado pelo applet	60
Figura 11: Slides 16, 17 e 18	61
Figura 12: Slides 19 e 20	62
Figura 13: Slides 21 e 22	62
Figura 14: Slides 23 e 24	63
Figura 15: Slide 25	64
Figura 16: Refração, reflexão e tabela de meios de propagação mostrados pelo applet	65
Figura 17: Refração, reflexão e tabela de meios de propagação mostrados pelo applet	66
Figura 18: Refração, reflexão e tabela de meios de propagação mostrados pelo applet	67
Figura 19: Demonstração da ocorrência da reflexão total mostrada pelo applet	68
Figura 20: Slides 26, 27 e 28	69
Figura 21: Slides 29 e 30	70
Figura 22: Slides 31 e 32	71
Figura 23: Refração para três freqüências diferentes mantendo-se os mesmos valores de ângulo de incidência e índice de refração	72
Figura 24: Delineamento quase experimental	74
Figura 25: Gráfico do aumento no percentual de acertos entre pré-teste e pós-teste para os grupos experimental e testemunha	96
Figura 26: Resultados obtidos no Teste t para amostras pareadas entre o	

pré-teste e o pós-teste do grupo testemunha executada no BioEstat 5.0 108

Figura 27: Resultados obtidos no Teste t para amostras pareadas entre o

pré-teste e o pós-teste do grupo experimental executada no BioEstat 5.0 .. 110

LISTA DE TABELAS:

Tabela 1: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 1	83
Tabela 2: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 2	84
Tabela 3: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 3	85
Tabela 4: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 4	86
Tabela 5: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 5	86
Tabela 6: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 6	87
Tabela 7: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 7	87
Tabela 8: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 8	88
Tabela 9: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 9	89
Tabela 10: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 10	89
Tabela 11: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 11	90
Tabela 12: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos experimental e Testemunha para a questão 12	90
Tabela 13: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 13	91
Tabela 14: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 14	92
Tabela 15: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 15	93
Tabela 16: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 16	94

Tabela 17: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 17	94
Tabela 18: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 18	95
Tabela 19: Número de acertos obtidos no Pré-Teste e Pós-Teste do Grupo Testemunha	107
Tabela 20: Número de acertos obtidos no Pré-teste e Pós-Teste do Grupo Experimental	109
Tabela 21: Resultados dos dados coletados no questionário de opinião aplicado ao grupo experimental	114

SUMÁRIO:

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO	13
Capítulo 2 - REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 - Categoria 1 – Análise Didática de Software	17
2.2 - Categoria 2 – Análise do Emprego de Software na Educação..	26
2.3 - Categoria 3 – Análise das Concepções dos Docentes	30
2.4 - Categoria 4 – Modelagem Computacional	32
2.5 - Categoria 5 – Revisão de Literatura	35
2.6 - Categoria 6 – Outros	37
Capítulo 3 - REFERÊNCIAL TEÓRICO	41
Capítulo 4 - O PRODUTO EDUCACIONAL	50
4.1 - Material desenvolvido	52
4.2 - 1ª aula	52
4.3 - Atividade 1 com Java Applet	57
4.4 - 2ª aula	60
4.5 - Atividade 2 com Java Applet	64
4.6 - 3ª aula	69
4.7 - Atividade 3 com Java Applet	71
Capítulo 5 - METODOLOGIA	74
Capítulo 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
6.1 - Análise e discussão dos resultados dos pré e pós-teste	82
6.2 - Análise e discussão dos resultados do Teste t para dados pareados	105
6.3 - Análise e discussão dos resultados do questionário de opinião.	112
Capítulo 7 - CONCLUSÃO	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
APÊNDICE A - Mapa Conceitual para o estudo da Refração	126
APÊNDICE B - Pré e pós-teste	128
APÊNDICE C - Atividade 1 com Java Applet	133
APÊNDICE D - Atividade 2 com Java Applet	138
APÊNDICE E - Atividade 3 com Java Applet	143
APÊNDICE F - Questionário de opinião	147
APÊNDICE G – Apostila do Aluno	150
APÊNDICE H – Produto Educacional	166

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO:

Há muito se discute sobre a inserção do computador no processo ensino-aprendizagem e uma das razões para isso é o fato dele, quando bem utilizado, ser capaz de facilitar esse processo. Saber aproveitar ao máximo os recursos fornecidos pela máquina é de suma importância para o processo pedagógico. Nas escolas, de maneira geral, o que se faz hoje é repetir antigos ensinamentos, através de metodologias ultrapassadas. Em vista disso, o computador surge como uma alternativa da ruptura do paradigma desse modelo de ensino-aprendizagem e o estudante se torna parte fundamental do seu processo de aquisição do conhecimento.

Medeiros e Medeiros (2002) listam uma série de possibilidades de utilização das simulações computacionais no ensino da Física, levando em consideração que a aprendizagem da Física requer uma alta dose de abstração e que muitas vezes lida com materiais que estão fora do alcance dos sentidos humanos e a dificuldade de, por exemplo, representar movimentos e processos através de ilustrações estáticas.

O projeto aqui apresentado visa à elaboração de aulas de Óptica Geométrica em conteúdos de Refração, com a utilização de simuladores virtuais em Java, os Java Applets, disponíveis gratuitamente na internet, onde o estudante poderá manipular livremente os parâmetros ali apresentados e, assim, testar as possibilidades relacionadas ao fenômeno em estudo. A aplicação desse projeto utilizando os Java Applets é de grande importância, pois faz uso de simuladores virtuais associados ao uso do computador, como ferramentas para

compreender/explicar idéias, objetivos, eventos, processos ou sistemas e, ao mesmo tempo, promover uma evolução conceitual nos conteúdos em questão.

A tecnologia permeia nossa sociedade de várias maneiras, nossos estudantes estão cada vez mais inseridos em um mundo tecnológico, o domínio e o uso desses recursos modernos são facilmente absorvidos e as informações desejadas são facilmente acessadas. Enquanto isso, nossas aulas, estão reproduzindo a velha forma de ensinar, o uso do tradicional quadro negro e giz, o que pouco motiva nossos estudantes pela busca do conhecimento ou na sua participação do processo ensino-aprendizagem; não havendo assim, uma boa assimilação do conhecimento ministrado e muito menos uma aprendizagem significativa efetiva.

Ao perceber essa problemática lançamos a seguinte questão: ***O uso do computador, através de simuladores de fenômenos físicos em Java Applets, será capaz de despertar o interesse e promover a aprendizagem significativa, possibilitando uma aprendizagem efetiva de Óptica Geométrica em estudantes do ensino médio na disciplina de Física?***

De agora em diante, nosso projeto se empenha em verificar a nossa hipótese: ***A interação do estudante com simuladores em Java Applet como ferramenta auxiliar do processo ensino/aprendizagem de óptica geométrica, dinamizará tal processo , permitindo ao estudante trabalhar, de forma participativa, com conceitos e relações, tornando-se parte do seu processo de aquisição do conhecimento e, assim, desenvolvendo uma aprendizagem significativa.***

A metodologia seguida foi uma abordagem predominantemente qualitativa e foram selecionadas duas turmas do 2º ano do ensino médio de uma escola da rede particular de ensino de Taguatinga - DF, procurando garantir uma homogeneidade entre elas. A aplicação do projeto aconteceu em um total de 10 horas-aulas,

incluindo aí a aplicação de pré e pós testes, aulas com utilização do PowerPoint¹ e as aulas ministradas no laboratório de informática para a utilização dos Java Applets, assim como a aplicação de um questionário de opinião.

O objetivo principal do projeto foi o de desenvolver um material didático que, com o auxílio dos simuladores virtuais em Java Applet, fosse capaz facilitar e promover uma aprendizagem significativa da Refração em nível de ensino médio e, com isso, motivar os estudantes levando-os a participar, mais efetivamente, do processo ensino-aprendizagem. Nosso trabalho, aqui apresentado, se desenvolve através dos seguintes passos:

Revisão da Literatura: Foi feita uma revisão bibliográfica sobre novas tecnologias no ensino de Física e de Ciências. Esse levantamento foi realizado no período entre 1996 a 2005, nos seguintes periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Revista Brasileira de Educação em Ciência (RBPEC); Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF); Investigações em Ensino de Ciências (IENCI); Enseñanza de las Ciencias; Ciência & Educação.

Referencial Teórico: Adotamos como referencial teórico, a proposta de David Ausubel, que trata sobre a aprendizagem significativa. A nossa intenção, ao adotar os pressupostos desse autor, é a de promover uma aprendizagem duradoura, que passe a fazer parte de forma relevante, da estrutura cognitiva do aprendiz, permitindo que ele possa utilizar o conhecimento adquirido em outras instâncias do processo ensino-aprendizagem.

O Produto Educacional: Apresentação detalhada do material produzido e sugerido como proposta metodológica como resultado desse estudo.

¹ Microsoft Office PowerPoint 1997-2003.

Metodologia: Adotamos um delineamento quase experimental (Laville e Dionne, 1999), desenvolvendo, no entanto, um tratamento predominantemente qualitativo, devido às características dos sujeitos e do contexto da escola onde foi desenvolvido o estudo.

Resultados e Discussão: Fizemos aqui um levantamento de dados das informações coletadas durante o desenvolvimento do projeto, analisando os pré e pós-testes e analisamos as respostas do questionário de opinião.

Conclusão: São tecidas as considerações sobre a aplicação do projeto, desenvolvida uma discussão sobre os resultados encontrados e analisada a importância dessa nova metodologia de ensino e o seu impacto na rede de ensino.

Faremos agora uma descrição mais detalhada do projeto, onde, nos capítulos que se seguem, serão detalhadas todas as nuances de sua aplicação, começando pela revisão bibliográfica, fonte de consulta que nos guiou durante a verificação da nossa hipótese.

Capítulo 2 - REVISÃO DA LITERATURA.

Foi feita uma revisão bibliográfica sobre novas tecnologias no ensino de Física e de Ciências. Esse levantamento foi realizado cobrindo o período compreendido entre 1997 e 2006, nos seguintes periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Revista Brasileira de Educação em Ciência (RBPEC); Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF); Investigações em Ensino de Ciências (IENCI); Enseñanza de las Ciencias; Ciência & Educação.

Esta revisão permitiu balizar o nosso trabalho, considerando as principais conclusões e considerações dos autores sobre aspectos pertinentes ao desenvolvimento e aplicação do projeto proposto. Para melhor sistematizar as contribuições do nosso tema, organizamos essas publicações em seis categorias, a saber: categoria 1 – Análise Didática de Software; categoria 2 – Análise do Emprego de Software na Educação; categoria 3 – Análise das Concepções dos Docentes; categoria 4 – Modelagem Computacional; categoria 5 – Revisão de Literatura; categoria 6 – Outros.

2.1 - CATEGORIA 1: Análise Didática de Software.

Nos artigos dessa categoria, os processos de aprendizagem e desenvolvimento do ensino são avaliados em termos de uma análise pedagógica da aplicação de softwares educacionais no ensino de Física e avaliam sobre o nível de importância da utilização de software no ensino de Física. Nessa categoria são analisados sete artigos.

Santos, Otero e Fanaro (2000) discutem as vantagens e desvantagens didáticas do uso de software de simulação em Física; para isso, estabelecem

relações com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel-Novak-Gowin e com a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. O objetivo principal do trabalho é o de verificar se materiais instrucionais apoiados nas possibilidades das simulações poderiam contribuir no desenvolvimento de modelos adequados para raciocinar e compreender em Física, os quais sustentariam as geração de relações pertinentes e dotariam de significado as expressões matemáticas que servem para descrever o comportamento de um sistema físico. O que se pretende é fazer com que o estudante consiga produzir um conhecimento científico, tentando aproximá-lo ao máximo da linguagem da comunidade científica com a melhor aproximação possível; para isso, conta-se com a tríade Professor - Materiais Educacionais – Estudante.

As autoras relatam o funcionamento de duas simulações realizadas. A primeira demonstra todas as variáveis pertinentes ao plano inclinado, sendo relatados aspectos positivos e negativos da utilização da simulação. Ressaltam também a importância que o professor deve dar ao planejamento de sua aula para uma melhor interação com a simulação. A segunda simulação tem o propósito de conceituar o giro de uma esfera rígida e sua desaceleração devido à deformação da superfície sobre a qual rola; as autoras demonstram todas as possibilidades que o software oferece para esse estudo. Na conclusão, consideram que é aconselhável o uso de instrumentos que possibilitem visualizar aspectos de um fenômeno físico, o que dificilmente aconteceria com as aulas expositivas, principalmente pelo tempo requerido para trabalhar o conteúdo. Salientam também que o uso destas situações, se não forem acompanhadas por atividades de questionamento, reflexão e explicação a partir da teoria física, a consequência será a mecanização do conhecimento, sem significado para o estudante. Finalizam lembrando que nenhuma

simulação física pode ser confundida com a realidade e que não se pensa em substituir as atividades de laboratório, entendidas como indispensáveis.

Nogueira et al (2000) afirmam que os conceitos técnicos e cálculos concernentes ao ensino de Física têm no computador um auxílio importante à sua aprendizagem. Eles discutem a possibilidade de utilização do computador como instrumento de ensino, na perspectiva do conceito ausubeliano de aprendizagem significativa. Estes autores acreditam que uma das limitações imposta pelo uso do computador seja a comunicação (*interfase*) entre o estudante e a máquina; o trabalho tem como objetivo mostrar que um caminho possível para a obtenção de tal *interfase* é o desenvolvimento de um software denominado PIAGEF – Programa de Inteligência Artificial do Grupo de Ensino de Física. Para isso eles se apóiam na teoria cognitiva da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Este programa permite que o computador associe as palavras digitadas no teclado pelo estudante (ou mesmo verbalizadas no caso de uma máquina equipada com um sistema multimídia com processador de voz), formando o que se pode denominar de rede semântica, que serve de *interfase* entre o estudante e um programa especialista². Os *softwares* conectados ao PIAGEF têm a finalidade de tornar possível ao usuário interagir com situações problema propostos, a partir de sua própria linguagem, as quais envolvam concepções espontâneas e alternativas já pesquisadas, aplicados individualmente a estudantes de 8 a 18 anos.

De acordo com os autores, através da análise das diferenças do banco de dados, antes e depois da utilização do *software*, é possível identificar as estratégias utilizadas pelos estudantes e diagnosticar as mudanças conceituais ocorridas para subsidiar estratégias que promovam mudanças conceituais.

² Programa que, por meio de comandos específicos, executam um número limitado de tarefas correspondentes.

Segundo Rezende (2001), o computador pode ser significativo quando usado como um meio que proporcione a construção do conhecimento do estudante a partir do que ele já sabe; que o ajude a reestruturar e reorganizar seus conceitos quando necessário; que possibilite a auto-reflexão; que possibilite a relação com fenômeno do seu cotidiano e que ofereça um ambiente estimulante ao seu esforço de raciocinar e aprender. A autora afirma que a maior parte dos *softwares* educativos disponíveis no mercado tem privilegiado os recursos tecnológicos disponíveis e desprezado esse conhecimento.

Este trabalho investiga em que medidas as dificuldades conceituais em Mecânica Básica puderam ser trabalhadas e superadas por uma turma de estudantes do curso de licenciatura em Física da UFRJ em função da interação com o sistema hipermídia, denominado “FORÇA & MOVIMENTO”. Foram selecionados aspectos da abordagem teórica que concebem a aprendizagem como um processo de desenvolvimento contínuo e gradual, no qual o conhecimento do estudante é integrado ao conhecimento científico.

Um estudo piloto para a avaliação do sistema hipermídia foi realizado com três grupos de usuários: estudantes universitários, estudantes do Ensino Médio da rede pública e professores de Física do Ensino Médio da rede estadual. Foi aplicado um teste antes da sessão de computador, com questões semelhantes às situações físicas abordadas no sistema. Após as sessões, os estudantes foram entrevistados, tomando como referência os testes respondidos. Apenas os testes realizados pelo primeiro grupo de estudantes calouros universitários nas *tours* guiadas do sistema serviram de fonte para o estudo de suas dificuldades conceituais.

Os resultados se aproximaram da perspectiva teórica que atribui ao pensamento dos estudantes uma configuração fragmentada, sem consistência,

resumida na imagem de “conhecimento em pedaços”. Segundo a autora, o efeito da interação com o sistema hipermídia “F&M” sobre a reestruturação conceitual dos calouros universitários pôde ser observada através da expressiva mudança de pontos de vista exibida pelos estudantes, durante as entrevistas sobre os testes respondidos antes das sessões. Levando em consideração que os ganhos obtidos no teste seriam indicadores do processo de reestruturação conceitual dos estudantes ao longo do curso, parece que se pode atribuir ao sistema uma influência positiva nesse processo.

Medeiros e Medeiros (2002) abordam a importância das animações e das simulações no ensino da Física com uma apresentação das argumentações de alguns de seus defensores, as quais são contrastadas com as argumentações de parte relevante de seus críticos. O propósito é encorajar uma visão mais crítica e equilibrada do uso da informática educacional. O artigo lista uma série de possibilidades das simulações computacionais no ensino da Física, levando em consideração que a aprendizagem da Física requer uma alta dose de abstração e que, muitas vezes, lida com fenômenos que estão fora do alcance dos sentidos humanos e a dificuldade de, por exemplo, representar movimentos e processos através de ilustrações estáticas.

Os defensores da informática no ensino da Física têm apontado o uso de animações por computador como uma solução para tais problemas. A interatividade do aprendiz com o computador consiste no fato de o programa ser capaz de fornecer não apenas uma animação isolada de um fenômeno em causa, mas uma vasta gama de animações alternativas selecionadas através do *input* de parâmetros pelo estudante. As simulações podem ser vistas como representações ou

modelagens de objetos específicos, reais ou imaginários, de um sistema de fenômenos.

Algumas limitações das simulações computacionais no ensino da Física são colocadas como, por exemplo, a de que uma animação não é, jamais, uma cópia de um sistema real; seria primordial notar que um sistema real é freqüentemente muito complexo e as simulações que o descrevem são sempre baseadas em modelos que contêm, necessariamente, simplificações e aproximações da realidade.

Os autores lembram que existe uma diferença significativa entre o ato de um experimento real e de uma simulação computacional, a qual pode comunicar concepções do fenômeno oposto àquele que o educador pretendia veicular com o seu uso. Os autores concluem que as pesquisas não defendem o abandono da Informática Educacional, mas apenas apontam para a necessidade de uma utilização mais reflexiva, equilibrada e nunca exclusiva.

Fiolhais e Trindade (2003) ressaltam a dificuldade de aprendizagem dos estudantes em Física. As razões desse insucesso na aprendizagem, segundo os autores, estão relacionadas aos métodos inadequados de ensino, à reduzida capacidade de abstração dos estudantes e, ainda, à não utilização de meios mais modernos da pedagogia em sala de aula. Faz-se, então, necessário a atualização dos instrumentos pedagógicos na obtenção de técnicas mais atraentes que coloquem ênfase na compreensão qualitativa dos princípios físicos fundamentais.

Os autores dividem os principais modos de utilização do computador em cinco: aquisição de dados por computador, modelização e simulação, multimídia – hipertexto, realidade virtual e internet. Eles avaliam que a utilização do computador no ensino revela-se inegavelmente positivo, não somente no aspecto de ensino como também no aspecto afetivo, como as relações professor-estudante e

estudante-estudante; afirmam que as novas tecnologias devem ser integradas às velhas metodologias. Afirmam, ainda, que os modos de utilização que disponibilizam formas de aprendizagem interativas são particularmente promissores para aprender Física, mas que isso só poderá ser totalmente realizado se existirem programas educativos de suficiente qualidade; para isso, devemos atentar para uma boa avaliação do *software* a ser utilizado. Os autores concluem que a tecnologia por si só não basta, cabendo ao professor um papel essencial na forma de viabilização desses meios pedagógicos e, aos estudantes, um esforço efetivo de aprendizagem.

Bohigas, Jaén e Novell (2003) relatam que os professores têm utilizado o quadro-negro e outros recursos em suas aulas para conduzir o processo de ensino-aprendizagem e que em alguns casos o computador também é utilizado sob tutela do professor. Segundo Guisasola (apud Bohigas, Jaén e Novell, 2003, p. 464), existem três diferentes maneiras de se utilizar o computador: emprego de software de propósito geral, para obtenção de dados e para aplicações específicas. O artigo ressalta que a internet é uma poderosa ferramenta para se conseguir uma aprendizagem mais ativa e motivadora e que os Applets³ podem ser utilizados pelos professores para melhorar suas aulas.

Os applets relacionados com a Física são chamados de fislets e suas principais características são: programas relativamente pequeno; utilizados diretamente sobre a mesma página; facilmente configuráveis; possuem interatividade e são distribuídos gratuitamente. Outros softwares educacionais específicos, uma vez adquiridos, devem ser periodicamente atualizados e as suas licenças de uso se restringem a um número pré-determinado de computadores, o que pode representar tempo e dinheiro.

³ Programa de computador em linguagem Java, (Java-Sun).

Um dos critérios para utilização de um fislet é separar aqueles que simulam um fenômeno qualitativo, daqueles que permitem obter resultados numéricos; para isso, devemos saber o que queremos de nossos estudantes. É aconselhável elaborar uma atividade de forma que se façam perguntas aos estudantes, as quais, para responder, eles devem interagir necessariamente com os fislets, podendo manipular a evolução do sistema físico de maneira controlada. Os fislets são recomendados para três situações: investigações de sistemas físicos, simulação de sistemas físicos e ajuda na aprendizagem de conceitos abstratos.

Os fislets também podem ser utilizados ao introduzir um tema, ou antes de introduzir um conceito, para realizar um diagnóstico das concepções prévias dos estudantes, identificar e realizar atividades para corrigi-las, se necessário. A utilização de computadores permite, em muitas ocasiões, a criação de pequenos grupos de estudo, situação que provoca discussão entre os membros do grupo, e entre outros grupos, propiciando uma interação entre os estudantes. Outro ponto a considerar é o de que os estudantes podem realizar as atividades tanto em sala de aula, sob orientação do professor, quanto em sua casa, através de uma atividade orientada, se tiverem conexão à internet em suas residências.

O autor conclui que as novas tecnologias que estão permeando o âmbito educacional são ferramentas úteis para melhorar o ensino e a aprendizagem. Com a enorme quantidade de fislets que podem ser acessados gratuitamente na internet, podemos escolher aquele que se adapta melhor às nossas necessidades didáticas. Com os fislets, os estudantes podem realizar experiências de simulações na escola ou na sua casa, levando a Física para fora do âmbito escolar. Lembra que a utilização dos fislets não implica necessariamente em uma nova metodologia, e sim

na incorporação de uma nova ferramenta de ensino que poderá conduzir a um replanejamento didático, melhorando a prática do professor.

Giordan (2005) discute algumas das principais questões sobre a presença do computador nas aulas de Ciências referindo-se às primeiras experiências de utilização do computador, ao uso da internet e às atividades desenvolvidas diante do computador. São discutidas também algumas questões de pesquisa em Educação e conceitos da teoria da ação mediada.

Este autor desenvolve uma análise crítica ancorada em hipóteses da Teoria da Ação Mediada Wertsch (apud Giordan, 2005, p.280), a qual sugere a existência de algumas propriedades importantes da ação mediada, dentre as quais se destaca a interpretação do processo de internalização, segundo uma perspectiva de domínio e apropriação. Tendo em vista os conceitos construídos a partir da Teoria da Ação Mediada, o autor analisa algumas das contribuições que julga mais representativas, de seis formas ou situações de utilização do computador na sala de aula de Ciências, para, ao final, indicar algumas perspectivas para um programa de pesquisa na área. Dentre as seis formas, destacamos as simulações e animações, onde os aplicativos de simulações transpõem o fenômeno para o plano simulado mediante a programação do computador, de modo a reproduzir as leis físicas que regem o fenômeno e, também, a representar simultaneamente o fenômeno na tela do computador, o que, através de controle de variáveis, contribui para a apropriação do pensamento científico.

O autor conclui defendendo a necessidade de se investigar como estudantes e professores interagem diante do computador em situações de ensino. Este parece ser o cenário prioritário de pesquisas quando se pretende avaliar as possibilidades e limitações de uso de um meio mediacional que condiciona fortemente as ações de

ensino e também os processos de aprendizagem e desenvolvimento de funções mentais superiores.

2.2 - CATEGORIA 2: Análise do Emprego de Software na Educação.

Os artigos dessa categoria avaliam softwares utilizados para fins educacionais, demonstram algumas experiências de utilização desses softwares, investigam suas utilizações e potencialidades, enquanto ferramentas computacionais. Nessa categoria se enquadram quatro artigos.

Cavalcante et al (1999) apontam algumas possibilidades da utilização de sistemas informatizados para a coleta e análise de dados em medidas físicas, visando a construção de conhecimento físico através de um processo vivencial. Os autores afirmam que quando se aborda o desenvolvimento da Física nos últimos anos, independente da natureza teórica ou experimental, percebe-se claramente a imensa influência dos computadores na resolução de problemas.

No que se refere a problemas experimentais, a possibilidade de controle de variáveis durante longos períodos de tempo, o controle simultâneo de diferentes grandezas físicas e a aquisição informatizada de dados, permitiram trazer à tona fenômenos que anteriormente não podiam ser observados. Os autores ressaltam que as potencialidades do uso de computadores no ensino de Física são grandes e, entre elas, citam: coleta e análise de dados em tempo real, simulação de fenômenos físicos, instrução assistida por computador e outros. Rosa (apud Cavalcante et al, 1999, p. 128), apresenta uma Tabela de categorias de classificação de trabalhos estudados que permite dar uma visão geral da utilização dos computadores na área da Física.

Os autores procuram mostrar as potencialidades de um laboratório assistido por computador, resultado do trabalho de pesquisa e desenvolvimento de um Banco de Pesquisa em Mecânica Avançada. O experimento é relativo a um equipamento constituído basicamente de um plano inclinado que pode assumir diferentes inclinações e permite estudar princípios básicos de cinemática e dinâmica; acoplado a ele há foto sensores ligados ao computador para coleta de dados das medidas que se pretende realizar. A partir de situações concretas oferecidas pelo instrumental, que permite uma análise do experimento em tempo real, procede-se a apresentação de um problema vinculado ao conteúdo que se deseja desenvolver.

Através dos recursos oferecidos pelo equipamento podemos analisar fenômenos reais e, a partir das observações, elaborar modelos simplificados desta realidade. Os autores concluem que, utilizando um laboratório assistido por computador, o estudante passa a questionar os limites de utilização dos modelos estabelecidos, uma vez que o experimento pode ser executado de formas distintas e em diferentes condições de contorno devido à rapidez com a qual os dados são coletados e analisados.

Rezende e Barros (2001) apresentam resultados de uma pesquisa que investigou a interação de um grupo de calouros a visitas guiadas⁴ ao sistema hipermídia “Força e Movimento”, onde são discutidas algumas das dificuldades conceituais dos estudantes já identificadas na literatura que reaparecem na interação, assim como a possibilidade do sistema contribuir para sua superação.

O sistema hipermídia “F&M” é composto por um conjunto de telas, representadas essencialmente por simulações de fenômenos físicos e textos explicativos, selecionados para discutir as relações entre força e movimento, as

⁴ Quando se estabelece um sentido e uma ordem à navegação no sistema hipermídia.

quais derivam de três classes fundamentais: Situação Física, Leis do Movimento e Conceitos Físicos. Tal sistema tem como característica principal a organização não-linear da informação em função das ligações entre os conceitos que o usuário decide seguir, mas pode comportar seqüências de informações definidas previamente.

O sistema “F&M” foi utilizado por 14 calouros universitários matriculados na disciplina “Introdução à Física” do curso noturno de Licenciatura em Física de UFRJ. Nas primeiras sessões os estudantes exploraram livremente o sistema, na segunda sessão foram realizadas visitas guiadas às situações de Queda Livre, Lançamento Vertical e Lançamento Oblíquo. Imediatamente antes das sessões os estudantes responderam a testes escritos relacionados às situações de Queda Livre, Lançamento Vertical e Lançamento Oblíquo e após a interação com o sistema hipermídia, foram entrevistados individualmente pelas pesquisadoras. O resultado mais importante deste estudo parece ter sido a expressiva mudança de pontos de vista dos estudantes em relação às respostas aos testes realizados antes das sessões de computador, nas considerações feitas por eles durante as entrevistas que se realizaram após essas sessões. O fato de haver as mudanças de pontos de vistas indicou, segundo as autoras, que as visitas guiadas do sistema “F&M” podem facilitar, para o estudante, o processo de reestruturação conceitual, servindo principalmente como espaço de reflexão e integração de suas concepções ao conhecimento científico.

Cavalcante, Piffer e Nakamura (2001) apresentam uma abordagem sobre a descoberta do núcleo atômico utilizando desde recursos experimentais até simulações computacionais de uma maneira interdisciplinar, permitindo ao

estudante, desse modo, desenvolver a capacidade de investigação física utilizando-se de diferentes técnicas de aprendizagem.

Este artigo apresenta uma proposta que visa a contribuir com o entendimento dos conceitos de espalhamento, ao se introduzir tópicos de física moderna a partir da utilização de recursos computacionais disponíveis gratuitamente na *web*. Através da simulação, sugere-se ao estudante que estudos da dependência do espalhamento alfa sejam efetuados em função da energia da partícula incidente e do número atômico do alvo. Os autores concluem que é possível tratar este tema com a devida importância histórica, fornecendo, sobretudo, recursos computacionais para um melhor entendimento desta descoberta, mostrando ao estudante que a produção do conhecimento se faz através de um processo dinâmico.

Machado e Santos (2004) analisam os resultados da avaliação de um software hipermídia destinado ao ensino aprendizagem da Física. Para isso, foi desenvolvido, aplicado e avaliado um sistema hipermídia para o ensino de Gravitação Universal, com base nas pesquisas em ensino de Ciências.

O estudo desenvolvido refere-se especificamente ao chamado construtivismo cognitivista, envolvendo idéias de Ausubel e Piaget; trabalha também a psicogênese de conceitos. As aplicações de tais pressupostos na prática de ensino evidenciam que o conhecimento é construído e os professores podem intervir nessa construção, colaborando para o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos estudantes.

“A hipermídia é um ambiente ideal para auxiliar os estudantes a estabelecerem conexões entre os assuntos, pois possibilita criar facilmente ligações, conceitos, definições, representações e aplicações relacionadas, ampliadas com a adição de som, movimento e gráficos”. Babbit e Usnick, (apud Machado e Santos, 2004).

Desse modo, ao percorrer um sistema hipermídia, o estudante pode estabelecer, conforme seu interesse, diversas associações entre os assuntos inter-relacionados, mediante uma exploração ativa que favorece a ampliação de sua visão sobre um determinado tema de estudo, sua capacidade de associar idéias e a integração de novos conceitos em sua estrutura cognitiva.

As observações revelaram que, de modo geral, o courseware⁵ alcançou seus objetivos de tornar a aprendizagem mais motivadora, interessante e significativa, conseguindo gerar o engajamento dos estudantes nas atividades propostas, podendo tornar a aprendizagem mais motivadora mediante os recursos audiovisuais e a capacidade de propiciar o estabelecimento de conexões entre conceitos de modo rápido e eficiente.

2.3 - CATEGORIA 3: Análise das Concepções dos Docentes.

Os artigos dessa categoria desenvolvem uma análise das concepções dos docentes e discutem a formação de professores a respeito do uso da tecnologia em sala de aula. Essa análise se faz necessária pois o preparo e a motivação desse professor são fatores essenciais para a aplicação e o desenvolvimento do projeto proposto. Essa categoria comporta dois artigos.

Utges, et al (2001) afirmam que os trabalhos que analisam as concepções dos professores a respeito da tecnologia e seu modo de abordá-las em sala de aula são escassos, ou quase inexistentes. Por outro lado, por tratar-se de uma área nova, não existem professores com formação específica para tal e por isso, professores de outras áreas se convertem a ela, predominando professores de Ciências,

⁵ O termo courseware é empregado para denominar um software educacional utilizado na qualidade de material instrucional para a realização de um curso em determinada área do conhecimento.

especialmente de Física. Este trabalho destina-se a caracterizar o entendimento dos professores de Ciências sobre o assunto.

O artigo caracteriza cinco teorias implícitas sobre a tecnologia e seu ensino e analisa como se distribui as preferências dos professores por estas teorias. Entre estas teorias vale apenas ressaltar a teoria 3, a da tecnologia da informação.

“A utilização de software educativo como um recurso para aprendizagem, o uso de utilitários simples, a incorporação da Internet para a escola, valorizam as atividades por esta corrente. Acredita-se que a formação adequada dos futuros cidadãos é impossível se não dominar estas novas tecnologias” (Utges et al, 2001)

Os autores concluem que o pensamento dos professores que têm a função de ensinar tecnologias não é homogêneo; pelo contrário, eles a reconhecem de modos diferentes, tanto a maneira de se entender a tecnologia, como a maneira que esta deve ser abordada na escola.

Mayer, et al (2001) investigam a percepção de seis professores sobre as diferenças entre suas atuações no Ensino Presencial e no Ensino a Distância. Os autores discorrem sobre a introdução das novas tecnologias no ensino de Ciências e a prática pedagógica, concluindo que uma mudança de paradigma na comunicação professor-estudante e estudante-estudante é inteiramente compatível com a visão dos PCN'S. No estudo foram realizadas entrevistas semi-estruturadas e analisadas com relação a três aspectos, quais sejam: interação professor-estudante, características das formas de ensino e o desenvolvimento de competências nos modos de ensino presencial e a distância. Com relação ao primeiro, observaram que o uso do computador não muda a postura do professor com relação ao processo ensino-aprendizagem. Com relação à questão afetiva, todos reconhecem a necessidade de estabelecer um clima de satisfação entre os estudantes e na relação

professor-estudante. Com relação ao desenvolvimento de competências, os autores concluem que não basta passar informações para o estudante, é preciso criar situações nas quais ele faça algo, podendo ser auxiliado pelo professor.

2.4 - CATEGORIA 4: Modelagem Computacional.

Os artigos dessa categoria tratam sobre a modelagem e a informática, investigando a integração de atividades de modelagem com a tecnologia da informação e comunicação, no contexto educacional. Nessa categoria são analisados quatro artigos.

Veit e Teodoro (2002) tratam sobre a importância da modelagem no ensino/aprendizagem de Física em conexão com os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio (PCNEM). Com isso, discutem a utilização das novas tecnologias de informação e comunicação, especialmente o computador, como uma ferramenta para auxiliar a construção do conhecimento.

A justificativa para a aplicação do trabalho vem da organização do currículo em três grandes áreas: Linguagem e Códigos, Ciências da Natureza e Matemática e Ciências Humanas; cada uma delas vem acompanhada por suas tecnologias, dentre elas o computador. Dentre as competências e habilidades a serem desenvolvidas nas áreas de *Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*, muitas delas seriam diretamente beneficiadas pelo uso da modelagem, especialmente se utilizarmos uma ferramenta computacional como o *Modellus*. Dispondo dessa ferramenta computacional, o processo de modelagem adquire contornos mais concretos pois o aprendiz pode utilizar esta função em um contexto específico e explorar o significado dos seus parâmetros e da função em si, especialmente se a ferramenta

computacional dispensar o conhecimento de uma linguagem especial de programação.

Os autores concluem que agregar uma nova tecnologia que facilite o processo de aprendizagem e que contribui para o desenvolvimento cognitivo, propicia uma melhor compreensão da Ciência e da Tecnologia, inclusive aos estudantes que não prosseguirão seus estudos ao término do ensino médio.

Santos, Greca e Serrano (2003) relatam uma experiência de utilização de um *software* de simulação na disciplina de Química Geral. A utilização do *software* na disciplina tem o objetivo de possibilitar aos estudantes a modelização e a visualização do comportamento microscópico de soluções, para a construção dos conceitos envolvidos no conteúdo de Forças Intermoleculares. Os autores afirmam que as simulações servem para entender as propriedades físicas quando não é possível resolver analiticamente um problema, por sua complexidade. Elas proporcionam um controle muito grande sobre o sistema, o que não se consegue em situações experimentais e, além disso, permitem explorar situações imaginárias.

Os resultados preliminares indicam que os estudantes têm um ganho considerável com a utilização deste tipo de ferramenta, as quais lhes permitem não apenas visualizar e representar o comportamento cinético-molecular dos sistemas discutidos, como também os tornam capazes de aprender a utilizar diferentes representações com certa competência.

Os pré-testes realizados pelos estudantes sugerem que eles não conseguem, a partir da análise de eventos reais, utilizarem os conceitos apresentados em classe para resolver as questões propostas. No pós-teste, os estudantes, majoritariamente, passam a utilizar satisfatoriamente os conceitos envolvidos nas interações entre as moléculas da água. Os autores concluem que este estudo revelou a potencialidade

da ferramenta computacional para a formação do pensamento em Química no que se refere às relações entre fenômenos e as representações do comportamento cinético-molecular.

Araujo, Veit e Moreira (2004) analisam as principais dificuldades dos estudantes na interpretação de gráficos da Cinemática onde, se investiga a possibilidade de propiciar condições favoráveis à aprendizagem significativa, através da aplicação de atividades de modelagem computacional. Os autores indicam a interatividade entre o estudante e o experimento como o fator decisivo nas situações onde houve aprendizagem levando à hipótese de que o uso de um *software* de modelagem computacional pode, também, contribuir para a efetivação de uma aprendizagem significativa.

O desenvolvimento da proposta visa a utilização do computador para a aquisição de dados em tempo real (proposta MBL: “Microcomputer-Based Laboratory”), onde suspeita-se que a interatividade seja a força motriz na melhoria da interpretação de gráficos ocasionada pelas atividades envolvendo MBL e que as atividades exercem uma influência positiva na predisposição do indivíduo para aprender Física.

Dentre as várias possibilidades de uso da informática no ensino de Física, os autores optaram pela modelagem computacional, por acreditarem que esta seja a que melhor possibilita a interação dos estudantes como o processo de construção e análise do conhecimento científico, permitindo que compreendam melhor os modelos físicos e discutam o contexto de validade dos mesmos.

Rampinelli e Ferraciolli (2006) apresentam o relato de uma experiência que integra a tecnologia da informação e comunicação aos processos de ensino e aprendizagem de tópicos específicos a Física, através dos conceitos de modelo e

modelagem computacional. Segundo os autores, uma forma de integrar a tecnologia da informação e comunicação ao contexto educacional é através do uso dos conceitos de modelagem e modelagem computacional. Para tanto, se faz necessário um investigação que inclua tanto o desenvolvimento de atividades de modelagem quanto seu efetivo uso em sala de aula, para que se possa concluir sobre as reais possibilidades de sua integração; por essa perspectiva, as atividades de construção de modelos podem ser desenvolvidas como: *exploratórias* - modelo previamente construído por especialistas de forma a possibilitar a análise do problema; *expressiva* - onde o estudante é levado a desenvolver modelos a partir de suas próprias concepções e *semi-expressiva* - que trabalha a expressiva com auxílio de um especialista.

Uma atividade semi-expressiva foi estruturada a partir dos *passos de construção de modelos*, cujo objetivo foi o de levar a uma reflexão de um modelo inicial, no papel, e, posteriormente, representá-lo no ambiente de modelagem computacional. Os autores concluíram que na realização do módulo final sobre colisões, desenvolvido após 12 horas de envolvimento com conceitos relacionados à modelagem computacional, foi possível observar uma evolução da maioria dos estudantes envolvidos no curso, o que estimulou a discussão sobre a construção dos modelos apresentados e a reflexão sobre os seus próprios modelos na atividade semi-expressiva.

2.5 - CATEGORIA 5: Revisão de Literatura.

Essa categoria versa sobre a revisão na literatura referente ao uso de tecnologias computacionais no ensino de Física, em nível médio e universitário. A categoria é importante para que possamos saber o que vem sendo feito no que diz

respeito ao uso de tecnologias computacionais no ensino de Física. Nesta categoria é analisado um artigo.

Araújo e Veit (2004) apresentam os resultados de uma revisão da literatura referente ao uso de tecnologias computacionais no ensino de Física em nível médio e universitário. O objetivo da revisão é o de mapear trabalhos envolvendo o computador no ensino de Física em nível superior e médio, identificando as principais modalidades pedagógicas de seu uso e os tópicos de Física escolhidos como tema em artigos publicados pelas principais revistas da área desde os anos noventa.

Os autores separam em sete modalidades pedagógicas o uso do computador, tal como abordado na literatura: 1 - instrução e avaliação mediada pelo computador; 2 - modelagem e simulação computacional; 3 - coleta de dados em tempo real; 4 - recursos multimídia; 5 - comunicação à distância; 6 - resolução algébrica/numérica e visualização de soluções matemáticas e 7 - estudo de processos cognitivos.

Os autores concluem que os trabalhos estão concentrados maciçamente em tópicos relacionados à Mecânica Newtoniana, abordada majoritariamente por meio de modelagem e simulação computacional, enquanto é baixa a escolha de tópicos relacionados à Ótica e à Física Moderna como temas de investigação/suporte. Devido à baixa quantidade de trabalhos de pesquisa ou propostas com alguma avaliação empírica, apenas 50 publicações, os autores concluem também que se faz necessário um maior esforço no sentido de que mais pesquisas sejam desenvolvidas neste campo ou que as atividades de desenvolvimento sejam conduzidas mais próximas das atividades de pesquisa, evidenciando um referencial teórico sobre aprendizagem e uma concepção teórica sobre como o sujeito aprende, para não se confundir, desenvolvimento instrucional com pesquisa.

2.6 - CATEGORIA 6: Outros.

Nessa categoria são analisados dois artigos, um que sugere uso de imagens e outro que sugere o uso de filmes para o ensino de Ciências.

Clebsch e Mors (2004), em um relato de experiências, propõem a utilização de trechos de filmes produzidos pela indústria cinematográfica como elemento motivador de estudantes do Ensino Médio, no estudo de um tema específico de Física. Relatam a dificuldade dos estudantes no ensino de Física e afirmam que a aprendizagem na área das Ciências da Natureza deve ter pretensões formativas e não simplesmente o acúmulo de conhecimento e que, dentro desse quadro, faz-se necessário criar alternativas e ferramentas que auxiliem o professor, promovendo ao máximo o crescimento cognitivo do estudante. Para isso, é preciso, então, produzir materiais que possam ser diretamente utilizados pelos professores, que motivem os estudantes, que possibilitem o uso de recursos disponíveis nas escolas e que contribuam com a reforma do ensino no Brasil.

Os autores fazem um breve relato na literatura sobre experiências com o uso de vídeo como recurso didático, concluindo que o vídeo pode ser um poderoso instrumento em aulas de Física. Como metodologia, após a apresentação de cenas ditas motivadoras, de um determinado tópico, foram desenvolvidas diferentes estratégias como leitura, aula expositiva, saída de campo, resolução de exercícios e experimentos a fim de trabalhar o bloco de conteúdos previstos para aquela cena.

Como conclusão, e segundo os estudantes, a aula ficou mais descontraída, dinâmica, diferente e interativa; por isso, os autores sugerem que os professores utilizem trechos de filmes como mais uma estratégia para diversificar o ensino, como atividade lúdica e elemento motivador.

Silva et al (2006) mostram a necessidade de se estudar com mais profundidade o papel da formação de professores na construção dos modos de mediação do uso de imagens no ensino de Ciências. O uso de imagens constitui parte fundamental das práticas de ensino. Segundo os autores, há um consenso entre vários autores sobre o fato das imagens desempenharem importante papel pedagógico no processo de ensino-aprendizagem.

O objetivo foi o de sondar representações associadas ao uso de imagens no sentido de obter subsídios sobre a relação dos professores com elas e propiciar uma experiência de produção de sentidos sobre imagens em que a leitura dos estudantes ficasse em primeiro plano em relação à do professor.

Os autores concluem que a experiência de haver lido e interpretado imagens, num contexto em que múltiplos sentidos foram produzidos, e não apenas olhado para elas, como normalmente fazemos cotidianamente e automaticamente, parece ter marcado profundamente os professores-cursistas. Os autores acreditam que propiciaram a vivência de uma outra relação dos sujeitos com as imagens, ou seja, intervíram na constituição histórico-social de seus modos de leitura ao deslocá-los em direção a outros modos de leitura e relação com as imagens. Ensinar Ciência utilizando imagens, ou textos, significa trabalhar como esses materiais participam do processo de significação, o que faz associar aprendizagem da Ciência com aprendizagem da leitura, seja de imagens ou de textos.

Após essa revisão de literatura, constatamos que já há algum tempo o tema computador e ensino vem sendo desenvolvido e pesquisado por diversos autores. A utilização das novas tecnologias vem sendo aplicada de diversas maneiras e em diversas áreas da Física. O computador tornou-se, então, uma ferramenta de grande

utilidade também no ensino. Saber utilizar seus recursos é um fator importante para o processo de aprendizagem e isso o professor não pode mais ignorar.

Nessa perspectiva, devemos trabalhar o computador como ferramenta de auxílio à aprendizagem significativa, privilegiando seus recursos tecnológicos assim como destacam Nogueira et al (2000) e Rezende (2001). A necessidade de técnicas atraentes de ensino mostra o computador como algo inegavelmente positivo, pois sua influência na predisposição para aprender Física possibilita uma melhor interação dos estudantes na construção do conhecimento, concordando com as pesquisas de Araújo (2004), lembrando sempre que o professor é pessoa essencial na viabilização do processo e na avaliação de softwares a serem utilizados.

Muitos são os softwares destinados ao ensino de Física e os mais citados são os softwares de simulação de fenômenos físicos pois, através deles, podemos observar efeitos difíceis de serem observados analiticamente. Segundo Rezende (2001), a simulação oferece uma grande contribuição para a reestruturação conceitual e a integração de concepções para uma melhor aproximação ao conhecimento científico. A importância da simulação está na representação ou modelagem de fenômenos e na interatividade do aprendiz; estas características são encontradas nos applets, programas em linguagem Java encontrados gratuitamente na internet, os quais são configuráveis e interativos. Os softwares comerciais normalmente utilizados demandam mais recursos pois, em sua maioria, são pagos e limitados a um determinado número de computadores e sempre dependentes de atualizações que também são onerosas às instituições de ensino.

A linguagem de programação Java tornou-se uma importante ferramenta para as propostas de ensino que utilizam de ambientes virtuais. Na área de Ciências, ela está por traz dos laboratórios virtuais, ambientes que simulam determinados

fenômenos físicos e processam em pequenos programas conhecidos como applets. Esse interesse, tanto no número de publicações como no número de sites envolvendo simulações baseadas em propostas pedagógicas, deve-se às inúmeras vantagens oferecidas pelo uso dessas ferramentas de ensino, em especial no de Ciências, com a utilização de laboratórios virtuais.

Com o observado nessa revisão, pudemos verificar que a proposta do uso dos simuladores de situações físicas em Java Applets, aplicados ao ensino de Física, principalmente em Óptica Geométrica, está em concordância com os autores pesquisados, por serem os simuladores capazes de viabilizar a aprendizagem significativa assim como encontrado em Santos (2000), Nogueira et al (2000), Machado et al (2004) e Araujo (2004) e, dessa forma, podemos fornecer aos estudantes, segundo Ausubel, subsunçores, mesmo que ainda que pouco elaborados.

Capítulo 3 - REFERÊNCIAL TEÓRICO:

O referencial teórico adotado para dar suporte a esse trabalho é a proposta de David Ausubel, que trata da aprendizagem significativa; uma aprendizagem que proporciona a aquisição de um conhecimento que se torne parte relevante da estrutura cognitiva do aprendiz de maneira que ele possa utilizar tal conhecimento adquirido em novas instâncias de aprendizagem e assim possibilitar a interação da nova informação com a sua estrutura cognitiva pré-existente.

David Ausubel (apud Moreira, 2006, p.13), considera como mais importante para o ensino e a aprendizagem, aquilo que o estudante já sabe. Ele se refere à estrutura cognitiva, ao conteúdo total e organizacional das idéias do indivíduo, ou, no contexto da aprendizagem de determinado assunto, o conteúdo e a organização de suas idéias nessa área particular do conhecimento. O conceito central de sua teoria é o da aprendizagem significativa, um processo pelo qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Neste processo existe uma interação com uma estrutura de conhecimento específica conhecida como subsunçor, existente na estrutura cognitiva de quem aprende.

Dizemos então que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação *ancora-se* em conceitos relevantes, chamados de subsunçores, preexistentes na estrutura cognitiva. Isso não se restringe à influência direta dos conceitos já aprendidos significativamente sobre componentes da nova aprendizagem, mas abrange também modificações significativas em atributos relevantes da estrutura cognitiva, pela influência do novo material. Apresentar ao estudante um material que seja diferente em seu histórico acadêmico e um

procedimento de ensino que fuja do seu cotidiano, poderá influenciar positivamente em seu aprendizado na perspectiva de torná-lo mais significativo. Na medida em que esses novos conceitos, com o auxílio do novo material, forem aprendidos de maneira significativa, isso resultaria em crescimento e elaboração dos conceitos subsunçores iniciais, onde os conceitos ficariam mais abrangentes e elaborados e mais capazes de servir de subsunçores para novas informações.

A aprendizagem significativa caracteriza-se por uma interação entre aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, pelas quais estas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva. Ausubel (apud Moreira, 2006) define aprendizagem mecânica (ou automática) como sendo aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. A informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuem para sua elaboração de diferenciação; essa aprendizagem se faz necessária quando o aprendiz não apresenta nenhum subsunçor em sua estrutura cognitiva.

Uma das condições para ocorrência de aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essa característica é dito potencialmente significativo. Para que o material seja realmente significativo ele deve envolver dois fatores principais, a natureza do material, em si, e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto ao material, ele deve ter

significado lógico de modo que possa ser relacionado às idéias correspondentemente relevantes. No que se refere à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material é relacionável. Para isso, ao preparar uma aula, deve-se levar em conta esses fatores. Nesse projeto em questão, idealizamos um material que envolve essas características, como, por exemplo, um mapa conceitual para a orientação didática na construção do material e de toda a seqüência na utilização dos applets no laboratório de informática. Segundo Moreira (2006), os mapas conceituais são representações concisas das estruturas conceituais, podendo ser usados para mostrar relações hierárquicas entre conceitos ensinados em uma sala de aula, em uma unidade de estudo, ou em um curso inteiro, provavelmente facilitando a aprendizagem.

Em nosso trabalho, as aulas sobre Reflexão da luz e Espelhos Planos e Esféricos, conteúdos anteriores a aplicação do projeto, forneceram, acreditamos, os subsunçores relevantes na estrutura cognitiva dos estudantes, pré-requisitos necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

Outra condição para que haja uma aprendizagem significativa é a de que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar, de maneira substantiva e não arbitrária, o novo material, dito potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. À procura dessa disposição no estudante, utilizamos a informática como um motivador, fugindo das aulas tradicionais e introduzindo um novo recurso na expectativa motivacional da aprendizagem. Ausubel (apud Moreira, 2006) propõe, ainda, o uso de organizadores prévios que sirvam de ancoradouros para o novo conhecimento e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. Organizadores prévios são materiais introdutórios,

apresentados antes do próprio material a ser aprendido, porém, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade do que esse material.

“a principal função do organizador prévio é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara”. Ausubel (apud Moreira, 2006, p.23).

Em nosso caso, o material apresentado ao estudante, foram aulas em PowerPoint, usado na expectativa de prover subsunçores relevantes para o conteúdo a ser ensinado. Esses subsunçores sustentam uma relação superordenada com o novo material, fornecendo, em primeiro lugar, ancoradouro ideacional, em termos do que já é familiar ao aprendiz. Os slides apresentados antes das aulas no laboratório de informática contêm materiais introdutórios com a finalidade de prover uma moldura ideacional para a incorporação estável e a retenção do material mais detalhado e diferenciado que vem após, isto é, daquilo que deve ser aprendido, bem como aumentado a discriminabilidade, entre esse material e os applets, apresentado no laboratório de informática.

Ausubel (apud Moreira, 1999) define três tipos de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e proposicional. A aprendizagem representacional é o tipo mais básico de aprendizagem significativa do qual os demais dependem. Envolve a atribuição de significados a determinados símbolos, isto é, a identificação, em significado, de símbolos com seus referentes. Os símbolos passam a significar para o indivíduo, aquilo que seus referentes significam. A aprendizagem de conceitos é, de certa forma, uma aprendizagem representacional, pois conceitos são, também, representados por símbolos particulares, porém são genéricos ou categóricos já que representam abstrações dos atributos criteriais (essenciais) dos referentes, isto é, representam

regularidades em eventos ou objetos. Na aprendizagem proposicional, contrariamente à aprendizagem representacional, a tarefa não é aprender significativamente o que palavras isoladas ou combinadas representam, e sim aprender o significado de idéias em forma de proposição. De certa forma, as palavras combinadas em uma sentença para construir uma proposição representam conceitos.

A tarefa, no entanto, também não é aprender o significado dos conceitos e sim o significado das idéias expressas verbalmente por meio desses conceitos, sob forma de proposição; quer dizer, a tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição. Uma proposição potencialmente significativa, expressa verbalmente em uma sentença, contendo tanto os significados denotativos como os conotativos dos conceitos envolvidos, interage com idéias relevantes, estabelecidas na estrutura cognitiva e, dessa interação, emergem os significados da nova proposição (Moreira, 2006).

Ao se procurar evidências de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a simulação da aprendizagem significativa é formular questões e problemas de maneira nova e não familiar que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. Nessa busca de evidências, em nosso trabalho, os estudos dirigidos, componentes integrantes das aulas no laboratório de informática para a aplicação dos applets, foram redigidos, de certa forma, diferente daqueles originalmente encontrado em materiais instrucionais, ou seja, procuramos seguir os pressupostos ausubelianos orientados por um mapa conceitual⁶. Outra possibilidade é solicitar aos estudantes que diferenciem idéias relacionadas, mas

⁶ O mapa conceitual encontra-se no apêndice A.

não idênticas, ou que identifiquem os elementos de um conceito ou proposição de uma lista contendo, também, elementos de outros conceitos e proposições similares. Nessa perspectiva, neste estudo foram construídos os pré-testes e pós-testes, aplicados aos estudantes em momentos anteriores e posteriores à aplicação do projeto.

Para esclarecer o processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva, Ausubel (apud Moreira, 2006) introduz o “princípio da assimilação” ou “teoria da assimilação”, que é o resultado da interação que ocorre, na aprendizagem significativa, entre o novo material a ser aprendido e a estrutura cognitiva existente; é uma assimilação de antigos e novos significados que contribui para a diferenciação dessa estrutura. No processo de assimilação, mesmo após o aparecimento dos novos significados, a relação entre as idéias-âncora e aquelas assimiladas, permanecem na estrutura cognitiva, e pode ser representado esquematicamente da seguinte maneira (fig. 1).

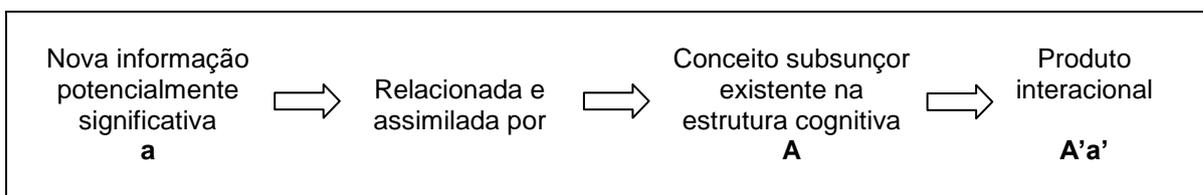


Figura 1 – Princípio da assimilação.

A assimilação é o processo que ocorre quando uma idéia, conceito ou proposição **a**, potencialmente significativo, é assimilado sob uma idéia, conceito ou proposição, um subsunçor, **A**, já estabelecido na estrutura cognitiva, não apenas a nova informação **a**, mas também o conceito subsunçor **A**, com o qual ela se relaciona e interage, são modificados pela interação. Ambos os produtos dessa interação, **a'** e **A'**, permanecem relacionados como co-participantes de uma nova unidade ou complexo ideacional **A'a'**. O verdadeiro produto não é apenas o novo significado de **a'**, mas inclui também a modificação da idéia-âncora, sendo,

conseqüentemente, o significado composto de **A'a'**. Para explicar como novas informações recém-assimiladas permanecem disponíveis, durante o período de retenção, admite-se que, por um período de tempo variável, essas permanecem dissociáveis de suas idéias-âncora e, portanto, reproduzíveis como entidades individuais (Moreira, 2006) (fig. 2).

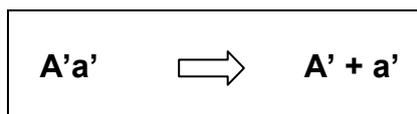


Figura 2 – Informações reproduzíveis como entidades individuais.

O produto interacional **A'a'** pode sofrer modificações ao longo do tempo; é quando começa o segundo estágio da assimilação: a assimilação obliteradora, onde as novas informações tornam-se, espontânea e progressivamente, menos dissociáveis de suas idéias-âncoras (subsunçores) até que não mais estejam disponíveis, isto é, não mais reproduzíveis como entidades individuais. Atinge-se assim um grau de dissociabilidade nulo, e **A'a'** reduz-se simplesmente a **A'**; contudo, não significa dizer que o subsunçor volta a sua forma original, o resíduo da assimilação obliteradora é **A'**, o membro mais estável do produto é **A'a'**, isto é, o subsunçor modificado (Moreira, 2006).

O processo até aqui enfatizado, segundo o qual a nova informação adquire significado por meio da interação com subsunçores, reflete uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente. A esse tipo de aprendizagem dá-se o nome de *subordinada*. Por outro lado, a aprendizagem *superordenada* é a que se dá quando um conceito ou proposição potencialmente significativo **A**, mais geral e inclusivo do que idéias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva **a₁**, **a₂**, **a₃**, são adquiridos a partir destes e passa a assimilá-los. As idéias **a₁**, **a₂**, **a₃**, são identificadas como instâncias mais

específicas de uma nova idéia superordenada **A**, definida por um novo conjunto de atributos essenciais que abrange os das idéias subordinadas (Moreira, 2006).

A aprendizagem *combinatória*, por sua vez, é a aprendizagem de proposições e, em menor escala, de conceitos que não guardam uma relação de subordinação ou superordenação com proposições ou conceitos específicos, e sim com conteúdo amplo, relevante de uma maneira geral, existente na estrutura cognitiva, isto é, a nova proposição não pode ser assimilada por outra já estabelecida na estrutura cognitiva, nem é capaz de assimilá-la. É como se a nova informação fosse potencialmente significativa por ser relacionável à estrutura cognitiva como um todo, de uma maneira bem geral, e não com aspectos dessa estrutura, como ocorre na aprendizagem subordinada e mesmo na superordenada.

Quando um novo conceito ou proposição é aprendido por subordinação por um processo de interação e ancoragem em um conceito subsunçor, este também se modifica. A ocorrência desse processo uma ou mais vezes leva à diferenciação progressiva do conceito subsunçor. A diferenciação progressiva é vista como um princípio programático da matéria de ensino, segundo o qual as idéias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos de conteúdo devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhes e especificidade (Moreira, 1999).

Dessa maneira, foram elaboradas as aulas referentes a aplicação do projeto desenvolvido, onde as proposições mais gerais e inclusivas são apresentadas nas aulas em forma de slides no PowerPoint e diferenciadas nos seus detalhes, utilizando os applets no laboratório de informática. A reconciliação integrativa, por sua vez, é o princípio segundo o qual a instrução deve também

explorar relações entre idéias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes.

Depois de pesquisarmos as idéias fundamentais da teoria de aprendizagem de Ausubel, procuramos desenvolver um projeto que incorporasse as características e idéias apresentadas em sua teoria. Nos materiais desenvolvidos, procuramos seguir as recomendações, no sentido de promover a aprendizagem significativa; procuramos utilizar uma metodologia que averigüe o conhecimento pré-existente na expectativa de se ensinar a partir do que o estudante já sabe; utilizamos materiais motivadores na expectativa de atrair o estudante para o conhecimento; procuramos fazer com que os estudantes trabalhassem com as variáveis relativas ao desenvolvimento do conteúdo, fornecendo a ele condição de testar hipóteses e trabalhar situações problemas. No próximo capítulo serão descritos com detalhes os materiais utilizados para o desenvolvimento do projeto a fim de elucidar qualquer dúvida. Esclareceremos também sobre as condições sob as quais o trabalho foi desenvolvido.

Capítulo 4 - O PRODUTO EDUCACIONAL:

Faremos, nesse capítulo, uma apresentação detalhada do material produzido para o desenvolvimento desse trabalho. Porém, antes, faremos um levantamento das condições sob as quais o trabalho foi desenvolvido. Tais informações são importantes para que possamos nos situar dentro do contexto do projeto.

O projeto foi idealizado para ser desenvolvido com os estudantes do segundo ano do ensino médio, no momento em que estivesse estudando o assunto sobre óptica geométrica, conteúdo este que normalmente é aplicado no segundo semestre do ano letivo nas diversas instituições de ensino; como o projeto, por questões de tempo, deveria ser aplicado no primeiro semestre, entramos em acordo com a escola, em contato com a coordenação pedagógica, para que pudéssemos inverter a ordem do programa elaborado pela instituição para a disciplina de Física, trazendo o assunto de *Óptica Geométrica* para o primeiro semestre, sem prejuízo para desenvolvimento do planejamento anteriormente elaborado, o que foi prontamente atendido.

A escola disponibiliza para seus estudantes do segundo ano, duas horas-aulas de Física por semana, perfazendo um total de vinte horas-aulas por bimestre. Como o conteúdo inicialmente planejado para a aplicação do projeto era o de espelhos esféricos, reservamos o segundo bimestre para isso. Para esse segundo bimestre, planejamos dez aulas e supomos que nossos estudantes já teriam alguns subsunçores pertinentes ao conteúdo. Porém, a idéia de trabalhar com o conteúdo de espelhos esféricos foi abandonada em virtude do tempo hábil para a elaboração do material. Como já estávamos no meio do 1º bimestre, não teríamos

tempo suficiente para uma pesquisa adequada dos Applets e para a elaboração de um bom material para o uso dos mesmos. Como o tópico de refração vem depois do de espelhos esféricos, teríamos aí, um tempo maior para a construção do material de aplicação e, por isso, reelaboramos o projeto para o conteúdo de refração. As salas de aula tinham em média trinta estudantes, número que contribuiu para o bom desenvolvimento dos conteúdos. A escola, em sua estrutura, disponibiliza para utilização de seus professores, laboratórios de Informática e Datas-Show, recursos importantíssimos para o processo pedagógico e para a aplicação desse projeto.

Para o ensino da *Refração*, foram ministradas três aulas com a utilização do PowerPoint para a introdução do conteúdo, acompanhadas por uma apostila⁷ que contém os slides correspondentes às aulas ministradas; três aulas no Laboratório de Informática com a aplicação dos Applets acompanhadas por um roteiro de orientação às observações; uma aula de revisão de conteúdo ministrado ao final da terceira atividade do Laboratório de Informática; duas aulas para a aplicação dos Pré-teste e Pós-teste (uma anterior ao início do processo e outra ao final da aplicação do projeto) e uma aula para aplicação do questionário de opinião. A aplicação de todo projeto perfaz um total de 10 horas-aulas; essas aulas foram ministradas de maneira intercaladas, ou seja, após uma aula com o PowerPoint para a apresentação do conteúdo, segue uma aula no Laboratório de Informática para realização de atividades com os Applets. As aulas no PowerPoint têm como intenção primeira a utilização de recursos recomendados no capítulo 2 – revisão da literatura - dessa dissertação de maneira a dinamizar o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais dinâmico, uma vez que, com esse recurso, podemos inserir figuras

⁷ Esta apostila encontra-se no apêndice G.

e imagens dinâmicas, mostrando ao estudante as possíveis variações de um fenômeno físico, na tentativa de fazê-lo perceber tais circunstâncias.

4.1 - MATERIAL DESENVOLVIDO:

As aulas ministradas no PowerPoint foram construídas a partir da apresentação disponível em: <http://www.salesiano.com.br/media/refracao_2005.ppt>, último acesso em: 15 set. 2008, reelaboradas e modificadas para que tivessem como orientação o mapa conceitual desenvolvido na intenção de que tenhamos um processo pedagógico mais próximo possível de uma aula ausubeliana, ou seja, aulas que sigam os preceitos de uma aprendizagem significativa. Para elaboração do mapa conceitual e das aulas em PowerPoint foram consultados os seguintes livros didáticos: Física volume único de Bonjorno et al (2005) - livro texto do aluno; Tópicos de Física 2 de Villas Bôas, Doca e Biscuola (2001); Física volume 2 de Gaspar (2004); Os Fundamentos da Física volume 2 de Ramalho Júnior, Ferraro e Biscuola (2001) e Física volume 2 de Luz e Álvares (2005). Essas aulas serão descritas a partir de agora:

4.2 - 1ª AULA:

O objetivo da primeira aula é o de fornecer ao estudante, os conceitos mais gerais que permeiam o conteúdo de refração, permitindo uma abordagem ausubeliana ao conteúdo.

REFRAÇÃO DA LUZ

É o fenômeno que consiste no fato de a luz ser transmitida de um meio para outro opticamente diferente.

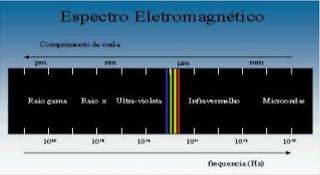


Refração da luz ao passar do ar para a água

Slide 1

A LUZ

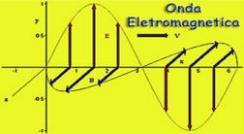
É uma onda eletromagnética que só pode sensibilizar nosso sistema visual se tiver frequência compreendida entre $4 \cdot 10^{14}$ Hz e $8 \cdot 10^{14}$ Hz.



ONDAS ELETROMAGNÉTICAS:



Constituem um conjunto de dois campos, um *elétrico* e outro *magnético*, que se propagam no vácuo com velocidade aproximada de 300.000 km/s.



Slide 2

Slide 3

Figura 3 – Slides 1, 2 e 3.

O primeiro slide (fig. 3) traz ao estudante o conceito de refração, estabelecendo o conteúdo a ser estudado, e inserindo-o dentro de um fenômeno óptico causado pela diferença entre os meios de propagação, ou seja, meios opticamente diferentes, que são aqueles meios que possuem diferentes índices de refração entre si. No segundo slide (fig. 3) trazemos a definição de luz, essencial para o estudo da Óptica e da Refração. Devido ao fato de que o conceito de luz requeira definições normalmente estudadas no terceiro ano do ensino médio, como por exemplo, campo magnético e campo elétrico, vimos a necessidade de trazer também o conceito de ondas eletromagnéticas a título de esclarecimento, sem muito aprofundamento. O terceiro slide (fig. 3) mostra exatamente este conceito acompanhado também de um gráfico que ilustra o comportamento desses campos.

FREQÜÊNCIA (f):

É o número de oscilações executada por uma onda por unidade de tempo.

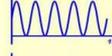
Variação de Freqüência

Onda Senoidal

$F = 1\text{Hz}$
 $T = 1\text{s}$



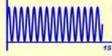
$F = 5\text{Hz}$
 $T = 0,2\text{s}$



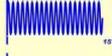
$F = 10\text{Hz}$
 $T = 0,1\text{s}$



$F = 15\text{Hz}$
 $T = 0,066\text{s}$



$F = 20\text{Hz}$
 $T = 0,05\text{s}$



$F = 50\text{Hz}$
 $T = 0,02\text{s}$

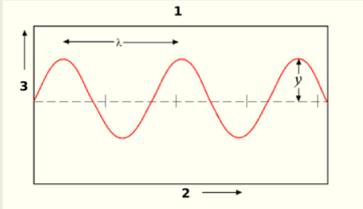


$F = \frac{1}{T}$

Slide 4

COMPRIENTO DE ONDA (λ):

Corresponde a uma oscilação completa de uma onda durante um intervalo de tempo.



Slide 5

VELOCIDADE (v):

Quando uma onda se propaga através de um meio, ela percorre uma distância igual ao seu comprimento de onda, num intervalo de tempo igual a um período.



No S.I.
v - metros por segundo (m/s)
 λ - metros (m)
f - Hertz (Hz)

Slide 6

Figura 4 – Slides 4, 5 e 6.

Como definimos a luz como uma onda, vimos a necessidade também de definir freqüência e comprimento de onda, respectivamente nos slides 4 e 5 (fig. 4), para que no slide 6 (fig. 4) possamos relacionar essas grandezas com a velocidade de propagação de uma onda.

NA REFRAÇÃO:

Com a alteração do meio de propagação a frequência (f) da onda permanece constante, porém, velocidade (v) e o comprimento de onda (λ) variam na mesma proporção.

$$V = \lambda \cdot f \Rightarrow \begin{cases} f \Rightarrow \text{constante} \\ V \uparrow \Rightarrow \lambda \uparrow \\ V \downarrow \Rightarrow \lambda \downarrow \end{cases}$$

Slide 7

MEIOS DE PROPAGAÇÃO

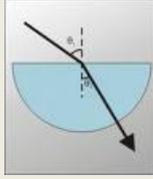
São meios nos quais uma onda pode se propagar.
Exemplo: Água e ar.
Para cada meio, a luz propaga-se com uma velocidade diferente.



Slide 8

DIOPTRO

Ao par de meios separados por uma superfície damos o nome de dioptro que pode ser plano ou esférico.
Exemplo: ar-água.



Slide 9

Figura 5 – Slides 7, 8 e 9.

O slide 7 (fig. 5) traz a relação entre velocidade de uma onda e o comprimento da onda a partir da não alteração da frequência da referida onda ao mudar de meio de propagação; como se introduz o termo meio de propagação, o slide 8 (fig. 5) traz a definição deste conceito e sua particularidade em relação à velocidade da luz ao percorrê-lo. No slide 9 (fig. 5), introduz-se o conceito de dioptro a partir do conceito de meios de propagação visto no slide anterior.

ÍNDICE DE REFRAÇÃO

ÍNDICE DE REFRAÇÃO ABSOLUTO

É a comparação entre as velocidades da luz no vácuo e num meio qualquer.

$$n_{\text{meio}} = \frac{C_{\text{vácuo}}}{V_{\text{meio}}}$$

onde $C_{\text{vácuo}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Como $c > v$, o índice de refração absoluto de um meio é um número sempre maior do que 1 e não apresenta unidade de medida.

ÍNDICE DE REFRAÇÃO RELATIVO

É a comparação entre os índices de refração absoluto de dois meios quaisquer.

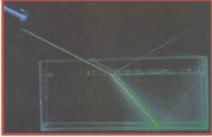
$$n_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{C_{\text{vácuo}}}{V_1}}{\frac{C_{\text{vácuo}}}{V_2}} = \frac{V_2}{V_1}$$

❖ O índice de refração é uma grandeza adimensional.

Slide 10

REFRAÇÃO LUMINOSA

Ao passar de um meio 1 para um meio 2, a luz tem sua velocidade alterada e, os raios de luz que não tiverem uma incidência normal sofrem desvio.



Slide11

A luz pode ser monocromática:



A luz pode ser policromática:

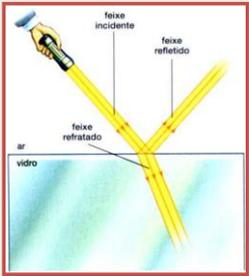


Slide12

Figura 6 – Slides 10, 11 e 12.

Com o slide 10 (fig. 6) introduzimos o conceito de índice de refração absoluto, quando se compara a velocidade da luz no vácuo com a velocidade da luz em um outro meio qualquer, e o índice de refração relativo, quando se compara o índice de refração entre dois meios diferentes, mostrando também a relação entre as velocidades nesses dois meios. No slide 11 (fig. 6) mostramos uma figura representativa de uma refração a partir de uma incidência oblíqua, onde também se observa a reflexão característica de toda refração; dessa maneira, relacionamos a alteração da velocidade da luz ao mudar de meio de propagação. Como estamos falando de raio de luz, no slide 12 (fig. 6) definimos luz monocromática e luz policromática.

O FENÔMENO DA REFRAÇÃO É REGIDO POR DUAS LEIS:



Slide 13

1ª Lei da refração:

O raio incidente, o raio refratado e a reta normal traçada pelo ponto de incidência estão contidos no mesmo plano.



Slide 14

2ª Lei da refração: (Lei de Snell)

A razão entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração é constante para cada dióptro e para cada luz monocromática.

$$\frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} = \frac{V_i}{V_r} = \frac{\lambda_i}{\lambda_r} = \frac{n_r}{n_i}$$

Slide 15

Figura 7 – Slides 13, 14 e 15.

Finalizando a primeira aula, nos slides 13, 14 e 15 (fig. 7), mostramos aos estudantes os raios particulares característicos de uma refração, os ângulos de incidência e de refração e enunciamos a primeira e a segunda lei da refração, sem entrar em detalhes, deixando para a segunda aula o trabalho de aplicação das mesmas.

4.3 - ATIVIDADE 1 COM JAVA APPLET⁸.

Após a primeira aula, desenvolvemos no laboratório de informática, a atividade 1 com o Java Applet disponível em: <http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/refraction/refraction.htm>, último

⁸ A atividade 1 com o Java Applet encontra-se no apêndice C.

acesso em: 15 set. 2008. O objetivo dessa aula é o de fazer o estudante interagir com o simulador virtual e testar as possibilidades do desvio do raio de luz ao mudar de um meio para outro, opticamente diferente. Com o controle das velocidades da luz nos dois meios, o estudante pode alterar seus valores e, daí, observar o comportamento e a trajetória seguida pelo raio de luz, analisando se houve desvio ou não.

Na primeira parte da atividade 1 o estudante deve interagir com o applet, alterando as velocidades de propagação da luz por 5 vezes e, em cada um dos casos, anotar os valores encontrados em uma Tabela própria (vide atividade no apêndice C), fazendo sempre a velocidade do meio de propagação 1 (V_1) maior que a velocidade do meio de propagação 2 (V_2) (fig. 8).

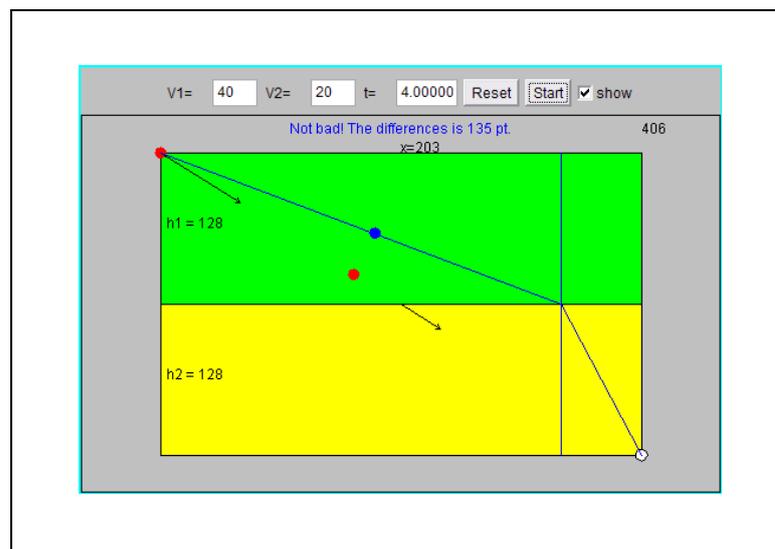


Figura 8 - Desvio aproximando da reta normal mostrado pelo applet.

Para cada um dos 5 casos, o estudante dirá se houve desvio ou não do raio de luz; e, em caso de concordância, dizer se o raio de luz aproximou-se ou afastou-se da reta normal. Pede-se também nessa atividade que o estudante compare o ângulo de incidência afirmando se ele é maior, menor ou igual ao ângulo de refração, assim como identificar em que meio o raio de luz teve uma maior trajetória.

Na segunda parte da atividade 1 o estudante deve interagir com o applet, alterando as velocidades de propagação da luz por 5 vezes e, em cada um dos casos, anotar os valores encontrados em uma Tabela própria (vide atividade no apêndice C), fazendo sempre a velocidade do meio de propagação 1 (V1) menor que a velocidade do meio de propagação 2 (V2) (fig. 9).

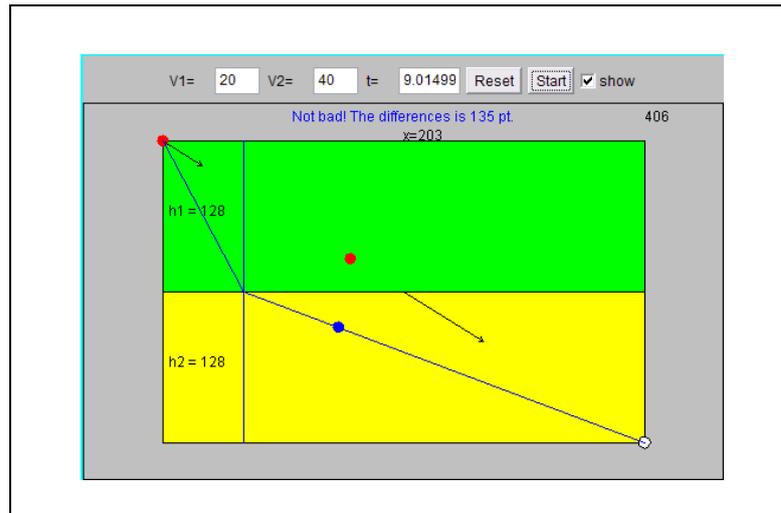


Figura 9 – Desvio afastando da reta normal mostrado pelo applet.

Para cada um dos 5 casos, o estudante dirá se houve desvio ou não do raio de luz; e, em caso de concordância, deverá dizer se o raio de luz aproximou-se ou afastou-se da reta normal. Pede-se também nessa atividade que o estudante compare o ângulo de incidência afirmando se ele é maior, menor ou igual ao ângulo de refração, assim como identificar em que meio o raio de luz teve uma maior trajetória.

Na terceira parte da atividade 1 o estudante deve interagir com o applet, alterando as velocidades de propagação da luz por 5 vezes e, em cada um dos casos, anotar os valores encontrados em uma Tabela própria (vide atividade no apêndice C), fazendo sempre a velocidade do meio de propagação 1 (V1) igual a velocidade do meio de propagação 2 (V2) (fig. 10).

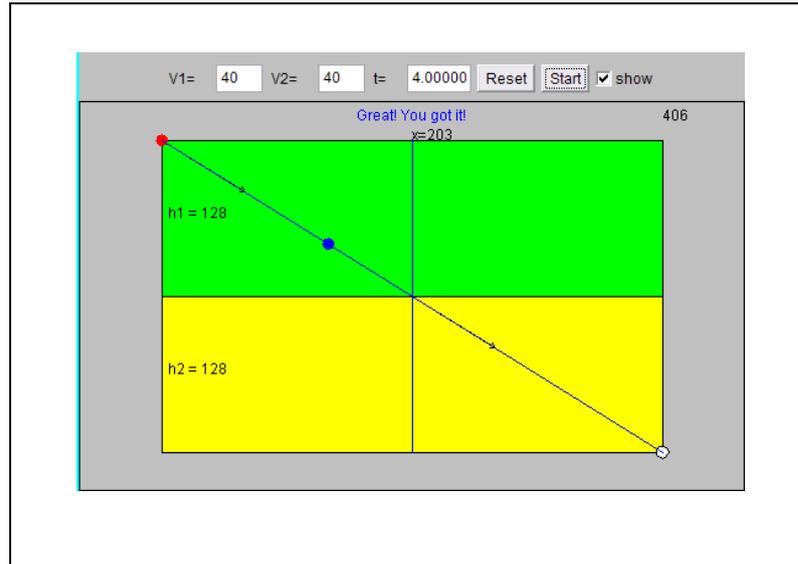


Figura 10 – Não desvio do raio de luz mostrado pelo applet.

Para cada um dos 5 casos, o estudante dirá se houve desvio ou não do raio de luz; e, em caso de concordância, dizer se o raio de luz aproximou-se ou afastou-se da reta normal. Pede-se também nessa atividade que o estudante compare o ângulo de incidência afirmando se ele é maior, menor ou igual ao ângulo de refração, e que identifique em que meio o raio de luz teve uma maior trajetória.

Ao fim do trabalho do estudante com o Java Applet e após testadas as possibilidades de cada caso, o estudante responderá a um questionário contendo dez questões, às quais, para serem respondidas a contento, ele deve ter acompanhado as observações anteriores com atenção.

4.4 - 2ª AULA:

A segunda aula tem como objetivo mostrar os diversos comportamentos dos raios de luz ao passar de um meio para outro opticamente diferente, utilizando os conhecimentos que acreditamos os estudantes tenham assimilados na primeira aula. Vamos passar agora para um conhecimento mais elaborado, seguindo o mapa conceitual (apêndice A) elaborado para o estudo da refração e ainda de acordo com os pressupostos ausubelianos.

ANÁLISE DO DESVIO DO RAIOS INCIDENTE:

Da expressão completa da Lei de Snell, podemos extrair a seguinte igualdade:

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2$$

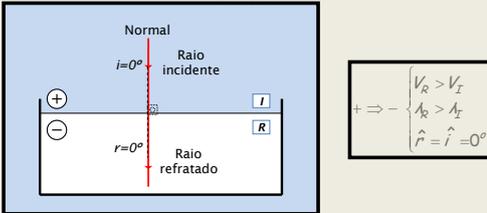
$\theta_1 = \text{ângulo de incidência}$
 $\theta_2 = \text{ângulo de refração}$

Obs.: Nos casos a seguir, não representaremos a reflexão

Slide 16

Refração da luz – Incidência Normal

Quando um raio de luz incide normalmente à fronteira do dioptro, a refração ocorre sem desvio

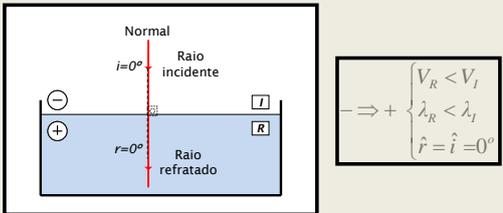


Neste caso tivemos uma refração sem desvio

Slide 17

Refração da luz – Incidência Normal

Quando um raio de luz incide normalmente à fronteira do dioptro, a refração ocorre sem desvio



Neste caso tivemos uma refração sem desvio

Slide 18

Figura 11 – Slides 16, 17 e 18.

Retomamos a segunda aula de onde terminamos a primeira, nas Leis da Refração. No slide 16 (fig. 11) analisamos qualitativamente a Lei de Snell para que, daí, pudéssemos analisar os desvios sofridos pelos raios de luz ao mudar de meio de propagação. No slide 17 (fig. 11) é mostrado o comportamento do raio de luz em uma incidência normal, passando de um meio mais refringente para um meio menos refringente e no slide 18 (fig. 11) é mostrado o comportamento do raio de luz em uma Incidência Normal passando de um meio menos refringente para um meio mais refringente. O objetivo dessa seqüência é o de mostrar que apesar de sofrer alterações na velocidade de propagação e no comprimento de onda, nem toda refração ocorre com desvio do raio de luz.

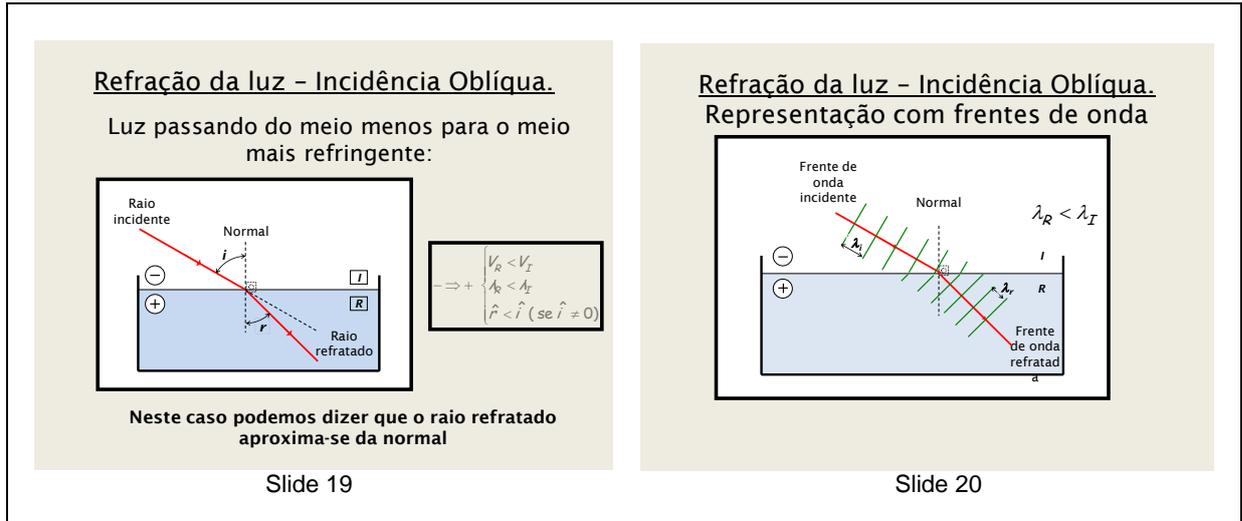


Figura 12 – Slides 19 e 20.

No slide 19 (fig. 12) analisamos o comportamento da refração em uma incidência oblíqua, na passagem do raio de luz de um meio menos refringente para um meio mais refringente. São comparados qualitativamente os valores da velocidade da luz, do comprimento de onda e dos ângulos de incidência e de refração ao mudar o meio de propagação. No slide 20 (fig. 12), que apresenta as mesmas condições do slide 19 (fig. 12), mostramos a alteração do comprimento de onda durante essa refração e percebemos uma redução desse comprimento devido à modificação da velocidade do raio de luz, ao mudar de meio de propagação.

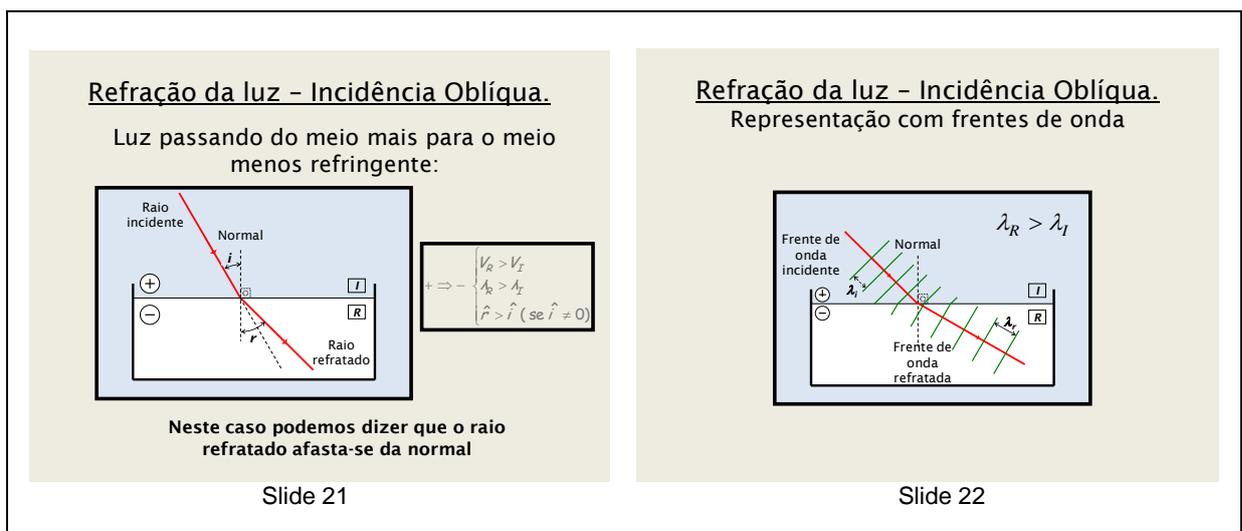


Figura 13 – Slides 21 e 22.

No slide 21 (fig. 13) analisamos o comportamento da refração em uma incidência oblíqua, na passagem do raio de luz de um meio mais refringente para um

meio menos refringente. São comparados qualitativamente os valores da velocidade da luz, do comprimento de onda e dos ângulos de incidência e de refração, ao mudar o meio de propagação. No slide 22 (fig. 13) demonstramos a alteração do comprimento de onda, nas mesmas condições do slide 21 (fig. 13) e percebemos um aumento do comprimento da frente onda de luz; esse aumento é devido à modificação da velocidade do raio de luz.

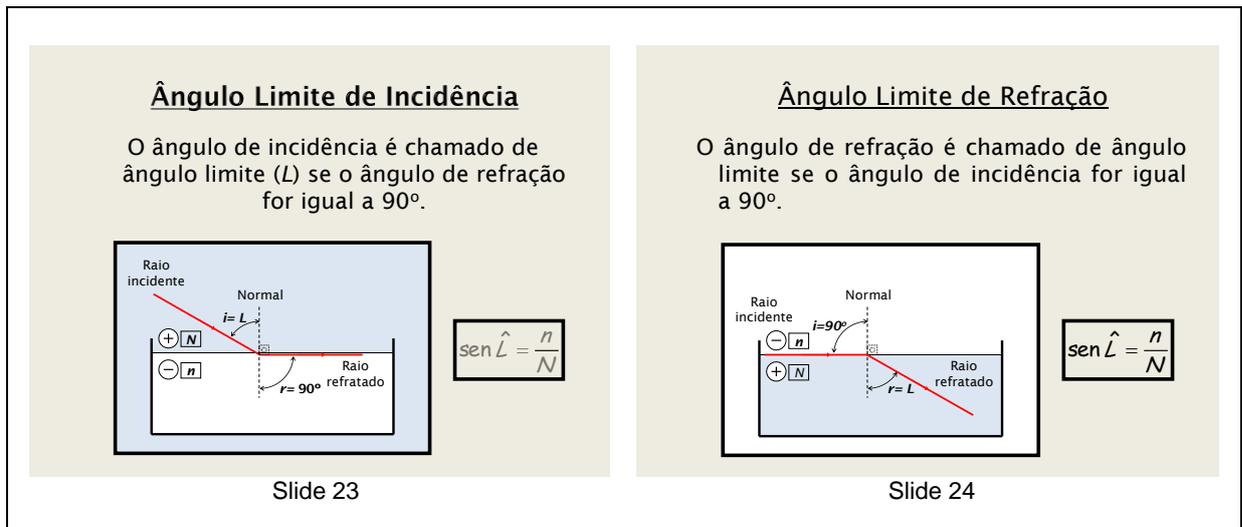


Figura 14 – Slides 23 e 24.

No slide 23 (fig. 14) apresentamos o comportamento do raio de luz ao atingir o valor de ângulo limite (L); valor no qual, não ocorrerá mais a refração e a luz incidente é totalmente refletida. É importante mostrar ao estudante que na verdade, o raio rasante é hipotético, não existe na prática; das várias razões para a sua inexistência, podemos citar o fato de ele não obedecer ao princípio da reversibilidade da propagação da luz, com isso, a consideração do raio emergente rasante só é válida para efeito de cálculo do ângulo Limite (L). No slide 24 (fig. 14) mostramos o processo inverso, ou seja, uma incidência rasante, o que nos leva a um ângulo limite de refração. Dessa forma, levar os estudantes a perceberem que o ângulo limite em uma refração, será sempre observado no meio de maior refringência.

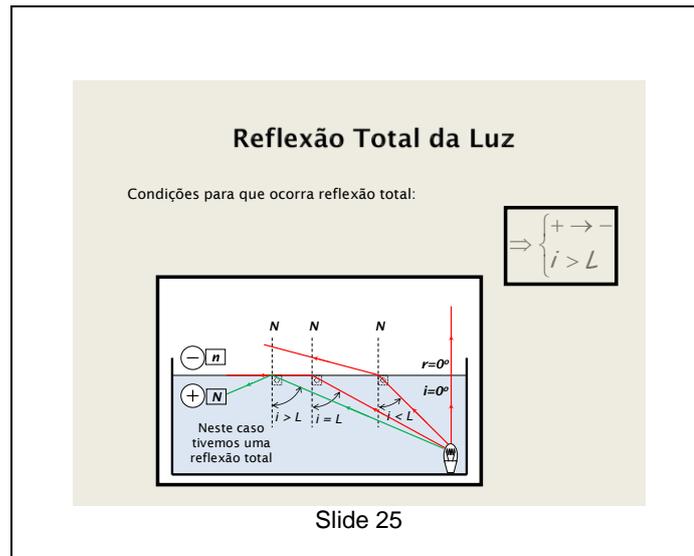


Figura 15 – Slide 25.

Finalizamos a segunda aula com o slide 25 (fig. 15) onde analisamos os vários comportamentos dos raios de luz em uma refração, só que agora identificando também uma refração total da luz, que tem as seguintes condições necessárias para a sua ocorrência: a luz deve se dirigir do meio mais refringente para o meio menos refringente e o ângulo de incidência deve ser superior ao ângulo limite do dióptro.

4.5 - ATIVIDADE 2 COM JAVA APPLET⁹.

Após a segunda aula aplicamos, no laboratório de informática, a atividade 2 com o Java Applet disponível em <http://www.walterfendt.de/ph11br/refraction_br.htm>, último acesso em: 15 set. 2008. O objetivo é fazer o estudante interagir com o simulador virtual, estudar o desvio do raio de luz causado pelos diferentes índices de refração dos meios de propagação, verificar a Segunda Lei de Snell, analisar a incidência normal, verificar o ângulo limite (L) e a reflexão total.

⁹ A atividade 2 com o Java Applet encontra-se no apêndice D.

Na primeira parte da atividade 2, 1º caso, analisamos o desvio do raio de luz e a verificação da Segunda Lei de Snell. Na observação da atividade em seu primeiro caso, o estudante deve selecionar para o meio de propagação 1 uma substância entre as doze fornecidas pelo Java Applet e, para o meio de propagação 2, selecionar uma substância cujo índice de refração seja maior que o escolhido para o meio 1 (fig. 16).

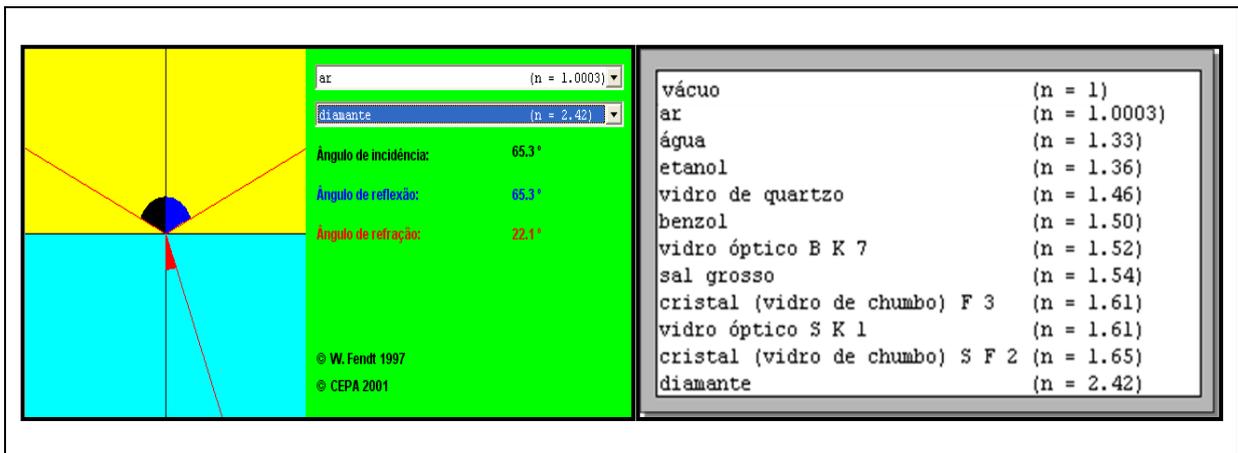


Figura 16 – Refração, reflexão e Tabela de meios de propagação mostrados pelo applet.

Feitas as escolhas, o estudante deve anotar o ângulo de incidência, o ângulo de refração e o ângulo de reflexão. Ele pode ainda alterar os valores desses ângulos, bastando, para isso, utilizar o mouse e movimentar o raio de luz representado pela linha vermelha contida no aplicativo; com a movimentação dessa linha, os valores dos ângulos são alterados automaticamente à escolha do estudante. Depois de manipuladas as variáveis e realizadas as escolhas, o estudante deve responder à duas perguntas: uma sobre o meio de propagação e outra sobre o desvio do raio de luz. O objetivo do questionário é o de fazer com que esse estudante relacione o desvio do raio de luz com a refringência entre os meios de propagação escolhidos por ele.

Na primeira parte da atividade 2, 2º caso, o estudante deve repetir o mesmo procedimento do primeiro caso, ou seja, ele deve selecionar para o meio de

propagação 1 uma substância entre as doze fornecida pelo Java Applet, porém, agora, para o meio de propagação 2, ele deve selecionar uma substância de índice de refração menor que o escolhido para o meio 1 (fig. 17).

vácuo	(n = 1)
ar	(n = 1.0003)
água	(n = 1.33)
etanol	(n = 1.36)
vidro de quartzo	(n = 1.46)
benzol	(n = 1.50)
vidro óptico B K 7	(n = 1.52)
sal grosso	(n = 1.54)
cristal (vidro de chumbo) F 3	(n = 1.61)
vidro óptico S K 1	(n = 1.61)
cristal (vidro de chumbo) S F 2	(n = 1.65)
diamante	(n = 2.42)

Figura 17 – Refração, reflexão e Tabela de meios de propagação mostrados pelo applet.

Feitas as escolhas, o estudante deve anotar o ângulo de incidência, o ângulo de refração e o ângulo de reflexão; pode ainda alterar os valores desses ângulos, utilizando os mesmos procedimentos do caso anterior. Depois de manipuladas as variáveis e realizadas as escolhas, o estudante deve responder a duas perguntas: uma sobre o meio de propagação e outra sobre o desvio do raio de luz.

Na parte final da primeira atividade, o estudante responde a um questionário com duas perguntas com a intenção de fazê-lo perceber a relação entre o desvio do raio de luz e os índices de refração das substâncias. Ainda nesta parte final, e com os dados selecionados por ele em um dos casos da atividade, este estudante deve verificar, com cálculos, a validade da Segunda Lei de Snell.

Na segunda parte da atividade 2, 1º caso, vamos estudar a incidência normal. Repetimos todos os procedimentos dos dois casos relacionados na primeira atividade desse roteiro, com a diferença que, ao manusear o Java Applet, para o ângulo de incidência, o estudante deve colocar um valor igual a zero (fig. 18).

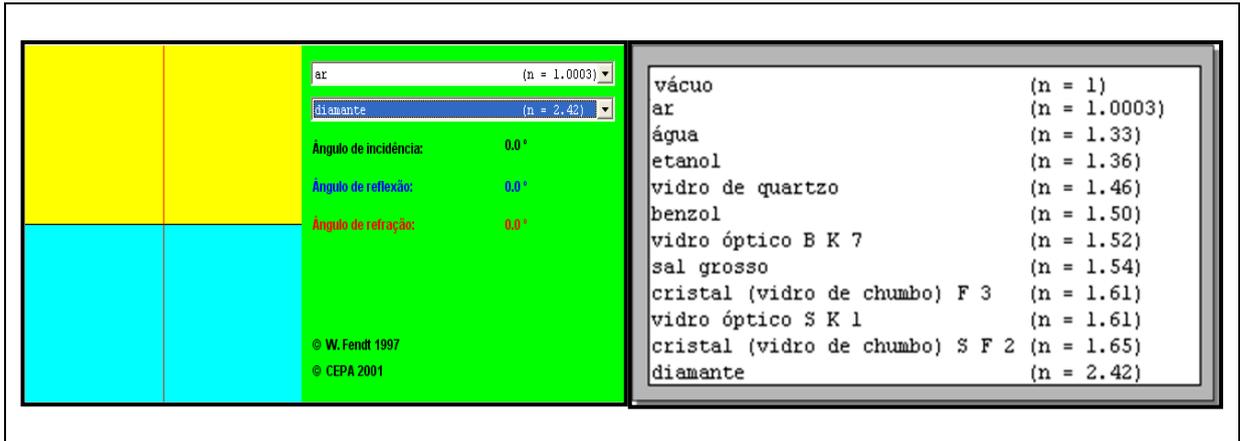


Figura 18 – Refração, reflexão e Tabela de meios de propagação mostrados pelo applet.

No final da segunda parte da atividade 2, o estudante responde a um questionário com uma pergunta orientada, a fim de fazê-lo perceber que o raio de luz não se desvia quando da sua incidência normal.

Na terceira parte da atividade 2 vamos verificar o ângulo limite (L) e a reflexão total do raio de luz; o estudante deve selecionar para o meio de propagação 1 uma substância entre as doze fornecida pelo Java Applet e, para o meio de propagação 2, uma substância de índice de refração menor do que a escolhida para o meio 1, caso em que ocorre o ângulo limite e reflexão total. Feitas as escolhas, o estudante deve anotar o ângulo de incidência, o ângulo de refração, o ângulo de reflexão e, para essa atividade, o ângulo mínimo para reflexão interna total, ou seja, ângulo limite (L). O estudante deve, agora, alterar os valores desses ângulos utilizando o mouse e movimentando o raio de luz representado pela linha vermelha contida no aplicativo; com a movimentação dessa linha os valores dos ângulos são alterados automaticamente, à escolha do estudante. O objetivo de solicitar essa movimentação é o de fazê-lo perceber o que acontece com o raio de luz quando o seu ângulo de incidência ultrapassa o valor do ângulo limite, ou seja, fazê-lo perceber a reflexão interna total (fig. 19).

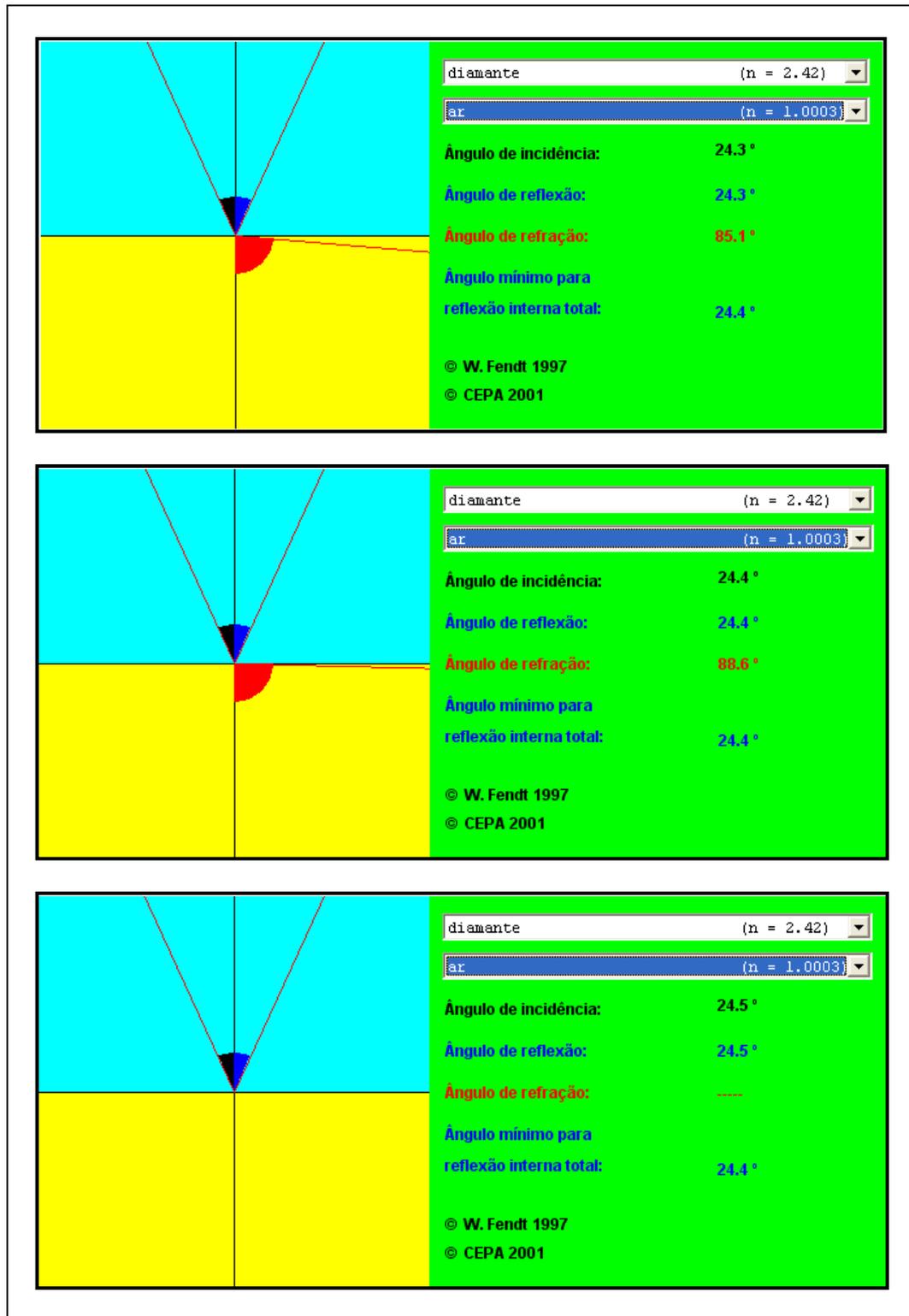


Figura 19 – Demonstração da ocorrência da reflexão total mostrada pelo applet.

No final da terceira parte da atividade desse roteiro de estudo, com os dados selecionados por ele, o estudante deve verificar, com cálculos, a validade da equação para a determinação do ângulo limite e, ainda, em outra questão, comentar

o que se observa quando o ângulo de incidência (i) se torna maior ou igual ao valor do ângulo limite (L).

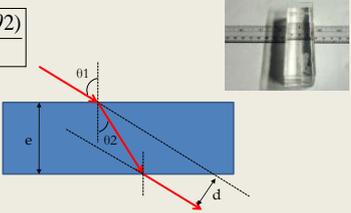
4.6 - 3ª AULA:

Para a terceira aula, tivemos como objetivo continuar com o estudo sobre comportamentos da luz ao mudar de um meio de propagação para outro, opticamente diferente. Nessa aula mostramos o comportamento da luz em lâminas de faces paralelas e em um prisma e, dessa forma, relacionamos seus comportamentos com alguns efeitos da luz na atmosfera terrestre, procurando alcançar um conhecimento mais elaborado do conteúdo.

LÂMINAS DE FACES PARALELAS

Numa lâmina de faces paralelas envolvida por um único meio, o raio emergente é paralelo ao raio incidente. Assim, o raio emergente não apresenta desvio em relação ao raio incidente, mas apenas um deslocamento lateral.

$$d = \frac{e \cdot \text{sen}(\theta_1 - \theta_2)}{\cos \theta_2}$$

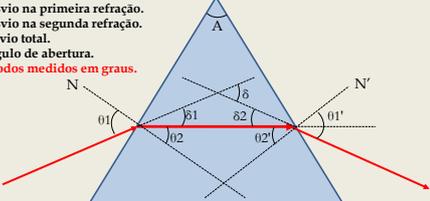


Slide 26

PRISMA ÓPTICO

Considere um bloco transparente, de vidro, por exemplo, limitado por duas faces planas e não-paralelas. Esse bloco constitui um *PRISMA ÓPTICO*.

δ_1 - Desvio na primeira refração.
 δ_2 - Desvio na segunda refração.
 δ - Desvio total.
 A - Ângulo de abertura.
Obs.: Todos medidos em graus.



$\delta_1 = \theta_1 - \theta_2$

$\delta_2 = \theta_1' - \theta_2$

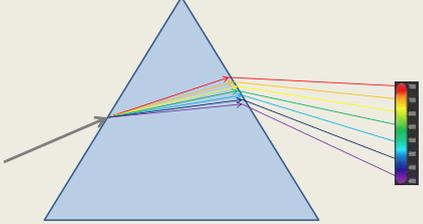
$\delta = \theta_1 + \theta_1' - A$

$A = \theta_2 + \theta_2'$

Slide 27

PRISMA E DISPERSÃO DA LUZ

O prisma óptico também é bastante eficiente na decomposição da luz.



Slide 28

Figura 20 – Slides 26, 27 e 28.

Nos slides 26 a 28 (fig. 20) estudamos o comportamento da luz monocromática e policromática em lâminas de faces paralelas e em um prisma; desta forma, podemos mostrar ao estudante o comportamento da luz ao entrar e sair em meios opticamente diferentes. Para o caso da luz policromática, evidenciamos aos estudantes a dispersão da luz ao atravessar os meios opticamente diferentes, para, a partir daí, estudarmos o comportamento da luz na atmosfera terrestre. Apesar de serem apresentadas, nos slides, equações matemáticas, estes fenômenos foram estudados qualitativamente.

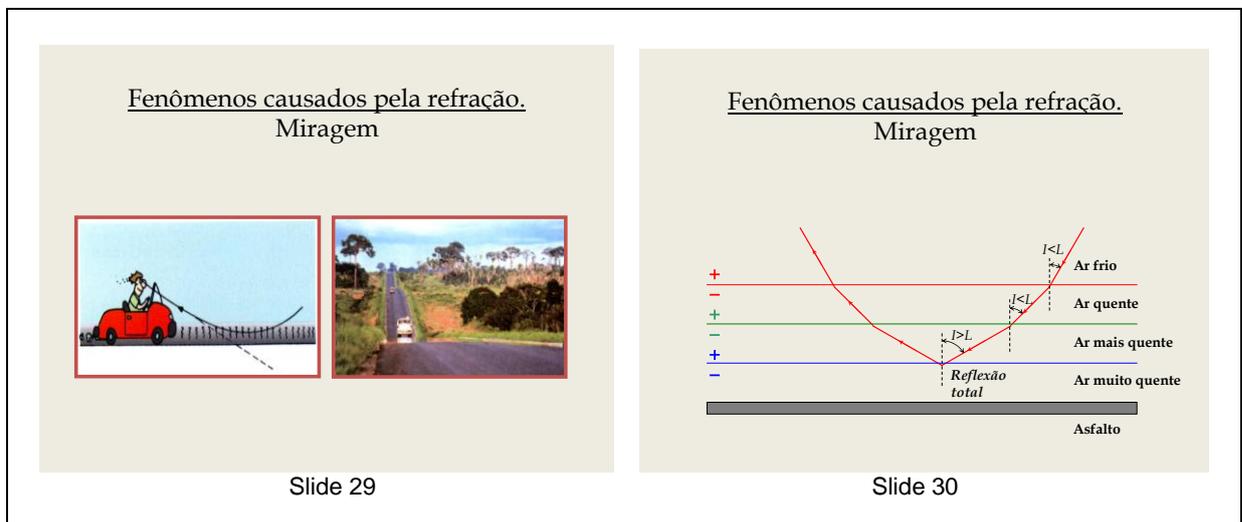


Figura 21 – Slides 29 e 30.

Nos slides 29 e 30 (fig. 21) analisamos o efeito da alteração da densidade do ar em fenômenos ópticos. Nesse caso estudamos a miragem, efeito causado pela reflexão total dos raios de luz devido às diferenças de temperaturas nas camadas atmosféricas que ocasionam a alteração de suas densidades.

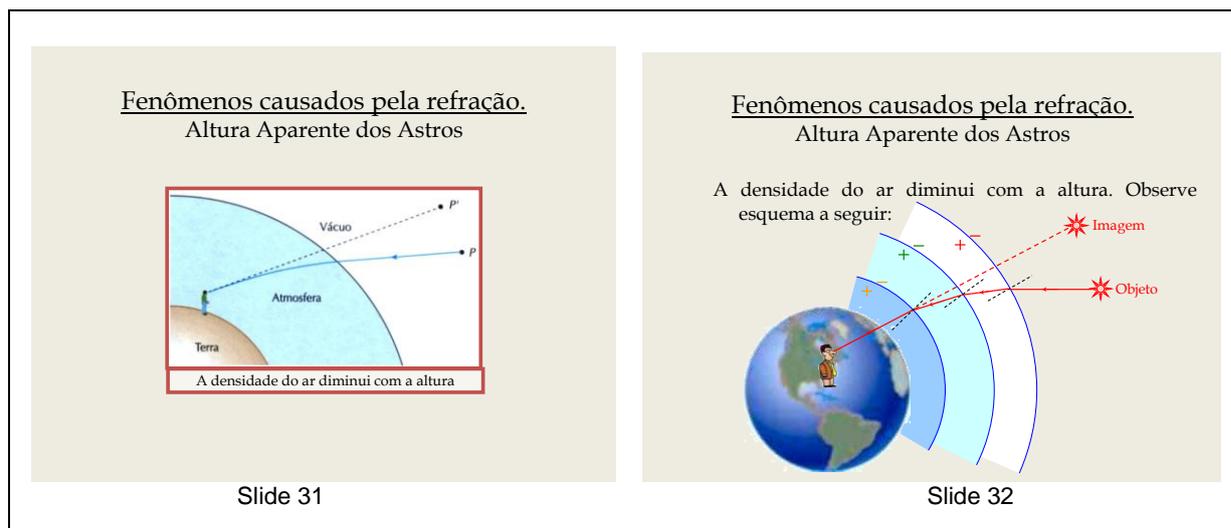


Figura 22 – Slides 31 e 32.

Com os slides 31 e 32 (fig. 22), continuamos com a análise dos efeitos dos raios de luz na atmosfera; agora analisando a posição aparente dos astros quando a luz desvia-se ao atravessar a atmosfera dando a impressão ao observador de que o astro está em uma certa posição (posição aparente), enquanto sua verdadeira posição é outra.

4.7 - ATIVIDADE 3 COM JAVA APPLET¹⁰.

Após a terceira aula, aplicamos no laboratório de informática, a atividade 3 com o Java Applet disponível em <<http://br.geocities.com/saladefisica3/laboratorio/refracao/refracao.htm>>, último acesso em: 15 set. 2008. Os objetivos dessa atividade são os de fazer com que o estudante, ao interagir com o simulador virtual, estude o desvio do raio de luz causado pelos diferentes índices de refração dos meios de propagação, relacione a frequência de uma onda do espectro eletromagnético correspondente à luz visível com uma determinada sensação de cor, perceba a alteração da velocidade de propagação de uma onda (v), a alteração do comprimento de onda (λ) e a não alteração da frequência (f), quando modificado o meio de propagação da onda.

¹⁰ A atividade 3 com o Java Applet encontra-se no apêndice E.

Para a primeira parte da atividade 3, o estudante deve selecionar um ângulo de incidência entre 0 e 85 graus; uma substância qualquer possível, fornecida pelo Applet para o meio de propagação 2, sendo que o meio de propagação 1 será sempre o vácuo; deve selecionar também três cores, alterando os comprimentos de ondas incidentes usando os “botões” (+15) e (-15) fornecidos pelo Applet. Esses valores serão colocados em três tabelas diferentes, onde cada tabela deve estar associada a uma cor em separado (fig. 23)¹¹.

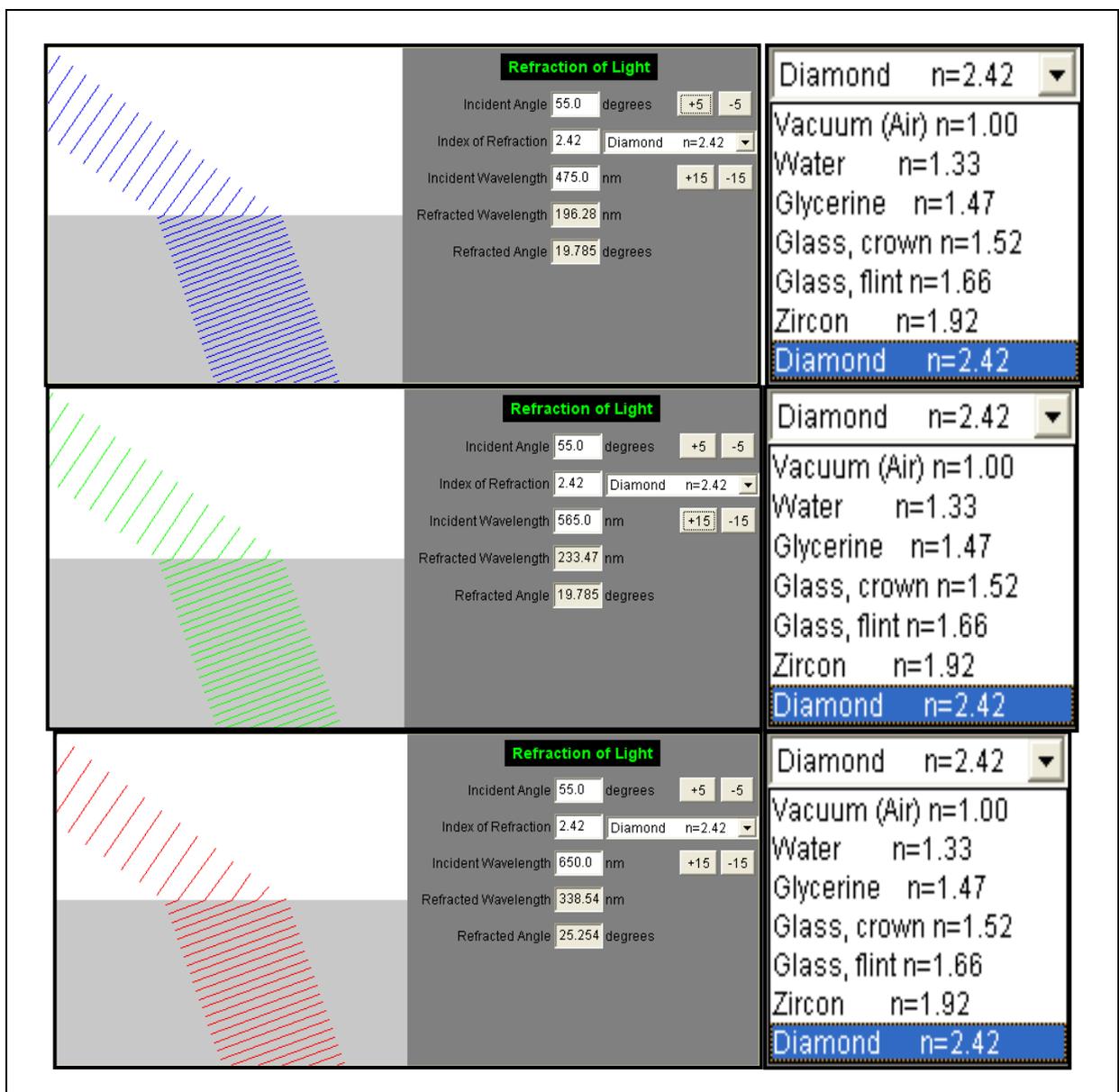


Figura 23 – Refração para três frequências diferentes mantendo-se os mesmos valores de ângulo de incidência e índice de refração.

¹¹ É bom lembrar que não se trata de um caso de dispersão da luz.

Registrados os valores em suas respectivas tabelas, o estudante irá responder a quatro questões, nas quais deverá analisar os dados fornecidos pela tabelas. As questões foram elaboradas para que o estudante evidenciasse a refração dos meios de propagação, o desvio das ondas de luz devido à alteração dos meios de propagação, a alteração do comprimento de onda de luz, a alteração da velocidade de propagação da onda de luz e a não alteração da cor (frequência) da onda de luz.

Na segunda parte da atividade 3, a qual compreende também a parte final desse roteiro de estudo, o aluno, de acordo com os conceitos tratados e discutidos em aula e com as anotações feitas nas tabelas durante as observações no Applet, deverá responder a quatro questões que versam sobre a velocidade da onda refratada encontrada, o comprimento de onda (λ) da onda refratada encontrado, o ângulo de refração encontrado e a cor (frequência) da onda ao atravessar os meios de propagação.

Finalizando a apresentação do material construído para a aplicação desse projeto, no próximo capítulo, será descrito a metodologia do estudo aqui desenvolvido, a identificação e caracterização dos sujeitos da pesquisa e do tratamento ao qual foram submetidos.

Capítulo 5 - METODOLOGIA:

Esse projeto foi realizado no 2º bimestre do ano de 2008 no Colégio e Faculdade Santa Terezinha, situado em Taguatinga Norte - DF e contou com a participação de estudantes do 2º ano do ensino médio. O Colégio possuía três turmas de 2º ano e para a escolha dos grupos, experimental e testemunha, foram levadas em consideração as médias obtidas pelas turmas no primeiro bimestre letivo. O grupo experimental ficou sendo aquela turma que havia tido a menor média bimestral entre as demais turmas no bimestre anterior, decisão essa tomada em comum acordo com a coordenação pedagógica da escola; o grupo-testemunha ficou sendo aquela turma que possuía um número equivalente de estudantes em relação ao grupo experimental.

Após a discussão sobre a escolha do grupo experimental e do grupo testemunha, decidimos adotar um delineamento quase experimental (fig. 24) (Laville e Dionne, 1999), aquele no qual os grupos não são formados de maneira aleatória, ou seja, é considerando o abandono do caráter aleatório de formação dos grupos.

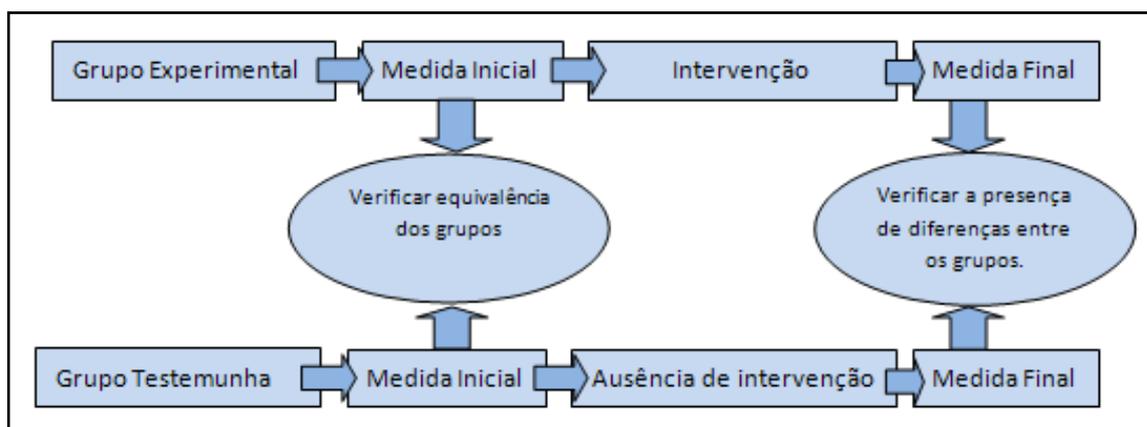


Figura 24 - Delineamento quase experimental

A formação aleatória não foi possível, devido a questões administrativas da escola tais como: as turmas são formadas durante o recesso dos professores (época

de matrícula) e este professor mestrando ter sido contratado já no início do ano letivo com as turmas já formadas. A turma correspondente ao grupo experimental possuía 30 estudantes, enquanto que a turma correspondente ao grupo testemunha contava com 29 estudantes no 1º bimestre, quando da sua escolha para a participação do projeto. Porém, no 2º bimestre houveram duas transferências no grupo testemunha e com isso a turma passou a contar com 27 estudantes; apesar disso, decidimos continuar trabalhando com a turma.

Na primeira aula, antes das atividades com os Applets, foi aplicado aos estudantes dos dois grupos um teste com o objetivo de diagnosticar os conhecimentos iniciais, ou prévios, das turmas relativos ao conteúdo a ser ministrado. Esse teste será chamado a partir de agora de pré-teste¹². A sua finalidade foi a de verificar a equivalência dos grupos de acordo com o delineamento adotado e verificar aquilo que o estudante já sabia, para, a partir daí, ensinar de acordo (Ausubel Apud Moreira, 1999). O pré-teste consistiu-se de 18 questões referentes à refração, tema escolhido para o desenvolvimento do projeto e foi aplicado em uma aula.

Após a aplicação do pré-teste deu-se início às aulas sobre refração. A turma que constituiu o grupo testemunha teve a introdução ao conteúdo de maneira tradicional, utilizando-se o quadro negro como recurso, onde o conteúdo ministrado era transcrito no quadro e explicado verbalmente com utilização do livro didático¹³ como apoio. A turma que constituiu o grupo experimental foi levada a uma sala de aula onde havia sido montado o data-show, para que tivessem a introdução ao conteúdo com a utilização do PowerPoint como um recurso instrucional e, dessa maneira, agilizar o trabalho com o conteúdo. Nessa primeira aula foram projetados

¹² Este teste encontra-se no apêndice B.

¹³ FÍSICA – História & Cotidiano – Bonjorno e Clinton.

17 slides na introdução do tema refração; para o acompanhamento da aula os estudantes contaram com uma apostila (apêndice G) que continha impressos os slides apresentados; desta forma, puderam fazer anotações sobre a aula e também acompanhar de maneira mais dinâmica às apresentações dos slides, visto que possuíam em mãos todos os slides a serem utilizados no decorrer da aula.

Na segunda aula, os estudantes do grupo testemunha continuaram com o conteúdo sendo ministrado em sala de aula de maneira tradicional e dando continuidade com o desenvolvimento do conteúdo, enquanto que os estudantes do grupo experimental foram levados ao laboratório de informática para a primeira aula de aplicação do projeto, as aulas com os simuladores em Java Applet. Logo no início tivemos um pequeno problema; a chave do laboratório só foi localizada 15 minutos após o horário de início da aula que tem a duração de 50 minutos. Assim que os estudantes acomodaram-se frente aos computadores receberam as orientações necessárias para que pudessem acessar o site correspondente à atividade 1, disponível em: <<http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/refraction/refraction.htm>>, último acesso em: 15 set. 2008, e de posse de um roteiro de estudo (Atividade 1) começaram a execução dessa atividade que tinha como finalidade trabalhar os conceitos aprendidos na aula anterior e manipular, através da simulação, as variáveis pertinentes ao conteúdo ministrado. Como se tratava de uma metodologia de ensino nova para eles, onde os estudantes tinham que buscar pelas informações e testar as possibilidades fornecidas, houve, a princípio, uma lentidão na execução das tarefas solicitadas. Ao término da aula, sete estudantes não haviam concluído a atividade. Por se tratar de uma atividade que necessitaria apenas do computador e como já haviam recebido do professor (mestrando) todas as orientações

necessárias, foi permitido a esses estudantes que concluíssem a atividade em casa, para que pudessem entregá-la na aula seguinte.

Na segunda aula com a utilização do PowerPoint, deu-se continuidade ao desenvolvimento do conteúdo. Na aula em questão foram projetados 11 slides que deram continuidade ao ensino da refração e, da mesma forma da aula anterior, os estudantes receberam uma apostila contendo impressos os slides apresentados. Devido os slides da segunda aula possuírem uma dinâmica de movimento, onde são mostrados os desvios prováveis dos raios de luz, e pelo fato de os estudantes estarem mais familiarizados com a nova metodologia, a aula tornou-se mais dinâmica e participativa, a curiosidade dos estudantes ficou mais explícita, aumentando o interesse e os questionamentos. Quanto ao grupo testemunha, seguimos com as aulas tradicionais; por não participarem das aulas no laboratório, o conteúdo fluía normalmente e parte das aulas ficava reservada à resolução de exercícios do livro didático.

Iniciamos, então, a segunda aula no laboratório de informática com uma nova aplicação dos simuladores em Java Applet. Desta vez nos antecipamos aos problemas surgidos na primeira aplicação e, mesmos assim, houve uma pequena demora para que os estudantes se acomodassem frente aos computadores, devido, desta vez, ao deslocamento dos mesmos no trajeto de sua sala de aula até o laboratório de informática. Iniciada a atividade, foi solicitado aos estudantes que acessassem o site disponível em <http://www.walter-fendt.de/ph11br/refraction_br.htm>, último acesso em: 15 set. 2008, e, seguindo as orientações do novo roteiro de estudo (atividade 2), executassem as atividades pedidas em interação com o simulador virtual. Nessa aula, no laboratório, notamos uma maior desenvoltura dos estudantes na realização da atividade, menos dúvidas quanto ao manuseio do

aplicativo Applet e muito mais questões formuladas a respeito do efeito óptico estudado; percebeu-se também uma maior independência dos estudantes na realização da tarefa. A atividade 2 do laboratório possuía duas questões para a realização de cálculos. Como o objetivo maior da atividade era o de proporcionar uma visão qualitativa do fenômeno, os estudantes receberam a orientação do professor para que não resolvessem as questões no laboratório de informática, pois as mesmas seriam discutidas em sala de aula. Ao término da aula, apenas três estudantes pediram um prazo maior para a conclusão da atividade; o prazo concedido aos estudantes foi de mais 15 minutos, por se tratar das considerações finais e de estarem saindo para o intervalo que tem a mesma duração do tempo concedido.

Na terceira e última aula com a utilização do PowerPoint, os estudantes novamente foram levados à sala de aula onde havia sido montado o data-show para que ocorresse a projeção dos slides. Tratamos dos efeitos ópticos da refração com o emprego de 8 slides e novamente os estudantes estavam de posse de uma apostila contendo impressos os slides apresentados. A aula aconteceu em um clima de descontração devido à maior familiaridade com o processo. Percebemos uma melhor utilização da apostila pelos estudantes em suas anotações de sala e no desenvolver da aula, fator importante para um apanhado geral em uma revisão de conteúdo. Como o conteúdo apresentado era menor do que os das aulas anteriores e o dinamismo foi mais acentuado, sobrou tempo para que pudéssemos resolver os exercícios não realizados na última aula de laboratório e, com isso, apresentamos também a parte quantitativa do conteúdo em questão. Quanto ao grupo testemunha, o conteúdo estava também na sua conclusão, já se havia trabalhado com os

estudantes alguns exercícios do livro didático e discutido diversos exemplos de aplicabilidade da refração, sempre utilizando-se do quadro negro e da oratória.

Na terceira e última aula no laboratório de informática com o grupo experimental, tudo aconteceu como o planejado desde o princípio, os estudantes já independentes das orientações do professor mestrando, se puseram frente aos computadores e iniciaram a atividade 3 do laboratório de informática, desta vez, iniciando o site disponível em <<http://br.geocities.com/saladefisica3/laboratorio/refracao/refracao.htm>>, último acesso em: 15 set. 2008. Alguns estudantes, em torno de quatro, tiveram a necessidade de um acompanhamento mais individualizado, pois percebemos neles um certo desinteresse quanto ao uso da nova ferramenta, o computador. Quando questionados sobre o motivo de tal desinteresse, alegaram apenas uma pouca familiaridade quanto ao seu uso. Os demais estudantes seguiram com a atividade sem maiores problemas; foram necessários apenas orientações sobre como trabalhar com o Java Applet utilizado na atividade 3 e algumas traduções para o português dos termos em inglês que se faziam presente na simulação. Ao término da aula apenas uma aluna alegou não estar entendendo nada da atividade proposta pelo professor e, por isso, entregou a atividade quase em branco. Após uma breve pesquisa do professor em suas anotações, verificou-se que tal aluna não freqüentava regularmente as aulas, motivo provável da sua dificuldade.

Na aula seguinte à da realização da última atividade no laboratório de informática, os estudantes do grupo experimental foram levados novamente à sala de aula, onde havia sido montado o data-show, de posse das três apostilas fornecidas no decorrer das aulas e de posse também das três atividades realizadas no laboratório de informática. O professor (mestrando) ministrou uma revisão do

conteúdo com a utilização dos sites solicitados nas atividades, com o intuito de fazer com que os estudantes identificassem os fenômenos estudados com a utilização dos simuladores em Java Applet. Com isso, refizemos todas as atividades, agora sob o manuseio e orientação exclusiva do professor. No decorrer da aula foram discutidas todas as questões das três atividades, para que os estudantes chegassem às conclusões pertinentes e sempre contrastando com as respostas apresentadas por eles.

Feita a revisão, na aula seguinte foi aplicado o pós-teste, idêntico ao aplicado anteriormente, o pré-teste. Tanto o grupo experimental quanto o grupo testemunha, foram submetidos no mesmo dia ao pós-teste, com o objetivo de comparar os dois grupos e perceber se houve um ganho de aprendizagem do grupo experimental com a aplicação dos simuladores em Java Applet, em relação ao grupo testemunha que teve as aulas tradicionais. É importante salientar que no dia da aplicação do pós-teste, três estudantes do grupo experimental faltaram, perfazendo um total de 27 testes realizados; com isso foram computados apenas estes 27 testes como válidos para o grupo experimental. O grupo testemunha manteve-se sem alterações durante a aplicação dos dois testes, ou seja, todos os 27 estudantes da turma realizaram tanto o pré-teste quanto o pós-teste.

Na aula seguinte à realização do pós-teste, o grupo experimental, foi submetido a um questionário de opinião que versava sobre a aplicação do projeto, colhendo informações sobre o uso dos applets e do PowerPoint, tais como: se os mesmos facilitaram a sua aprendizagem de alguma forma; sobre o manuseio dos simuladores; sobre o uso da informática na educação; sobre se desejavam continuar com as aulas no formato apresentado. Foram solicitados também sugestões e críticas quanto à implementação do projeto.

No capítulo a seguir faremos uma análise de todos os dados coletados nas atividades apresentadas: pré-teste, pós-teste e também no questionário de opinião.

Capítulo 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO:

6.1 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NO PRÉ E PÓS-TESTE:

Para efeito da análise dos resultados, é importante lembrar que devido a falta de três estudantes do grupo experimental no dia da aplicação do pós-teste, foram considerados apenas 27 testes desse grupo, ou seja, foram descartados os pré-testes dos três estudantes que faltaram ao pós-teste. Com isso, toda a base de dados levantado para a análise e discussão, contou com 27 estudantes do grupo experimental e 27 estudantes do grupo testemunha.

O teste possui 18 questões; algumas delas foram elaboradas com o intuito de abranger o conteúdo trabalhado com os Applets, outras questões foram elaboradas com a intenção de tratar do conteúdo de uma forma mais abrangente, fora do que foi observado nos simuladores. Desta maneira poderíamos analisar o desempenho do grupo experimental em comparação com o grupo testemunha, tanto nos conteúdos abordados pelos applets, como em conteúdos trabalhados somente em sala de aula com ambos os grupos e, a partir daí, observar a capacidade do grupo experimental em relacionar o conhecimento adquirido na manipulação dos simuladores em Java Applet com os diversos tópicos da Refração.

As questões de 1 a 11 foram elaboradas pelo professor mestrando voltadas para o conteúdo trabalhado na utilização dos Java Applets onde as questões de 1 a 4 tratam da alteração da velocidade da luz ao mudar o seu meio de propagação, do desvio da luz ao alterar sua velocidade e dos valores dos ângulos de incidência e de refração devido a alteração do meio de propagação. As questões de número 5 a 8 verificam a Lei de Snell, a determinação do Ângulo Limite, a ocorrência da Reflexão Total e analisam a incidência Normal. As questões de 9 a 11 versam sobre a

alteração do comprimento de onda em uma refração, a alteração do ângulo de incidência ao mudar de meio de propagação, a frequência da onda ao mudar de meio de propagação e a alteração da velocidade da onda ao mudar de meio de propagação.

As questões de 12 a 18 foram retiradas de livros didáticos já citados no capítulo 4 - Produto Educacional - e de um software de elaboração de questões conhecido como SuperPro¹⁴. O intuito é o de analisar o desempenho do grupo experimental em outros tópicos da Refração não abordados pelos Applets, porém trabalhados em sala de aula, tais como, lâminas de faces paralelas, efeitos da Refração na atmosfera e situações cotidianas de observação da Refração.

Faremos agora uma análise dos dados obtidos ao longo desse estudo, de acordo com os testes aplicados aos estudantes (pré-teste/pós-teste). Na exposição dos dados a seguir, a resposta correta entre as alternativas apresentadas, A, B, C ou D, de cada questão, estará assinalada por um quadrinho em destaque entre os demais.

Tabela 1: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 1.

QUESTÃO 1:											
No fenômeno da refração, o raio de luz, ao atravessar a fronteira entre dois meios transparentes:											
a. () é desviado;											
b. () não é desviado;											
c. () pode desviar ou não;											
d. () o raio de luz não pode atravessar meios transparentes.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	14	7	6	0	22,22%	6	7	14	0	51,85%	29,63%
Testemunha	9	11	7	0	25,93%	6	7	14	0	51,85%	25,93%

¹⁴ SUPERPRO® – Versão 6.1.0, Colibri Informática Ltda. (1994 – 2008).

A tabela 1 mostra um aumento no percentual de acertos para ambos os grupos, porém, superior em 3,7% para o grupo experimental em relação ao grupo testemunha. Observa-se aqui que, apesar desse aumento nas assertivas, cerca de 26% dos estudantes ainda acreditam que a luz não é desviada quando ocorre a refração.

Tabela 2: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 2.

<p>QUESTÃO 2:</p> <p>Quando um feixe de luz atravessa a superfície de separação de dois meios a sua velocidade de propagação:</p> <p>a. () permanece a mesma;</p> <p>b. () aumenta;</p> <p>c. () diminui;</p> <p>d. () faltam dados para responder.</p>											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	11	2	10	4	14,81 %	1	3	7	16	59,26 %	44,45 %
Testemunha	15	3	8	1	3,70 %	2	3	12	10	37,04 %	33,33 %

A tabela 2 mostra que o grupo experimental, mais que o grupo testemunha, conseguiu perceber que, para avaliar o desvio da velocidade de propagação na Refração existem variáveis a serem analisadas. O aumento de 44,45% no número de acertos do grupo experimental é superior em 11,12% ao do grupo testemunha.

Tabela 3: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 3.

QUESTÃO 3:											
Na refração da luz, ao atravessar a fronteira entre dois meios transparentes:											
a. () i é sempre maior que r ;											
b. () i é sempre menor que r ;											
c. () i é sempre igual a r ;											
d. () i pode ser maior, menor ou igual a r .											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	6	2	7	12	44,44 %	0	2	7	18	66,67 %	22,22 %
Testemunha	4	3	9	11	40,74 %	7	3	6	11	40,74 %	0,00 %

Na tabela 3 vemos que houve uma melhora no número de acertos do grupo experimental enquanto que, o grupo testemunha se manteve com mesmo número de acertos. Observa-se que o grupo experimental conseguiu melhorar sua percepção sobre a comparação das medidas dos ângulos de incidência com o ângulo de refração e perceber que elas podem variar de acordo com a forma de incidência do raio de luz.

Tabela 4: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 4.

QUESTÃO 4:											
Um raio de luz passou de um meio transparente A para um meio transparente B. Sabendo-se que o raio luminoso incidente era oblíquo, pode-se afirmar que:											
a. () houve desvio e alteração da velocidade de propagação do raio luminoso; b. () houve desvio, porém não houve alteração da velocidade de propagação do raio luminoso; c. () não houve desvio, mas a velocidade de propagação do raio luminoso sofreu alteração. d. () não houve desvio e nem alteração da velocidade de propagação do raio luminoso.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	10	8	5	4	37,04 %	17	1	5	4	62,96 %	25,93 %
Testemunha	7	7	8	5	25,93 %	15	6	3	3	55,56 %	29,63 %

Na tabela 4 o aumento percentual de acertos do grupo experimental foi inferior ao do grupo testemunha, mas percebe-se que, mesmo assim, o percentual de acertos do grupo experimental se manteve superior tanto no pré-teste quanto no pós-teste.

Tabela 5: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 5.

QUESTÃO 5:											
A refração é um conceito físico que está relacionado:											
a. () à velocidade de propagação do raio de luz; b. () ao índice de refração de um meio; c. () ao ângulo de incidência; d. () à frequência do raio de luz.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	4	17	2	4	62,96 %	6	20	0	1	74,07 %	11,11 %
Testemunha	3	15	6	3	55,56 %	4	17	1	5	62,96 %	7,41 %

Na tabela 5 observa-se também um aumento superior no aumento do número de acertos para o grupo experimental. Vale salientar que tanto no pré-teste quanto no pós-teste os dois grupos tiveram um percentual de acertos superior a 50%.

Tabela 6: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 6.

QUESTÃO 6:											
Quando um raio de luz passa de um meio <u>mais</u> refringente para outro <u>menos</u> refringente através de uma incidência oblíqua ($0^\circ < i < 90^\circ$), ele:											
a. () se afasta da normal; b. () se aproxima da normal; c. () não ocorre desvio; d. () não sofre refração.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	8	11	3	5	29,63 %	12	15	0	0	44,44 %	14,81 %
Testemunha	11	13	2	1	40,74 %	7	18	2	0	25,93 %	-14,81 %

A tabela 6 mostra uma queda no número de acertos do grupo testemunha e, apesar do aumento de acertos do grupo experimental, mais da metade da turma (55,55%) concentrou sua resposta em um item incorreto.

Tabela 7: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 7.

QUESTÃO 7:											
Quando um raio de luz passa de um meio <u>mais</u> refringente para outro <u>menos</u> refringente através de uma incidência normal ($i = 0^\circ$), ele:											
a. () se afasta da normal; b. () se aproxima da normal; c. () não ocorre desvio; d. () não sofre refração.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	8	10	9	0	33,33 %	3	4	14	6	51,85 %	18,52 %
Testemunha	6	10	9	2	33,33 %	5	7	11	4	40,74 %	7,41 %

Na tabela 7 tivemos o mesmo número de acertos no pré-teste para ambos os grupos, e, no pós-teste, tivemos um percentual de acertos maior para o grupo experimental, o que mostra uma percepção maior do não desvio do raio de luz na incidência normal.

Tabela 8: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 8.

QUESTÃO 8:											
Para que ocorra uma reflexão total do raio de luz, as condições necessárias são:											
a. () raio de luz deve passar do meio mais refringente para o meio menos refringente e o ângulo de incidência ser superior ao ângulo limite.											
b. () raio de luz deve passar do meio mais refringente para o meio menos refringente e o ângulo de incidência ser inferior ao ângulo limite.											
c. () raio de luz deve passar do meio menos refringente para o meio mais refringente e o ângulo de incidência ser superior ao ângulo limite.											
d. () raio de luz deve passar do meio menos refringente para o meio mais refringente e o ângulo de incidência ser inferior ao ângulo limite.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	6	7	9	5	22,22 %	13	5	9	0	48,15 %	25,93 %
Testemunha	6	7	11	3	22,22 %	7	7	10	3	25,93 %	3,70 %

Na tabela 8 tivemos novamente o mesmo número de respostas no pré-teste para ambos os grupos, mas, no pós-teste, o grupo experimental teve um aumento considerável no número de acertos em comparação com o grupo testemunha.

Tabela 9: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 9.

QUESTÃO 9:											
A velocidade de propagação da luz na água é:											
a. <input type="checkbox"/> maior que no ar;											
b. <input type="checkbox"/> menor que no ar;											
c. <input type="checkbox"/> igual a do ar;											
d. <input type="checkbox"/> nenhuma das anteriores.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	2	23	0	2	85,19 %	5	22	0	0	81,48 %	-3,70 %
Testemunha	3	22	2	0	81,48 %	1	22	3	1	81,48 %	0,00 %

A tabela 9 mostra um índice negativo no aumento percentual de acertos do grupo experimental e um índice zero para o grupo testemunha, mas observa-se também que tanto no pré-teste quanto no pós-teste, ambos os grupos tiveram um alto índice de acertos para a questão.

Tabela 10: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 10.

QUESTÃO 10:											
Qual das grandezas a seguir não se altera na refração?											
a. <input type="checkbox"/> velocidade da onda;											
b. <input type="checkbox"/> comprimento de onda;											
c. <input type="checkbox"/> frequência da onda;											
d. <input type="checkbox"/> nenhum dos valores anteriores se altera.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	5	3	12	7	44,44 %	0	0	26	1	96,30 %	51,85 %
Testemunha	5	5	11	6	40,74 %	4	9	9	5	33,33 %	-7,41 %

A tabela 10 mostra uma assertiva de quase 100% dos estudantes do grupo experimental para o pós-teste, enquanto que o grupo testemunha obteve um índice negativo para o aumento percentual de acertos.

Tabela 11: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 11.

QUESTÃO 11:											
Na refração, o comprimento de onda de um raio de luz refratado:											
a. <input type="checkbox"/> aumenta quando a velocidade da onda aumenta;											
b. <input type="checkbox"/> aumenta quando a velocidade da onda diminui;											
c. <input type="checkbox"/> diminui quando a velocidade não se altera;											
d. <input type="checkbox"/> não existe relação entre comprimento de onda e velocidade.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	12	6	3	6	44,44 %	11	11	1	4	40,74 %	-3,70 %
Testemunha	12	4	5	6	44,44 %	9	5	3	10	33,33 %	-11,11 %

Na tabela 11 houve uma queda nas assertivas para ambos os grupos; observa-se um percentual negativo maior para o grupo testemunha.

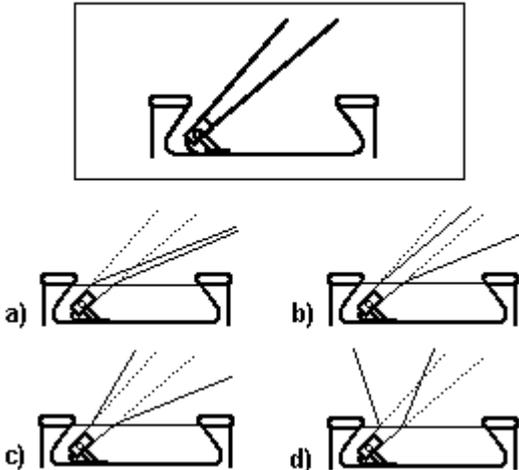
Tabela 12: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 12.

QUESTÃO 12:											
(UFMG) Um feixe de luz, vindo do ar, incide sobre um aquário de vidro com água. Sabe-se que a velocidade da luz é menor na água e no vidro do que no ar.											
Com base nessas informações, assinale a alternativa que melhor representa a trajetória do feixe de luz entrando e saindo do aquário.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	6	9	7	5	22,22 %	5	12	6	4	18,52 %	-3,70 %
Testemunha	4	8	6	9	14,81 %	11	5	9	2	40,74 %	25,93 %

Vemos na tabela 12 que, novamente, o grupo experimental teve um aumento percentual de acertos negativo, enquanto que o grupo testemunha teve um aumento de 25,93%. Essa questão refere-se a lâminas de faces paralelas, não trabalhada com o Java Applets.

Tabela 13: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 13.

QUESTÃO 13:
(UFSCar) Um canhão de luz foi montado no fundo de um lago artificial. Quando o lago se encontra vazio, o feixe produzido corresponde ao representado na figura. Quando o lago está cheio de água, o esquema que melhor representa o caminho a ser seguido pelo feixe de luz é (o índice de refração da luz na água é maior que no ar):



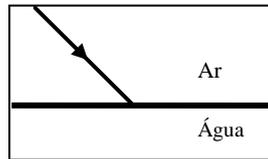
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	3	8	12	4	29,63 %	5	15	5	2	55,56 %	25,93 %
Testemunha	1	9	15	2	33,33 %	6	15	2	4	55,56 %	22,22 %

A tabela 13 é um caso de aplicação do conhecimento adquirido, onde se quer avaliar a capacidade do estudante em relacionar tal conhecimento a situações do nosso cotidiano; observa-se que a turma experimental obteve melhores resultados.

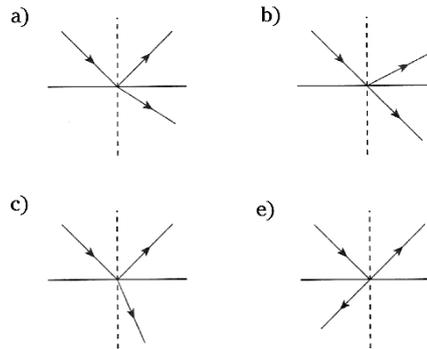
Tabela 14: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 14.

QUESTÃO 14:

(CESGRANRIO) Um raio de luz incide sobre a superfície da água.



Qual das figuras propostas a seguir representa o que acontece ao raio na vizinhança da superfície?



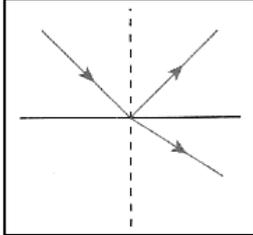
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	13	7	7	0	25,93 %	13	2	12	0	44,44 %	18,52 %
Testemunha	13	5	9	0	33,33 %	8	5	14	0	51,85 %	18,52 %

De acordo com os dados apresentados na tabela 14, o aumento percentual de acertos para a questão 14 foi o mesmo para ambos os grupos, porém, o grupo testemunha obteve um maior número no percentual de acertos para ambos os testes.

Tabela 15: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 15.

QUESTÃO 15:
 (UFF) Um feixe de luz monocromática passa de um meio para outro opticamente diferente.
 Sendo:

V_{REFR} = velocidade da luz do feixe refratado;
 V_{REFL} = velocidade da luz do feixe refletido;
 V_{INC} = velocidade da luz do feixe incidente.



Podemos afirmar que:

a. $V_{REFR} < V_{REFL} = V_{INC}$.
 b. $V_{REFR} = V_{REFL} > V_{INC}$.
 c. $V_{REFR} > V_{REFL} = V_{INC}$.
 d. $V_{REFR} = V_{REFL} = V_{INC}$.

Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	7	8	6	6	22,22 %	8	8	10	1	37,04 %	14,81 %
Testemunha	8	6	8	5	29,63 %	9	4	11	3	40,74 %	11,11 %

Na tabela 15 percebemos um pequeno crescimento no aumento percentual de acertos; o grupo experimental conseguiu um índice melhor que o do grupo testemunha, mostrando assim uma melhor percepção quanto a relação entre desvios do raio de luz e suas alterações de velocidade.

Tabela 16: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 16.

QUESTÃO 16:											
(UFMG) Um feixe de luz do Sol é decomposto ao passar por um prisma de vidro. O feixe de luz visível resultante é composto de ondas com:											
a. () apenas sete freqüências, que correspondem às cores vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil e violeta;											
b. () apenas três freqüências, que correspondem às cores vermelha, amarela e azul;											
c. () apenas três freqüências, que correspondem às cores vermelha, verde e azul;											
d. () uma infinidade de freqüências, que correspondem a cores desde a vermelha até a violeta.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	9	3	0	15	55,56 %	5	0	0	22	81,48 %	25,93 %
Testemunha	5	0	3	19	70,37 %	12	4	1	10	37,04 %	-33,33 %

Na tabela 16, vemos um alto índice no percentual de acertos para o pós-teste do grupo experimental e uma queda considerável no percentual de acertos para o grupo testemunha, chegando a obter índices negativos, com isso, nota-se uma melhor aplicação do conhecimento adquirido pelo grupo experimental a respeito do fenômeno estudado.

Tabela 17: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 17.

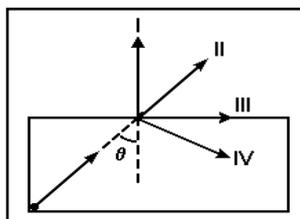
QUESTÃO 17:											
Não representa um fenômeno da refração da luz na atmosfera:											
a. () Posição aparente dos astros;											
b. () Arco-íris;											
c. () Ilusões de poças d'água no asfalto;											
d. () Os azulejos de uma piscina, imersos na água, parecer mais curtos.											
Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	20	1	4	2	7,41 %	9	4	4	10	37,04 %	29,63 %
Testemunha	13	6	4	4	14,81 %	8	6	3	10	37,04 %	22,22 %

Na tabela 17, apesar de ambos os grupos terem obtido os mesmos índices no percentual de acertos para o pós-teste, o grupo experimental mostrou índices maiores para o aumento percentual de acertos; assim, mostrou um melhor entendimento a respeito de fenômenos atmosféricos tendo em vista que todos os itens representam fenômenos de ocorrência da refração.

Tabela 18: Resultados obtidos no Pré-teste e Pós-Teste dos Grupos Experimental e Testemunha para a questão 18.

QUESTÃO 18:

(PUC-PR)A figura mostra um arranjo experimental. No fundo do vaso, uma fonte de luz pontual emite um raio que se desloca na água e atinge a superfície dióptrica.



Considerando o ângulo θ como ângulo limite, o raio emergente é o raio:

- a. () I
 b. () II
 c. () III
 d. () IV

Grupo	Pré-Teste				Percentual de Acertos	Pós-Teste				Percentual de Acertos	Aumento Percentual de Acertos
	A	B	C	D		A	B	C	D		
Experimental	5	13	3	6	11,11 %	3	5	16	3	59,26 %	48,15 %
Testemunha	7	9	6	5	22,22 %	5	3	16	3	59,26 %	37,04 %

Novamente, na tabela 18, ambos os grupos obtiveram os mesmos índices no percentual de acertos para o pós-teste, mas quanto ao aumento do percentual de acertos, o grupo experimental obteve um resultado melhor que o do grupo testemunha, ou seja, um maior número de estudantes parece ter assimilado o conceito de ângulo limite.

De acordo com os dados das tabelas anteriores, observa-se que o grupo experimental obteve um aproveitamento maior em comparação com o grupo testemunha. Utilizando uma metodologia tradicional de ensino, com o uso do quadro negro e do livro didático, a média no percentual de acertos do grupo testemunha passou de 35,19% no pré-teste para 45,06% no pós-teste, tendo um aumento no percentual de acertos de 9,87%. O grupo experimental, que foi submetido ao tratamento, ou seja, ao uso dos Java Applets como recurso instrucional, passou de 34,16% no pré-teste para 56,17% no pós-teste, tendo um aumento no percentual de acertos de 22,01%. Isso significa uma diferença de 12,14% a mais no percentual de acertos para o grupo experimental, em comparação ao grupo testemunha como mostra o gráfico da figura 25.

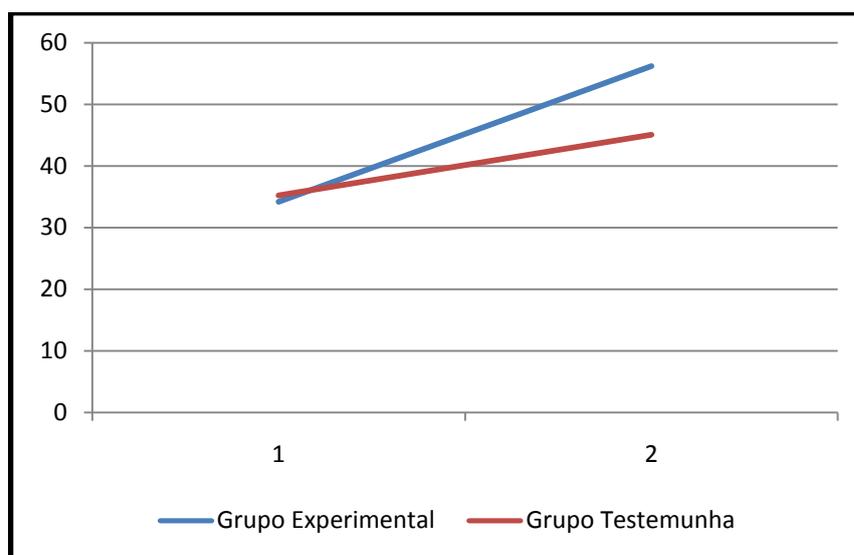


Figura 25 - Gráfico do aumento no percentual de acertos entre pré-teste e pós-teste para os grupos experimental e testemunha.

Como dito anteriormente, as questões de 1 a 11 foram elaboradas voltadas para o tratamento dos conteúdos pelos Java applets. Nessas questões, o grupo experimental se sobressaiu quanto ao percentual de acertos, em comparação ao grupo testemunha, em 8 dentre as 11 questões apresentadas, o que corresponde a um percentual de 72,72 %.

As questões de 12 a 18, foram retiradas de livros didáticos e de um software de elaboração de questões, o SuperPro, já citado anteriormente, com intuito de analisar o desempenho do grupo experimental com outros tópicos da Refração não abordados pelos Applets, porém trabalhados em sala de aula. O grupo experimental se sobressaiu no percentual de acertos, em comparação ao grupo testemunha, em 5 dentre as 7 questões apresentadas, o que corresponde a um percentual de 71,42 %. Analisando os resultados como um todo, o grupo experimental se sobressaiu em 13 dentre as 18 questões contidas nos teste, perfazendo um percentual de 72,22% das questões apresentadas.

Dentre as cinco questões nas quais o grupo experimental não se destacou em relação ao grupo testemunha, (questões 4, 9, 11, 12 e 14), em duas delas, (questões 4 e 14), este grupo ainda obteve um aumento no percentual de acertos comparando pré-teste com o pós-teste. Para a questão 4, o aumento obtido não foi superior ao alcançado pelo grupo testemunha como pode ser observado na tabela 4 (p. 86). Na questão 14, este grupo obteve uma média igual ao grupo testemunha no aumento do percentual de acertos, o que pode ser observado na tabela 14 (p. 92). Nas questões 9, 11 e 12, o grupo experimental apresentou uma queda no percentual de acertos de 3,7% em cada uma delas, o que corresponde a um estudante a menos acertando cada questão. O grupo testemunha, para a questão 9, não obteve aumento em seu percentual de acertos, obtendo o mesmo número de assertivas para o pré- teste e para o pós-teste. Na questão 11, o grupo testemunha também apresentou uma queda de 11,11% no aumento percentual de acertos, o que corresponde a 3 estudantes a menos acertando a questão, contra menos um estudante do grupo experimental. Para a questão 12 o aumento percentual de acertos foi de 25,93%.

Como dito anteriormente, as questões de 1 a 4, são referentes à atividade 1 com o Java Applet trabalhadas com o grupo experimental, as quais visavam analisar a alteração da velocidade da luz ao mudar de meio de propagação, o desvio da luz ao alterar a velocidade de propagação e os ângulos de incidência e refração com a alteração do meio de propagação. De acordo com o observado na tabela 1 (p. 83), o grupo experimental se destacou do grupo testemunha ao perceber que, na refração, o raio de luz poderá sofrer um desvio ou não, dependendo da maneira pela qual ele incide sobre a superfície de separação e, dessa forma, dissociar a idéia de que a refração só ocorre com desvio do raio de luz.

Uma maior compreensão sobre o que é a refração vem com a questão 2, tabela 2 (p. 84), onde novamente o grupo experimental se sobressai ao grupo testemunha. Ali se percebe a idéia de que a refração está ligada a alteração da velocidade da luz ao mudar de meio de propagação e que, para se afirmar qual a sua variação correta (aumento ou diminuição), precisaria de mais informações sobre os meios de propagação.

A questão 3, tabela 3 (p. 85), avalia a percepção do estudante para o desvio do raio de luz, assim como a questão 1. Com valores maiores para o aumento percentual no número de acertos, o grupo experimental parece ter realmente percebido o possível desvio ou não do raio de luz devido a refração, desta vez comparando os ângulos de incidência com os ângulos de refração.

Ainda sobre o desvio do raio de luz e sobre a alteração da velocidade de propagação ao passar de um meio para outro opticamente diferente, na questão 4, tabela 4 (p. 86), o aumento no percentual do número de acertos foi inferior para o grupo experimental em relação ao grupo testemunha. Se observarmos os dados com mais atenção, perceberemos que tanto no pré-teste, quanto no pós-teste, esse

grupo se manteve com médias superiores ao grupo testemunha no percentual de acertos. Podemos pensar que isso se deu pelo fato de o grupo experimental já ter clara a idéia do desvio e da alteração da velocidade, por isso poucos mudaram suas respostas.

Fazendo uma média no aumento percentual no número de acertos para ambos os grupos, nas questões de 1 a 4, obtivemos para o grupo testemunha um valor de 22,22% e para o grupo experimental um valor de 30,55%, o que mostra um aprendizado mais efetivo para esse segundo grupo. Percebemos aqui, um bom desempenho quanto a utilização dos Java Applets para a atividade 1 realizada no laboratório de informática com o grupo experimental; acreditamos que conseguimos fazer com que o esse grupo conseguisse analisar mais efetivamente os fenômenos da refração referentes a alteração da velocidade de propagação da luz, ao desvio da luz ao alterar sua velocidade, e as possíveis variações dos ângulos de incidência e o ângulo de refração da luz.

Como pôde ser observado, as questões possuíam uma relação de dependência entre si, ou seja, a questão seguinte sempre tinha uma relação com a questão anterior e vice-versa. Os conceitos cobrados eram abordados em todas as questões que compunham o grupo (questões 1, 2, 3 e 4). Como o grupo experimental mostrou um melhor desempenho, nos parece que a utilização interativa do Java Applet pelos estudantes resultou em uma melhor estratégia de ensino, quando comparado com o método tradicional. A inter-relação entre as questões e o maior índice de acertos sugere que a aprendizagem se realizou de forma significativa, como Ausubel sugere que deva ser.

Analisaremos agora as questões de 5 a 8, referentes a atividade 2 com Java Applet trabalhada com o grupo experimental. Nessa atividade são tratados a Lei de

Snell, o Ângulo Limite, a Reflexão Total e a Incidência Normal. A questão 5, tabela 5 (p. 86), refere-se ao conceito de refração e sua relação com o índice de refração de um meio; observamos que ambos os grupos, experimental e testemunha, obtiveram um bom resultado, com destaque para o grupo experimental que teve um índice maior para o aumento percentual no número de acertos.

A questão 6, tabela 6 (p. 87), novamente trata sobre o conceito de refração, porém, associa-se a este conceito, o desvio de um raio de luz devido às diferentes refrações, o que é analisado pela Lei de Snell. O grupo experimental, que já havia obtido bons resultados quanto ao estudo do desvio do raio de luz, mostrou um melhor desempenho quando se analisou tal desvio relacionado com os diferentes índices de refração entre os meios de propagação estudados. O grupo testemunha registrou uma queda no percentual de acertos, o que sugere que o estudo do desvio relacionado com a refração entre os meios de propagação, não foi efetiva para esse grupo.

O aprendizado sobre a Incidência Normal é tratado pela questão 7, tabela 7 (p. 87), Esse fenômeno relaciona os conceitos trabalhados na atividade 2 com os conceitos trabalhados pela atividade 1, ambos com os Java Applets. Os dois grupos obtiveram êxito, aumentando os seus percentuais de acertos, porém, novamente, o grupo experimental conseguiu melhores resultados, superando o grupo testemunha em 11,11 pontos percentuais. Isso sugere que o grupo experimental aprendeu de maneira significativa os conceitos anteriores, conseguindo relacioná-los aos novos conceitos.

A questão 8, tabela 8 (p. 88), verifica o entendimento quanto à Reflexão Total do raio de luz. O grupo experimental, que pôde manipular as variáveis pertinentes ao fenômeno e testar as condições necessárias para sua ocorrência, sobressaiu-se em

22,23% no aumento percentual do número de acertos se comparados com os resultados do grupo testemunha.

Isso sugere, mais uma vez, que o trabalho com o simulador virtual em Java Applet mostra-se eficiente dentro do processo ensino-aprendizagem, o que confirma nossa hipótese de que esse recurso consegue dinamizar o processo, no sentido em que o estudante deixa de ser apenas aquele que absorve o conteúdo, passando a ser parte integrante da aquisição do conhecimento. Essa integração, acreditamos, se dá pela sua interação com o simulador, o que permite a ele testar hipóteses e compreender as condições necessárias para ocorrência de um fenômeno.

Com os bons resultados alcançados, e com a inter-relação dos conceitos avaliados pelas questões, podemos perceber que a aprendizagem também se deu de maneira significativa, e isso também é parte integrante da nossa hipótese, explicitada no início desse trabalho.

O terceiro grupo de questões (questões 9, 10 e 11) trata, em especial, o comportamento do comprimento de onda e da frequência de onda quanto ao fenômeno da refração, analisa também a alteração da velocidade de propagação e os ângulos de incidência e de refração durante uma refração. Esses conceitos foram trabalhados com o grupo experimental na atividade 3 com Java Applet no laboratório de informática

Na questão 9, tabela 9 (p. 89), ambos os grupos, experimental e controle, tiveram um alto índice de acertos. Como esse é um exemplo mais clássico de uma situação de ocorrência de refração, é fácil entender os resultados obtidos. Mesmo assim, o grupo experimental teve um índice negativo de acertos, onde um estudante deixou de acertar a resposta, se compararmos o pré-teste com o pós-teste; acreditamos que essa alteração deu-se pelo fato de que, quando tratamos desse

exemplo em sala de aula, normalmente analisamos a luz passando do ar para a água, daí sim, sua velocidade se torna menor.

A não alteração da frequência de uma onda durante a refração, tratada na questão 10, foi percebida por 96,30% do grupo experimental, enquanto que o grupo testemunha teve uma queda de acertos de 7,41% para a mesma questão como mostra a tabela 10 (p. 89). Aqui, mais do que em outras questões, acreditamos ter conseguido mostrar a importância de se usar um simulador virtual. Para esse caso em especial, o Java Applet mostra a relação entre cor e frequência e que, durante uma refração, a cor da luz não se altera. A relação entre cor e frequência foi trabalhada em sala de aula e verificada no laboratório de informática com o uso do Applet; com o uso do simulador é fácil mostrar esse fenômeno, pois além da interatividade, ele possui as frequências relacionadas às suas respectivas cores, e com a sua utilização, ficou clara a ideia de que a cor não se altera na refração. Estabelecendo essa relação entre cor e frequência, percebe-se que a frequência também não irá se alterar.

Na questão 11, tabela 11 (p. 90), os dois grupos tiveram índices negativos para o aumento percentual de acertos, porém, o grupo testemunha teve uma queda maior. Analisando a tabela 11, pudemos verificar que, apesar da queda, o grupo experimental teve um percentual de acertos no pós-teste, maior que o grupo testemunha. A verificação da alteração do comprimento de onda durante a refração, que está diretamente relacionada com a frequência e com a velocidade da onda, não resultou no esperado, já que está diretamente relacionada à questão anterior. Durante as aulas, notamos que os estudantes perceberam a relação entre a velocidade da luz em um meio e o índice de refração deste meio, que, quanto maior o índice de refração, menor a velocidade da luz no meio. Acreditamos que essa

relação possa ter confundido os estudantes quando se comparou o comprimento da onda com a velocidade no meio, pois a maior tendência de resposta foi para o item (B), o qual afirma que o comprimento de onda de um raio de luz refratado aumenta quando a velocidade da onda diminui.

Apesar de um baixo índice de acertos em duas questões, o grupo experimental ainda se sobressaiu ao grupo testemunha; a média no percentual de acertos para esse grupo de questões (questões 9, 10 e 11), foi de 14,81% para o grupo experimental e de -6,17% para o grupo testemunha. O resultado negativo para o grupo testemunha significa que em nenhuma das três questões, o grupo conseguiu melhorar seu índice de acertos no pós-teste. O grupo experimental teve dois resultados negativos, porém na questão 9, obteve o mesmo número de acertos que o grupo testemunha no pós-teste e na questão 11 alcançou um índice maior de acertos para o pós-teste, comparando com o grupo testemunha.

As questões 12 a 18 são aquelas que não foram abordadas nos simuladores virtuais em Java Applets, mas fizeram parte do conteúdo ministrado em sala de aula. No caso do grupo experimental, essas aulas foram ministradas com a utilização do PowerPoint. Os conceitos abordados foram: lâminas de faces paralelas, efeitos da Refração na atmosfera e situações cotidianas de observação da Refração. Como dito no início desse capítulo, a intenção foi a de medir o desempenho do grupo experimental em conceitos não trabalhados com os simuladores, colocando, assim, esse grupo nas mesmas condições do grupo experimental.

Analisando os resultados coletados e fazendo a média do aumento no percentual do número de acertos para os dois grupos, perceberemos que o grupo testemunha obteve uma média de 14,81%, enquanto que o grupo experimental obteve uma média de 22,75%. Concluimos, então, que o grupo experimental

conseguiu melhores resultados nas questões referentes ao conteúdo abordado somente em sala de aula. Podemos, então, afirmar que, após passar pelas atividades com o Java Applets, o grupo experimental havia desenvolvido habilidades superiores às desenvolvidas pelo grupo testemunha que participou somente das aulas tradicionais.

Entre as sete questões que visam testar os conhecimentos adquiridos pelo grupo experimental, além do adquirido pelos simuladores em Java Applet, em apenas uma delas (questão 12) esse grupo obteve uma média inferior às do grupo testemunha. Por se tratar de uma dupla refração, o grupo experimental não percebeu que, ao retornar ao ar, o raio de luz sofreria uma segunda refração. Pelo observado na tabela 12 (p. 90), o maior índice de incidência de resposta no pós-teste, para esse grupo, está no item (B), o que dá a impressão de se perceber apenas uma ocorrência de refração.

Na questão 14, o aumento percentual do número de acertos foi o mesmo para ambos os grupos. Os gráficos apresentados nessa questão são estáticos tais como são os gráficos trabalhados tradicionalmente em sala de aula. O reconhecimento visual do fenômeno é facilitado para quem trabalhou com este tipo de conteúdo. Como ambos os grupos tiveram essa mesma atividade, é esperado que os dois tenham o mesmo índice de acertos.

O grupo experimental também saiu-se melhor nas questões 13, 15, 16, 17 e 18 do teste. As questões 15 e 18 ainda são questões que trabalham de forma gráfica a percepção dos fenômenos da refração; a questão 15 trabalha com a análise das alterações da velocidade da luz durante uma refração e a questão 18 requer que o estudante perceba corretamente o raio emergente, quando o raio de luz incide com um valor de ângulo limite. Nas questões 13, 16 e 17, que abordam a refração em

fenômenos naturais, o grupo experimental obteve maiores índices no aumento percentual do número de acertos, o que sugere que esse grupo se apropriou melhor dos conhecimentos por meio do tratamento ao qual foi submetido, se comparado ao grupo testemunha.

Pudemos perceber claramente com os resultados alcançados pelo grupo experimental que, quando um estudante participa efetivamente do seu processo de aprendizagem, interagindo com o objeto do conhecimento, testando hipóteses e manipulando as variáveis pertinentes ao fenômeno, a aprendizagem significativa é facilitada. A metodologia proposta, visando à utilização dos simuladores virtuais de fenômenos científicos, permitiu ao estudante se relacionar com o conteúdo ministrado, desenvolvendo aprendizagem significativa, a ponto de conseguir relacioná-la aos fenômenos cotidianos como visto em nossa análise. Dessa maneira, acreditamos ter corroborado a hipótese de nosso projeto, de que a utilização dos simuladores virtuais em Java Applet, dinamizaria o processo ensino-aprendizagem fazendo com que o conhecimento fosse adquirido de forma significativa.

6.2 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS UTILIZANDO O TESTE t PARA DADOS PAREADOS:

Utilizando uma ferramenta da estatística aplicada, testamos a significância dos resultados obtidos entre o pré-teste e o pós-teste do grupo experimental e entre o pré-teste e o pós-teste do grupo de controle. Para isso, utilizamos o *teste t de comparação entre duas médias*. O teste t para dados pareados é apropriado para comparar dois conjuntos de dados quantitativos, em termos de seus valores médios. A estatística do teste baseia-se nos valores observados da variável D , definida pela

diferença de valores de cada par [(medidas depois) – (medidas antes)], num estudo tipo antes-e-depois (Barbetta, 2007).

Para aplicar o teste t , devemos formular uma hipótese nula (H_0) e uma hipótese alternativa (H_1); quando o valor calculado da estatística t estiver próximo de zero, H_0 poderá ser aceita. Por outro lado, se t estiver longe de zero, H_0 deverá ser rejeitada em favor de H_1 . Depois de observar os dados e calcular o valor estatístico t , podemos obter o valor p , que representa a probabilidade de significância, e compará-lo com o valor α que é conhecido como nível de significância do teste. É comum adotar o nível de significância de 5%, isto é, $\alpha = 0,05$. Temos a seguinte regra geral de decisão de significância de um teste estatístico:

$$p > \alpha \rightarrow \text{aceita } H_0$$

$$p \leq \alpha \rightarrow \text{rejeita } H_0, \text{ em favor de } H_1.$$

A tabela 19 (p. 107), apresenta as medidas nos números de acertos do pré-teste (antes) e do pós-teste (depois) do grupo testemunha feita de uma maneira individual, ou seja, estudante a estudante.

Tabela 19: Número de acertos obtidos no Pré-Teste e Pós-Teste do Grupo Testemunha.

Grupo Testemunha	Acertos Pré-Teste (1)	Acertos Pós-Teste (2)
Estudante 1	7,0	5,0
Estudante 2	8,0	5,0
Estudante 3	11,0	17,0
Estudante 4	8,0	11,0
Estudante 5	6,0	10,0
Estudante 6	7,0	3,0
Estudante 7	3,0	16,0
Estudante 8	6,0	10,0
Estudante 9	4,0	10,0
Estudante 10	7,0	15,0
Estudante 11	4,0	13,0
Estudante 12	8,0	3,0
Estudante 13	12,0	7,0
Estudante 14	4,0	3,0
Estudante 15	7,0	17,0
Estudante 16	6,0	11,0
Estudante 17	5,0	10,0
Estudante 18	5,0	15,0
Estudante 19	3,0	7,0
Estudante 20	7,0	16,0
Estudante 21	7,0	10,0
Estudante 22	6,0	10,0
Estudante 23	5,0	11,0
Estudante 24	9,0	3,0
Estudante 25	3,0	11,0
Estudante 26	7,0	11,0
Estudante 27	5,0	13,0

Lançamos os dados do grupo testemunha, mostrados na tabela 19, em um software de análises estatísticas conhecido como BioEstat 5.0¹⁵. Nesse software, após o lançamento dos dados, selecionamos as opções na seguinte ordem: *Estatísticas – Duas Amostras Relacionadas – Teste t – Dados Amostrais*. A figura 26, apresentada a seguir, mostra os resultados obtidos quando pedimos a execução estatística.

¹⁵ AYRES, M.; AYRES JR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A. S.; - BioEstat . Versão 5.0, Sociedade Civil Mamirauá, MCT – CNPq, Belém, Pará, Brasil, 2007.

	- 1 -	- 2 -
Indivíduos	27	27
Média	6.2963	10.1111
Desvio Padrão	2.2329	4.4144
Erro Padrão	0.4297	0.8496
Desv. Padrão da Diferença	5.1964	---
Erro Padrão da Diferença	1.0001	---
Média das diferenças	-3.8148	---
(t)=	-3.8146	---
Graus de Liberdade	26	---
(p) unilateral =	0.0004	---
(p) bilateral =	0.0007	---
IC (95%)	-5.8709 a -1.7587	---
IC (99%)	-6.5940 a -1.0357	---

Figura 26 - Resultados obtidos no Teste t para amostras pareadas entre o pré-teste e o pós-teste do grupo testemunha executada no BioEstat 5.0.

As hipóteses formuladas para o grupo testemunha são:

H_0 : O desempenho dos estudantes, com o uso de aulas tradicionais, *não contribui* para a ocorrência da aprendizagem significativa.

H_1 : O desempenho dos estudantes, com o uso de aulas tradicionais, *favorece* a ocorrência da aprendizagem significativa.

Analisando os valores encontrados na figura 26, observamos que, para o teste t , encontramos um valor igual a 3,8148, onde o valor negativo demonstra apenas que a média obtida pela segunda amostra (2) referente ao pós-teste foi maior que a média obtida pela primeira amostra (1) referente ao pré-teste. Com o valor de t maior que zero, H_0 deverá ser rejeitada, em favor de H_1 , o que significa dizer que o método tradicional de ensino, apesar das críticas, ainda se mostra um bom processo de ensino. Acreditamos que após tantos anos submetidos à forma tradicional de ensino, os estudantes já tenham se adaptado a essa metodologia educacional. Analisando ainda o valor de p (probabilidade de significância) obtido na

amostra, podemos constatar que seu valor é menor que α (nível de significância do teste) e que, segundo a regra geral, devemos rejeitar H_0 , em favor de H_1 .

A tabela 20 apresenta as medidas dos números de acertos do pré-teste e do pós-teste do grupo experimental feita de uma maneira individual, ou seja, estudante a estudante.

Tabela 20: Número de acertos obtidos no Pré-teste e Pós-Teste do Grupo Experimental.

Grupo Experimental	Acertos Pré-Teste (1)	Acertos Pós-Teste (2)
Estudante 1	6,0	-2,0
Estudante 2	7,0	12,0
Estudante 3	7,0	10,0
Estudante 4	10,0	13,0
Estudante 5	5,0	
Estudante 6	6,0	10,0
Estudante 7	9,0	14,0
Estudante 8	3,0	14,0
Estudante 9	8,0	13,0
Estudante 10	4,0	9,0
Estudante 11	9,0	6,0
Estudante 12	2,0	7,0
Estudante 13	6,0	11,0
Estudante 14	3,0	10,0
Estudante 15	4,0	
Estudante 16	8,0	10,0
Estudante 17	5,0	8,0
Estudante 18	7,0	12,0
Estudante 19	5,0	14,0
Estudante 20	7,0	10,0
Estudante 21	8,0	18,0
Estudante 22	4,0	8,0
Estudante 23	9,0	7,0
Estudante 24	5,0	10,0
Estudante 25	4,0	
Estudante 26	7,0	17,0
Estudante 27	3,0	9,0
Estudante 28	6,0	7,0
Estudante 29	8,0	7,0
Estudante 30	4,0	10,0

Como dito no início desse capítulo, três estudantes faltaram à aplicação do pós-teste e, por terem seus testes descartados, não fizeram parte da coleta e análise de dados. São eles, os estudantes de números 5, 15 e 25, como mostra a tabela 20.

Lançamos os dados do grupo experimental, que constam na tabela 20, no software BioEstat 5.0. Nesse software selecionamos as opções na seguinte ordem: *Estatísticas – Duas Amostras Relacionadas – Teste t – Dados Amostrais*. A figura 27, apresentada a seguir, mostra os resultados obtidos quando pedimos a execução estatística.

	- 1 -	- 2 -
Indivíduos	27	27
Média	6.1481	10.6667
Desvio Padrão	2.1609	3.0509
Erro Padrão	0.4159	0.5871
Desv. Padrão da Diferença	3.3669	---
Erro Padrão da Diferença	0.6480	---
Média das diferenças	-4.5185	---
(t)=	-6.9734	---
Graus de Liberdade	26	---
(p) unilateral =	< 0.0001	---
(p) bilateral =	< 0.0001	---
IC (95%)	-5.8507 a -3.1863	---
IC (99%)	-6.3192 a -2.7178	---

Figura 27 - Resultados obtidos no Teste t para amostras pareadas entre o pré-teste e o pós-teste do grupo experimental executada no BioEstat 5.0.

As hipóteses formuladas para o grupo experimental são:

H_0 : O desempenho dos estudantes, com o uso de Applets como recurso educacional, *não contribui* para a ocorrência da aprendizagem significativa.

H_1 : O desempenho dos estudantes, com o uso de Applets como recurso educacional, *favorece* a ocorrência da aprendizagem significativa.

Analisando agora os valores que constam na figura 27, podemos observar que, de novo, encontramos para o teste t um valor superior a zero. O valor encontrado para o grupo experimental é igual a 6,9734, onde o resultado negativo, lembrando novamente, demonstra apenas que a média obtida pela segunda amostra (2), referente ao pós-teste, foi maior que a média obtida pela primeira amostra (1), referente ao pré-teste. Com o valor de t maior que zero, H_0 deverá ser rejeitada, em favor de H_1 , o que significa dizer que o desempenho dos estudantes, com o uso de Applets como recurso educacional, favorece a ocorrência da aprendizagem significativa. Para o caso dessa amostra, é bom salientar que esses estudantes, até então, passaram por um único processo de ensino, o tradicional, em suas vidas acadêmicas. Provavelmente um ou outro professor deve ter trabalhado com uma metodologia diferente da vivência desses estudantes. Então, indiretamente, estaremos comparando o método tradicional de ensino como o uso de uma nova metodologia, que é a do uso dos Java Applets com agente facilitador da aprendizagem significativa. Analisando ainda o valor de p (probabilidade de significância) obtido na amostra, podemos constatar que seu valor é menor que α (nível de significância do teste), e que, segundo a regra geral, devemos novamente rejeitar H_0 , em favor de H_1 .

Comparando os resultados do teste t do grupo testemunha com o teste t do grupo experimental, observamos um bom desempenho para ambas as metodologias, mostrando que, mesmo com uma metodologia tradicional de ensino, os estudantes têm um ganho significativo na aprendizagem. Porém, com o uso de uma nova forma de ensinar, diferenciada da primeira, utilizando um aplicativo interativo e com a interação do próprio estudante, o ganho foi superior ao encontrado pela metodologia tradicional de ensino. Acreditamos que esse ganho se

dê pela participação efetiva do estudante na aquisição do seu conhecimento. Quando esse estudante manipula as variáveis apresentadas no aplicativo, estará testando as suas próprias indagações sobre o novo conhecimento; testando, por sua vez, as possibilidades dos fenômenos a eles apresentados e, dessa maneira, aprendendo significativamente os conteúdos trabalhados. Pelos resultados alcançados, acreditamos ter havido uma maior eficiência no processo ensino-aprendizagem, com a utilização dos Java Applets como uma estratégia facilitadora da aprendizagem significativa de conceitos científicos.

É importante salientar que nosso projeto não visa desvalorizar a forma tradicional de ensino, e sim, compará-la com a nossa proposta de dinamização do processo ensino-aprendizagem. O que queremos é apresentar uma nova proposta de ensinar, mais interativa, mais dinâmica, mais participativa. Pelos resultados obtidos, acreditamos que essa nova proposta é realmente mais eficaz; basta verificar e comparar os valores dos *testes t* obtidos das duas metodologias. O resultado para o grupo experimental foi de aproximadamente 1,82 vezes melhor que o resultado apresentado para o grupo testemunha, o que corrobora a análise feita anteriormente com os dados apresentados nas tabelas de 1 a 18, onde podemos observar o aumento no percentual de acertos dos dois grupos, experimental e testemunha.

6.3 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ENCONTRADOS NO QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO¹⁶:

Na aula posterior a toda a aplicação do projeto, o grupo experimental participou de uma nova coleta de dados, dessa vez para sondar a opinião dos

¹⁶ O Questionário de Opinião encontra-se no Apêndice F.

estudantes sobre o tratamento ao qual foram submetidos. Essas informações foram importantes para que pudéssemos obter do estudante, o retorno da aplicação dessa nova metodologia. A tabela 21 (p. 114), mostra os resultados encontrados para o questionário de opiniões, com uma observação para a questão 7, onde foram listados os termos mais encontrados para a sua resposta. Assim como no pré-teste e pós-teste, o questionário de opiniões contou com uma base de dados de 27 estudantes, os mesmos que participaram de todo o processo.

Tabela 21: Resultados dos dados coletados no questionário de opinião aplicado ao grupo experimental.

QUESTÃO 1. As aulas, com o uso dos Applets e com o auxílio do computador, tratando do conteúdo sobre Refração foram proveitosas no sentido de facilitar a sua aprendizagem?	a. Sim	70,3%
	b. Não	0 %
	c. Mais ou menos	29,6%
QUESTÃO 2. Você acredita que o uso dos Applets facilitou a sua compreensão sobre os fenômenos no estudo da Refração melhorando, assim, o seu desempenho na avaliação deste conteúdo?	a. Sim	74%
	b. Não	11,1%
	c. Talvez	14,9%
QUESTÃO 3. Durante as nossas aulas sobre Refração você teve problemas relativos ao trato ou com os procedimentos requeridos pelas simulações?	a. Sim	7,4%
	b. Não	44,4%
	c. Às vezes	48,1%
QUESTÃO 4. Você acredita que o uso das aulas com <i>PowerPoint</i> facilitou a sua compreensão sobre os fenômenos no estudo da Refração?	a. Sim	77,7%
	b. Não	11,1%
	c. Talvez	11,1%
QUESTÃO 5. Você gostaria de continuar utilizando os Applets para aprender algum outro tópico de Física?	a. Sim	62,9%
	b. Não	7,4%
	c. Talvez	29,6%
QUESTÃO 6. O uso da informática é estimulante ou motivador para o estudo de tópicos de Física?	a. Sim	74%
	b. Não	7,4%
	c. Talvez	18,5%
QUESTÃO 7. Qual é a sua opinião a respeito de ter estudado o conteúdo de Refração utilizando as aulas no Laboratório de Informática? Apresente críticas e/ou sugestões, se for o caso.		
FAVORÁVEIS: (88,9%)		DESFAVORÁVEIS: (11,1%)
Favorece o estudo.		Foi rápido, difícil de entender.
Estimulante.		Complicado de entender.
Atraiu a atenção.		Ficou algo a desejar.
Aumenta o rendimento.		
Aula diferente.		
Saiu da monotonia.		
Facilitou a aprendizagem.		
O laboratório facilitou.		
Aumentou o interesse.		
Melhor do que em sala.		

Como podemos observar na tabela 21, nenhum dos estudantes discordou, na questão 1, que o computador, com o uso dos Applets, facilita na aprendizagem. Vemos que 70,3% dos estudantes que participaram de todo o processo, concordou que essa nova metodologia proposta resulta em um melhor aproveitamento do estudo e uma maior facilidade na aprendizagem do conteúdo. Dentre os 29,6% dos estudantes que optaram pela resposta *mais ou menos*, as justificativas mais encontradas foram relativas à demora quanto ao acesso ao laboratório de informática, à lentidão dos computadores no acesso ao endereço eletrônico solicitado, à dificuldade de acompanhar o novo método de ensino, à maior afinidade com o método tradicional de ensino. Para o primeiro item, relacionado acima, a justificativa se dá devido à distância das salas de aula ao laboratório de informática; quanto à lentidão dos computadores, na verdade o problema estava relacionado ao estudante, pois, quase nunca, lembrava sua senha pessoal de acesso ao sistema da escola, o que gerava uma demora no acesso à atividade planejada; para os dois últimos itens, que parecem relacionados entre si, a dificuldade em acompanhar o novo método se dá pelo fato de que o estudante tinha que, por si só, descobrir os caminhos para obter a resposta esperada, ou seja, descobrir sozinho como fazer; no último caso, o estudante alegava que não tinha afinidade com o uso da informática.

A questão 2 refere-se às avaliações do conteúdo estudado, em nosso caso a Refração, ou seja, qual foi a colaboração das atividades com os Applets, para a realização das mesmas. Dos estudantes participantes, 74% afirmam que melhoraram o seu desempenho na avaliação do conteúdo; 14,9% concordaram parcialmente afirmando que, com o uso do livro didático, a compreensão foi melhor e apenas 11,1% discordaram plenamente. Esses estudantes que discordaram,

pudemos constatar, estão entre aqueles que, na questão anterior, afirmavam a dificuldade com o novo método e no trato com o computador.

Quanto ao trato com os simuladores em Java Applets, avaliado na questão 3, 44,4% afirmam que não tiveram problemas nos procedimentos requeridos pela simulação e 48,1% dos estudantes afirmam que às vezes encontravam certa dificuldade devido à dinâmica do novo processo. Alguns não conseguiam realizar as tarefas sozinhos e ficavam esperando pelas orientações do professor. Apenas 7,4% dos estudantes alegaram ter encontrado dificuldades no manuseio do simulador e, novamente, percebemos que são aqueles que preferiam uma aula do tipo tradicional.

Analisando agora as aulas com a utilização do PowerPoint, verificamos que, na questão 4, 77,7% das respostas concordam que essa ferramenta facilitou a compreensão dos fenômenos no estudo da refração e 11,1% acham que *talvez* o PowerPoint tenha facilitado, alegando que as aulas ficaram rápidas, complicadas e causavam a dispersão da atenção dos estudantes. Dentre os estudantes pesquisados, apenas 11,1% não concordaram com a facilitação da aprendizagem com o uso do PowerPoint, alegando que as aulas foram confusas, rápidas, causando certa dificuldade em acompanhá-las.

Consultados, na questão 5, se gostariam de continuar utilizando os Applets em outros tópicos da Física, o resultado encontrado foi que, 62,9% afirmam que *sim*, gostariam de continuar, e, 29,6%, afirmam que *talvez* gostassem. Dentre esses que talvez gostassem, as justificativas encontradas foram: certa dependência das aulas tradicionais; talvez não em todos os tópicos e talvez não em todas as aulas. Dos que não gostariam de continuar com utilização do simulador (7,4%), temos como justificativa a melhor compreensão dos conteúdos através das aulas tradicionais.

A questão 6 pergunta sobre o estímulo e a motivação causados pelo uso da informática no ensino de Física. Os dados obtidos mostram que 74% dos estudantes sentiram-se motivados ou estimulados pelo uso dessa ferramenta, enquanto que 18,5% acreditam parcialmente nesse estímulo, alegando que deveriam ter mais auxílio do professor, que os computadores deveriam ser mais modernos e que ajudaria se já se soubesse o conteúdo. Quanto aos que não acham a informática estimulante ou motivadora, representados por 7,4% dos estudantes, alegaram que esse incentivo deve partir do professor e não do recurso utilizado.

A questão 7, de acordo com o observado na tabela 21 (p. 114), solicita que os estudantes façam críticas e sugestões a respeito da aplicação da nossa estratégia. Feito um levantamento das respostas dadas por esses estudantes, verificamos que 88,9% deles apresentaram opiniões favoráveis à nova estratégia de ensino; essas opiniões foram listadas na tabela citada anteriormente, dando ênfase às respostas mais comuns entre aquelas apresentadas. Esse alto percentual de aceitação indica a aprovação, pelos estudantes, da nossa proposta de ensino, que se utiliza, como já se sabe, dos simuladores virtuais em Java, chamados Applets, na facilitação da aprendizagem, dinamizando o processo e fazendo com que essa aprendizagem seja significativa, como proposto em nossa hipótese. Quanto às opiniões desfavoráveis, que representa 11,2% dos estudantes, verificamos que esses estudantes são os mesmos que anteriormente apresentavam dificuldades no trato com o computador ou então preferiam as aulas tradicionais, talvez devido à dinâmica da nova proposta, que faz com que o estudante busque o conhecimento e seja parte integrante do seu aprendizado. Esses estudantes que apresentaram opiniões desfavoráveis, ao longo das aulas, poderão ter uma atenção maior, com o objetivo de que tenham um melhor aproveitamento em sua aprendizagem.

Capítulo 7 – CONCLUSÃO:

Durante a aplicação da nova metodologia percebemos que nosso material ia de encontro com a realidade da maioria dos nossos estudantes, o que proporcionava um ambiente de estímulo, motivação e envolvimento no processo de ensino-aprendizagem. Verificamos a eficiência da proposta na medida em que os estudantes iam rompendo com o paradigma das aulas tradicionais e tornando-se agentes participativos no processo de busca do conhecimento. As diversas possibilidades do fenômeno da Refração, que normalmente não são abordadas em sala de aula devido a estática das representações no uso do quadro negro, foram exploradas e testadas pelos estudantes quando do uso dos aplicativos dinâmicos em Java Applet no laboratório de informática. Outra vantagem do uso desse recurso é a de que, diferente dos outros recursos multimídias comercializados no mercado educacional, eles são encontrados gratuitamente na rede de computadores (Internet), bastando que o professor o selecione e teste sua validade.

Observou-se que o material elaborado facilitou e dinamizou as aulas de Física, pela possibilidade de interação do estudante com o fenômeno óptico e pela exploração didática e interativa do recurso. Para confirmar nossa análise temos que 88,9% dos estudantes se mostraram favoráveis em suas declarações a respeito do uso do dos simuladores em Java Applets no laboratório de informática para o estudo da Refração como mostra a tabela 21 (p. 114).

Com os dados coletados ao longo desse estudo e que estão fundamentados no capítulo 6 dessa dissertação, pudemos verificar que quando o estudante participa efetivamente do seu processo de aprendizagem, como ser atuante na construção do conhecimento, este se torna realmente significativo. O material produzido que

resultou em um recurso didático a ser trabalhado em sala de aula se traduz em um instrumento proposto como facilitador dessa aprendizagem e que veio a corroborar com os nossos objetivos. É importante lembrar que trabalhar uma simulação sem um procedimento didático pré-estabelecido não representa ter um instrumento potencialmente significativo. Elaborar as estratégias de ensino orientadas por uma metodologia adequada, e o acompanhamento constante do professor durante a aplicação das mesmas, é o que garante um bom desempenho desse recurso instrucional.

O número de acertos nas questões dos estudantes do grupo experimental nos testes aplicados passou de 34,16% para 56,17%, tendo um aumento de 64,43%, enquanto que o grupo testemunha, nos mesmos testes, passou de 35,19% para 45,06% de acertos nas questões tendo um aumento de 28,04%. Observamos aqui certa homogeneidade dos grupos antes da aplicação da nova proposta. Porém, foi notório, tanto pelos dados apresentados como pela postura do estudante em sala de aula, a melhora no desempenho do grupo experimental evidenciada com a abordagem da nova metodologia, reforçando a eficácia da proposta de ensino com o material desenvolvido a partir dos Java Applets.

A coleta de dados se limitou a um curto intervalo de tempo, por isso não foram utilizados outros recursos como provas e outros tipos de testes. Porém, acreditamos que os resultados alcançados foram suficientes para comprovar que os Java Applets, associados a uma metodologia ausubeliana, mostram-se eficientes em promover uma aprendizagem significativa. A análise dos resultados com o *Teste t para dados pareados*, mostrou que a aprendizagem do grupo experimental foi realmente uma aprendizagem significativa, o que, acreditamos, confirma nossa hipótese; o valor alcançado pelo teste associado ao índice de significância mostrou

um bom resultado pelo uso dos simuladores no ensino de Física, confirmando assim a análise realizada pelos testes aplicados e, por sua vez, um ganho significativo na aprendizagem.

Apesar dos bons resultados apresentados, em alguns pontos do nosso projeto são necessários ajustes para o melhor desenvolvimento do conteúdo, como um tempo maior para a realização das atividades no laboratório de informática e para as aulas com o uso do PowerPoint, tendo em vista a demanda de questionamentos gerados durante a sua apresentação.

O desenvolvimento da nossa metodologia, resultou em um produto educacional que, de acordo com a revisão bibliográfica e os pressupostos ausubelianos, mostrou-se bastante eficaz. Com isso, esperamos ter colaborado para a prática acadêmica dos professores de Física ao elaborar um material que tem um potencial dinamizador e interativo. As aulas no Laboratório de Informática com o uso dos Java Applets foram elaboradas para que seguissem essa proposta, sempre com o objetivo de promover a aprendizagem significativa.

Concluimos, então, que os objetivos foram alcançados com o êxito de nossa proposta que tem o intuito de melhorar o ensino de Física contribuindo com a prática pedagógica dos professores e, assim, melhorando o processo ensino-aprendizagem de nossos estudantes, possibilitando um ambiente onde esse estudante possa pesquisar, refletir e debater sobre os aspectos gerais que permeiam o estudo dos fenômenos físicos, criando assim uma relação onde estudante e professor se sentam responsáveis pela construção do conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. *“Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física”*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 4, n. 3, p. 5-18, set./dez., 2004.

ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela; MOREIRA, Marco Antônio. *“Atividade de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da cinemática”*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 2, p. 179 – 184, jun., 2004.

BARBETTA, Pedro Alberto. *Estatística Aplicada às Ciências Sociais*. 7. ed. – Florianópolis : Ed. da UFSC, 2007.

BOHIGAS, Xavier; JAÉN, Xavier; NOVELL, Montse. *“Applets en la Enseñanza de la Física”*. Enseñanza de las Ciencias, v. 21, n. 3, p. 463-472, nov., 2003.

BONJORNO, José Roberto; BONJORNO, Regina Azenha; BONJORNO, Valter; RAMOS, Clinton Márcico. *FÍSICA: História & Cotidiano: Ensino Médio, Volume Único*. 2ª edição, Editora FTD, São Paulo, 2005.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVAROLO, Ariovaldo S. Cruz Caetano; SILVA, Elias da. *“Proposta de um laboratório didático em microescala assistido por computador para o estudo de mecânica”*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 21, n. 1, p. 127-135, mar., 1999.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; PIFFER, Anderson; NAKAMURA, Patrícia. “O uso da internet na compreensão de temas de física moderna para o ensino médio”.

Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 23, n. 1, p. 108-112, mar., 2001.

CLEBSCH, Angelisa Benetti; MORS, Paulo Machado. “Explorando recursos simples de informática e audiovisuais: uma experiência no ensino de fluidos”.

Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 4, p. 323 – 333, dez., 2004.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. “Física no computador: o computador como ferramenta no ensino e na aprendizagem das Ciências físicas”.

Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 3, p. 259-272, set., 2003.

GASPAR, Alberto. *Física – onda, óptica e termologia*. v. 2, 1 ed., São Paulo: Ática, 2004.

GIORDAN, Marcelo. “O computador na educação em Ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização”. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 279-304, 2005.

LAVILLE, Christian; DIONNE, Jean. *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em Ciências humanas*. Editora Artes Médicas Sul Ltda., Porto Alegre. 337p, 1999.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. *Física*. v.2, 1 ed., São Paulo: Scipione, 2005.

MACHADO, Daniel Iria; SANTOS, Plácida L. V. Amorim da Costa. *“Avaliação da hipermídia no processo de ensino e aprendizagem da Física: o caso da Gravitação”*.

Ciência & Educação, v. 10, n. 1, p. 75-100, 2004.

MAYER, Margareth; BASTOS, Heloisa; COSTA, Sílvio; NUMERIANO, Jeane.

“Ensino de Ciências em ambientes virtuais: A percepção do professor sobre as diferenças na sua prática introduzidas pelo uso das novas tecnologias”. Revista

Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 1, n. 1, p. 132-139, jan./abr., 2001.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. *“Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física”*. Revista Brasileira de Ensino de

Física, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun., 2002.

MOREIRA, Marco Antônio - Teorias de aprendizagem. Capítulo 10 - São Paulo:

Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1999.

MOREIRA, Marco Antônio – A teorias da aprendizagem significativa e sua

implementação em sala de aula - Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

NOGUEIRA, José de Souza; RINALDI, Carlos; FERREIRA, Josimar M; PAULO,

Sérgio R. de. *“Utilização do computador como instrumento de ensino: uma*

perspectiva de aprendizagem significativa.” Revista brasileira de Ensino de Física,

v. 22, n. 4, p. 517-522, dez., 2000.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO, Paulo Antônio de. *Os Fundamentos da física*. v.2, 9 ed., São Paulo: Moderna, 2007.

RAMPINELLI, Mariana; FERRACIOLLI, Laércio. “*Estudo do fenômeno de colisões através da modelagem computacional quantitativa*”. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 1, p. 93-122, abr., 2006.

REZENDE, Flávia. “*Desenvolvimento e avaliação de um sistema hipermídia para facilitar a reestruturação conceitual em mecânica básica*”. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 18, n. 2, p. 197-213, ago., 2001.

REZENDE, Flávia; BARROS, Susana de Souza. “*Discussão e reestruturação conceitual através da interação de estudantes com as visitas guiadas do sistema hipermídia ‘Força e Movimento’*”. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 1, n. 2, p. 51-61, maio/ago., 2001.

SANTOS, Flávia Maria Tereza dos; GRECA, Ileana Maria; SERRANO, Agostinho. “*Uso do software DICEWIN na Química Geral*”. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 3, n. 1, p. 58-69, jan./abr., 2003.

SANTOS, Graciela; OTERO, Maria Rita; FANARO, Maria de los Angeles. “*Como usar software de simulación em classes de Física?*” Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 1, p. 50–66, abr., 2000.

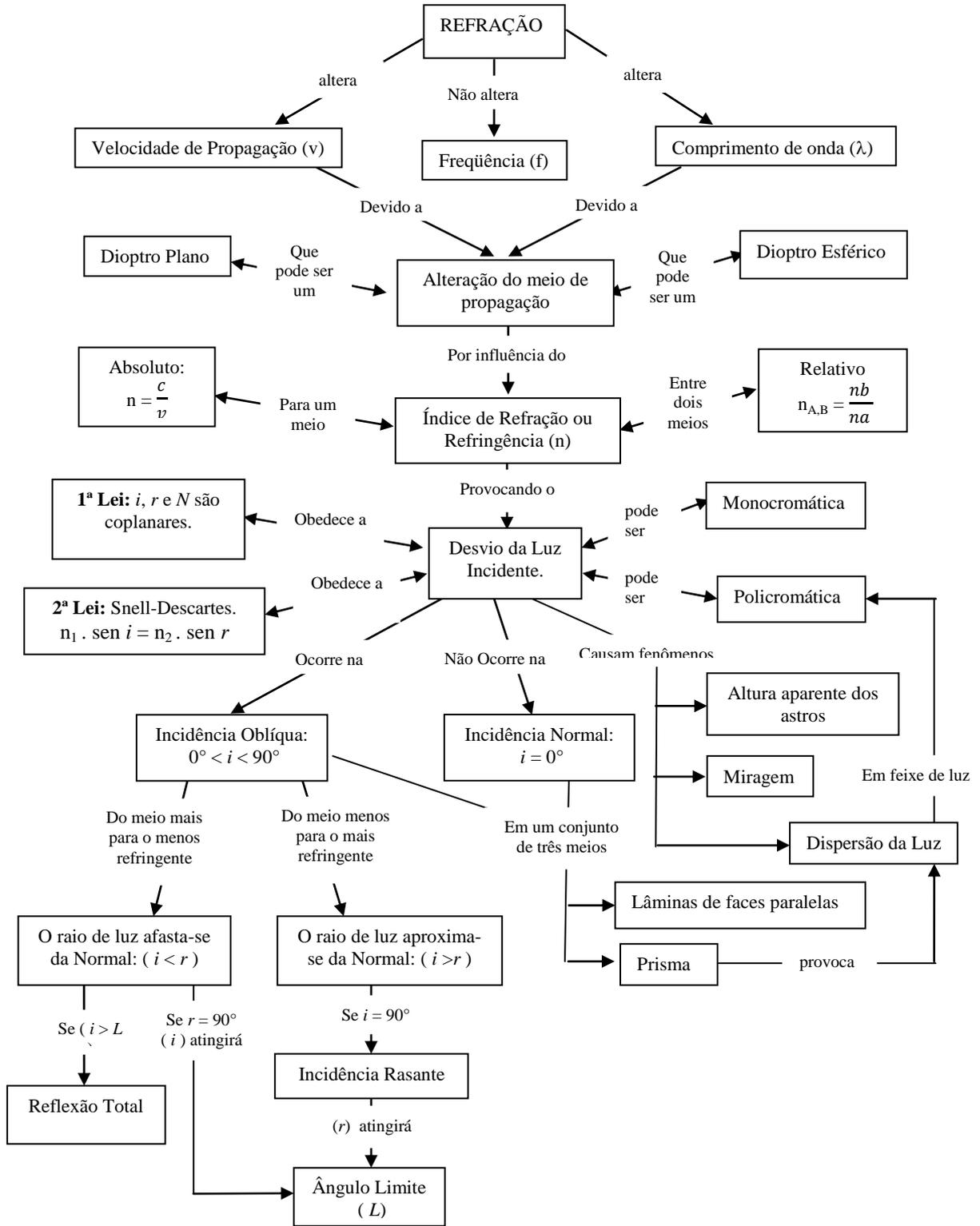
SILVA, Henrique César da; ZIMMERMANN; Erika; CARNEIRO, Maria Helena da Silva; GASTAL, Maria Luiza; CASSIANO, Webster Spiguel. “*Cautela ao usar imagens em aulas de Ciências*”. *Ciência & Educação*, v. 12, n. 2, p. 219-233, 2006.

UTGES, Graciela; JARDÓN, Alberto; FERÁBOLI, Luis; FERNÁNDEZ, Patrícia. “*Visión de profesores en ejercicio respecto de la enseñanza de tecnología: un estudio en Argentina*”. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p. 29-45, 2001.

VEIT, Eliane Angela; TEODORO, V. D. “*Modelagem no ensino/aprendizagem de física e o novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio*”. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n. 2, p. 87-96, jun., 2002.

VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. *Tópicos de física 2: Termologia, ondulatória e óptica*. 16 ed., São Paulo: Saraiva, 2001.

APÊNDICE A



APÊNDICE B



ESTUDANTE: _____

SÉRIE: _____ TURMA: _____ DATA: ____/____/____ BIMESTRE: _____

ÁREA DE CONHECIMENTO: _____ FÍSICA _____

PROFESSOR (A): _____ MILTON SOARES _____

TESTE SOBRE CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE REFRAÇÃO.

PROCURE RESOLVER AS QUESTÕES COM O MÁXIMO DE ATENÇÃO; ISSO É MUITO IMPORTANTE PARA O SUCESSO DO NOSSO TRABALHO.

1. No fenômeno da refração, o raio de luz, ao atravessar a fronteira entre dois meios transparentes:
 - e. é desviado;
 - f. não é desviado;
 - g. pode desviar ou não;
 - h. o raio de luz não pode atravessar meios transparentes.

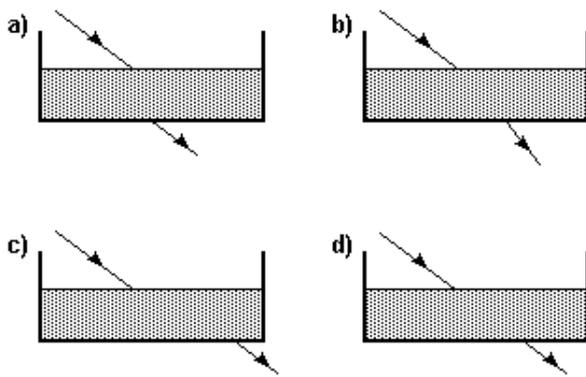
2. Quando um feixe de luz atravessa a superfície de separação de dois meios a sua velocidade de propagação:
 - a. permanece a mesma;
 - b. aumenta;
 - c. diminui;
 - d. falta dados para responder.

3. Na refração da luz, ao atravessar a fronteira entre dois meios transparentes:
 - a. i é sempre maior que r ;
 - b. i é sempre menor que r ;
 - c. i é sempre igual a r ;
 - d. i pode ser maior, menor ou igual a r .

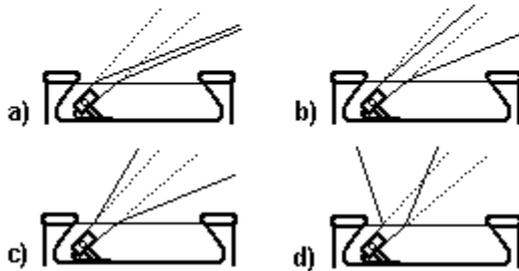
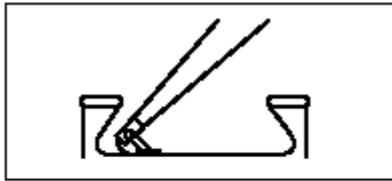
4. Um raio de luz passou de um meio transparente A para um meio transparente B. Sabendo-se que o raio luminoso incidente era oblíquo, pode-se afirmar que:
 - a. houve desvio e alteração da velocidade de propagação do raio luminoso;
 - b. houve desvio, porém não houve alteração da velocidade de propagação do raio luminoso;
 - c. não houve desvio, mas a velocidade de propagação do raio luminoso sofreu alteração.
 - d. não houve desvio e nem alteração da velocidade de propagação do raio luminoso.

5. A refração é um conceito físico que está relacionado:
 - a. à velocidade de propagação do raio de luz;
 - b. ao índice de refração de um meio;
 - c. ao ângulo de incidência;
 - d. à frequência do raio de luz.

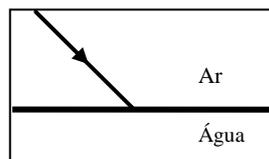
6. Quando um raio de luz passa de um meio **mais** refringente para outro **menos** refringente através de uma incidência oblíqua ($0^\circ < i < 90^\circ$), ele:
- se afasta da normal;
 - se aproxima da normal;
 - não ocorre desvio;
 - não sofre refração.
7. Quando um raio de luz passa de um meio **mais** refringente para outro **menos** refringente através de uma incidência normal ($i = 0^\circ$), ele:
- se afasta da normal;
 - se aproxima da normal;
 - não ocorre desvio;
 - não sofre refração.
8. Para que ocorra uma reflexão total do raio de luz, as condições necessárias são:
- raio de luz deve passar do meio **mais** refringente para o meio **menos** refringente e o ângulo de incidência ser superior ao ângulo limite.
 - raio de luz deve passar do meio **mais** refringente para o meio **menos** refringente e o ângulo de incidência ser inferior ao ângulo limite.
 - raio de luz deve passar do meio **menos** refringente para o meio **mais** refringente e o ângulo de incidência ser superior ao ângulo limite.
 - raio de luz deve passar do meio **menos** refringente para o meio **mais** refringente e o ângulo de incidência ser inferior ao ângulo limite.
9. A velocidade de propagação da luz na água é:
- maior que no ar;
 - menor que no ar;
 - igual a do ar;
 - nenhuma das anteriores.
10. Qual das grandezas a seguir não se altera na refração?
- velocidade da onda;
 - comprimento de onda;
 - frequência da onda;
 - nenhum dos valores anteriores se altera.
11. Na refração, o comprimento de onda de um raio de luz refratado:
- aumenta quando a velocidade da onda aumenta;
 - aumenta quando a velocidade da onda diminui;
 - diminui quando a velocidade não se altera;
 - não existe relação entre comprimento de onda e velocidade.
12. Um feixe de luz, vindo do ar, incide sobre um aquário de vidro com água. Sabe-se que a velocidade da luz é menor na água e no vidro do que no ar. Com base nessas informações, assinale a alternativa que melhor representa a trajetória do feixe de luz entrando e saindo do aquário.



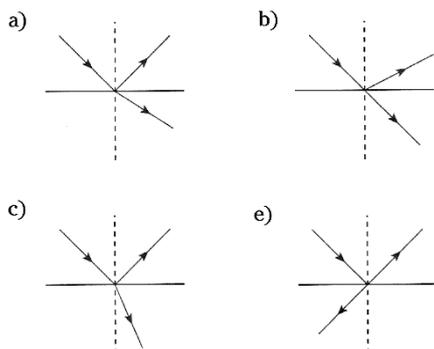
13. Um canhão de luz foi montado no fundo de um lago artificial. Quando o lago se encontra vazio, o feixe produzido corresponde ao representado na figura. Quando o lago está cheio de água, o esquema que melhor representa o caminho a ser seguido pelo feixe de luz é (o índice de refração da luz na água é maior que no ar):



14. Um raio de luz incide sobre a superfície da água.



Qual das figuras propostas a seguir representa o que acontece ao raio na vizinhança da superfície?



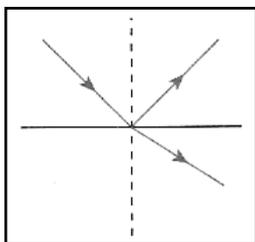
15. Um feixe de luz monocromática passa de um meio para outro opticamente diferente.

Sendo:

$V_{\text{REFR.}}$ = velocidade da luz do feixe refratado;

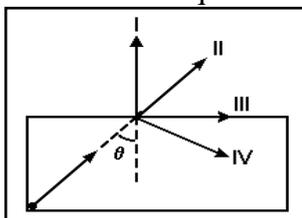
$V_{\text{REFL.}}$ = velocidade da luz do feixe refletido;

$V_{\text{INC.}}$ = velocidade da luz do feixe incidente.



Podemos afirmar que:

- a. $V_{\text{REFR.}} < V_{\text{REFL.}} = V_{\text{INC.}}$
- b. $V_{\text{REFR.}} = V_{\text{REFL.}} > V_{\text{INC.}}$
- c. $V_{\text{REFR.}} > V_{\text{REFL.}} = V_{\text{INC.}}$
- d. $V_{\text{REFR.}} = V_{\text{REFL.}} = V_{\text{INC.}}$
16. (UFMG) Um feixe de luz do Sol é decomposto ao passar por um prisma de vidro. O feixe de luz visível resultante é composto de ondas com:
- a. apenas sete frequências, que correspondem às cores vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil e violeta;
- b. apenas três frequências, que correspondem às cores vermelha, amarela e azul;
- c. apenas três frequências, que correspondem às cores vermelha, verde e azul;
- d. uma infinidade de frequências, que correspondem a cores desde a vermelha até a violeta.
17. Não representa um fenômeno da refração da luz na atmosfera:
- a. Posição aparente dos astros;
- b. Arco-íris;
- c. Ilusões de poças d'água no asfalto;
- d. Os azulejos de uma piscina, imersos na água, parecer mais curtos.
18. A figura mostra um arranjo experimental. No fundo do vaso, uma fonte de luz pontual emite um raio que se desloca na água e atinge a superfície dióptica.



Considerando o ângulo θ como ângulo limite, o raio emergente é o raio:

- a. I
- b. II
- c. III
- d. IV

APÊNDICE C



Colégio Santa Terezinha
Ensino Médio

ESTUDANTE: _____

SÉRIE: _____ TURMA: _____ DATA: ____/____/____ BIMESTRE: _____

ÁREA DE CONHECIMENTO: _____ FÍSICA _____

PROFESSOR (A): _____ MILTON SOARES _____

LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA - ATIVIDADE COM JAVA APPLET.

Acesse a página: <http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/refraction/refraction.html>

No java applet, há duas regiões diferentes (verde e amarelo). Uma esfera vermelha localizada no topo do canto esquerdo da região verde irá se mover até o fundo do canto direito da região amarela. Outra esfera, azul, seguirá o caminho mais rápido. O caminho mais rápido aparecerá se você selecionar a opção **show**.

- As trajetórias percorridas pelas esferas nesse applet representam as trajetórias percorridas pelo raio luz em meios nos quais suas velocidades são iguais ou diferentes.
- **V1** é a velocidade da bola na região verde
- **V2** é a velocidade da bola na região amarela.

1ª ATIVIDADE:

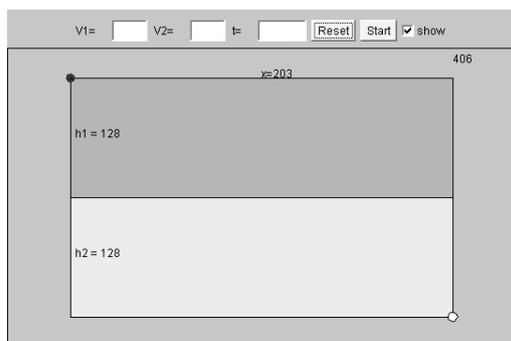
Escolha cinco velocidades diferentes, para a região verde, **V1**, e cinco velocidades diferentes para a região amarela, **V2**, mantendo sempre **V1 > V2**. Observe o que acontece ao clicar **START** no java applet em cada um dos casos.

Para Trajetória para o segundo meio – responda: desvia ou não desvia.

Para Trajetória em relação a Normal – responda: aproxima, afasta ou nada acontece.

V1	V2	Trajetória para o segundo meio.	Trajetória em relação à Normal.

Utilizando uma régua, desenhe na figura abaixo a trajetória seguida pela esfera azul no caso da última medida registrada na tabela acima da tabela acima.



Compare os ângulos de incidência e refração:

- () i maior que r ;
 () i menor que r ;
 () i igual a r .

A trajetória do raio de luz (reta azul) é **maior** quando a velocidade no meio é:

- () maior;
 () menor;
 () a trajetória nos dois meios são iguais.

2ª ATIVIDADE:

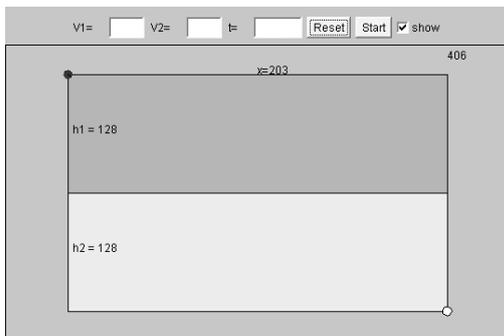
Escolha cinco velocidades diferentes para a região verde, **V1**, e cinco velocidades diferentes para a região amarela, **V2**, mantendo sempre **V1 < V2**. Observe o que acontece ao clicar *START* no java applet em cada um dos casos.

Para Trajetória para o segundo meio – responda: desvia ou não desvia.

Para Trajetória em relação a Normal – responda: aproxima, afasta ou nada acontece.

V1	V2	Trajetória para o segundo meio.	Trajetória em relação à Normal.

Utilizando uma régua, desenhe na figura abaixo a trajetória seguida pela esfera azul no último caso da tabela acima.



Compare os ângulos de incidência e refração:

- () *i* maior que *r*;
- () *i* menor que *r*;
- () *i* igual a *r*.

A trajetória do raio de luz (reta azul) é **maior** quando a velocidade no meio é:

- () maior;
- () menor;
- () a trajetória nos dois meios são iguais.

3ª ATIVIDADE:

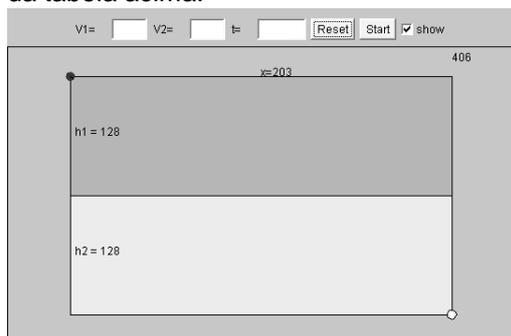
Escolha cinco velocidades diferentes para a região verde, **V1**, e cinco velocidades diferentes para a região amarela, **V2**, mantendo sempre **V1 = V2**. Observe o que acontece ao clicar *START* no java applet em cada um dos casos.

Para Trajetória para o segundo meio – responda: desvia ou não desvia.

Para Trajetória em relação a Normal – responda: aproxima, afasta ou nada acontece.

V1	V2	Trajetória para o segundo meio.	Trajetória em relação à Normal.

Utilizando uma régua, desenhe na figura abaixo a trajetória seguida pela esfera azul no último caso da tabela acima.



Compare os ângulos de incidência e refração:

- () i maior que r ;
 () i menor que r ;
 () i igual a r .

A trajetória do raio de luz (reta azul) é **maior** quando a velocidade no meio é:

- () maior;
 () menor;
 () as trajetórias nos dois meios são iguais.

De acordo com o observado nas 3 atividades e com o conteúdo que foi tratado em sala de aula, responda as questões:

1. Quando é que a trajetória da luz é maior? Quando a velocidade no meio é maior ou menor?

2. Quando é que as trajetórias nos dois meios são iguais?

3. Em relação às velocidades, em quais atividades podemos afirmar que as regiões verde e amarela são dois meios de propagação diferentes? Justifique sua resposta.

4. Em relação às velocidades, em que atividades podemos afirmar que as regiões verde e amarela são dois meios de propagação iguais? Justifique sua resposta.

5. Em quais atividade(s) houve um desvio na trajetória do raio de luz?

6. O que podemos concluir a respeito do que causou tal desvio na trajetória do raio de luz nessa(s) atividade(s)?

7. Em relação às velocidades nos meios de propagação, quando é que o raio de luz se aproxima da reta Normal?

8. Em relação às velocidades nos meios de propagação, quando é que o raio de luz se afasta da reta Normal?

9. Em que atividade(s) **NÃO** houve um desvio na trajetória do raio de luz?

10. O que podemos concluir sobre o fato de não ter ocorrido o desvio na trajetória do raio de luz nessa(s) atividade(s)?

APÊNDICE D



Colégio Santa Terezinha
Ensino Médio

ESTUDANTE: _____

SÉRIE: _____ TURMA: _____ DATA: ____/____/____ BIMESTRE: _____

ÁREA DE CONHECIMENTO: _____ FÍSICA _____

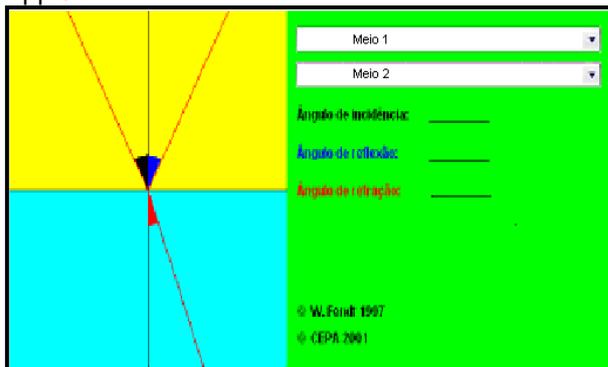
PROFESSOR (A): _____ MILTON SOARES _____

**LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA – ATIVIDADE 2 COM JAVA
APPLET.**

Acesse a página: http://www.walter-fendt.de/ph11br/refraction_br.htm

Um raio de luz vindo da parte de cima à esquerda bate em uma superfície que divide dois meios. (É possível escolher as substâncias através das listas). O meio que tem maior índice de refração está em azul, o outro em amarelo. Você pode variar o raio incidente θ_1 arrastando-o com o mouse. O applet mostrará o raio refletido e refratado e então calculará os ângulos correspondentes.

Applet:



Substâncias:

vácuo	(n = 1)
ar	(n = 1.0003)
água	(n = 1.33)
etanol	(n = 1.36)
vidro de quartzo	(n = 1.46)
benzol	(n = 1.50)
vidro óptico B K 7	(n = 1.52)
sal grosso	(n = 1.54)
crystal (vidro de chumbo) F 3	(n = 1.61)
vidro óptico S K 1	(n = 1.61)
crystal (vidro de chumbo) S F 2	(n = 1.65)
diamante	(n = 2.42)

1ª ATIVIDADE: Estudo do desvio do Raio de Luz e Verificação da Segunda Lei de Snell.

1º Caso: Selecione para o meio 1 uma substância qualquer e para o meio 2 uma outra substância que tenha um índice de refração **maior** que a escolhida no meio 1:

Substância 1: _____ $n_1 =$ _____

Substância 2: _____ $n_2 =$ _____

Ângulo de incidência: $\theta_1 =$ _____ Ângulo de reflexão: _____ Ângulo de refração: $\theta_2 =$ _____

O Raio de Luz está indo:

- a. () Do meio mais refringente para o menos refringente;
b. () Do menos refringente para o mais refringente.

O Raio de Luz está:

- a. () se aproximando da reta normal;
b. () se afastando da reta normal.
c. () não houve desvio do raio de luz.

2º Caso: Selecione para o meio 1 uma substância qualquer e para o meio 2 uma outra substância que tenha um índice de refração **menor** que a escolhida no meio 1:

Substância 1: _____ $n_1 =$ _____

Substância 2: _____ $n_2 =$ _____

Ângulo de incidência: $\theta_1 =$ _____ Ângulo de reflexão: _____ Ângulo de refração: $\theta_2 =$ _____

O raio de luz está indo:

- a. () Do meio mais refringente para o menos refringente;
- b. () Do menos refringente para o mais refringente.

O raio de Luz está:

- a. () se aproximando da reta normal;
- b. () se afastando da reta normal;
- c. () não houve desvio do raio de luz.

Em relação aos índices de refração, em qual dos dois casos o raio de luz se aproximou da reta Normal? Justifique.

Em relação aos índices de refração, em qual dos dois casos o raio de luz se afastou da reta Normal? Justifique.

Com a equação da Segunda Lei de Snell ($n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2$), escolha um dos casos acima e faça os cálculos para poder encontrar o ângulo de refração θ_2 e verifique a validade dos resultados encontrados:

2ª ATIVIDADE: Verificação da Incidência Normal.

1º Caso: Selecione para o meio 1 uma substância qualquer e para o meio 2 uma outra substância que tenha um índice de refração **menor** que a escolhida no meio 1 e faça o ângulo de incidência igual a 0° .

Substância 1: _____ $n_1 =$ _____

Substância 2: _____ $n_2 =$ _____

Ângulo de incidência: $\theta_1 =$ 0° Ângulo de reflexão: _____ Ângulo de refração: $\theta_2 =$ _____

O raio de luz esta indo:

- a. () Do meio mais refringente para o menos refringente;
b. () Do menos refringente para o mais refringente.

O raio de Luz está:

- a. () se aproximando da reta normal;
b. () se afastando da reta normal;
c. () não houve desvio do raio de luz.

2º Caso: Selecione para o meio 1 uma substância qualquer e para o meio 2 uma outra substância que tenha um índice de refração **maior** que a escolhida no meio 1:

Substância 1: _____ $n_1 =$ _____

Substância 2: _____ $n_2 =$ _____

Ângulo de incidência: $\theta_1 =$ 0° Ângulo de refração: _____ Ângulo de reflexão: $\theta_2 =$ _____

O raio de luz esta indo:

- a. () Do meio mais refringente para o menos refringente;
b. () Do menos refringente para o mais refringente.

O raio de Luz está:

- a. () se aproximando da reta normal;
b. () se afastando da reta normal;
c. () não houve desvio do raio de luz.

Em algum dos dois casos o raio de luz incidente sofreu desvio? Justifique.

3ª ATIVIDADE: Verificação do Ângulo Limite (L) e da Reflexão Total.

1º Caso: Selecione para o meio 1 uma substância qualquer e para o meio 2 uma outra substância que tenha um índice de refração **menor** que a escolhida no meio 1:

Substância 1: _____ $n_1 =$ _____

Substância 2: _____ $n_2 =$ _____

Ângulo de incidência: $\theta_1 =$ _____ Ângulo de reflexão: _____ Ângulo de refração: $\theta_2 =$ _____

Ângulo mínimo para reflexão interna total:(ângulo Limite) **L**= _____

Com a equação para a determinação do Ângulo Limite ($\text{sen } L = n_{\text{MENOR}} / n_{\text{MAIOR}}$), faça os cálculos e verifique a validade dos resultados encontrados:

Torne o ângulo de incidência (i) maior ou igual ao ângulo limite (L) e comente abaixo o que se observa.

APÊNDICE E



Colégio Santa Terezinha
Ensino Médio

ESTUDANTE: _____

SÉRIE: _____ **TURMA:** _____ **DATA:** ____/____/____ **BIMESTRE:** _____

ÁREA DE CONHECIMENTO: _____ **FÍSICA** _____

PROFESSOR (A): _____ **MILTON SOARES** _____

LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA - ATIVIDADE COM JAVA APPLET.

Acesse a página: <http://br.geocities.com/saladefisica3/laboratorio/refracao/refracao.htm>

Como usar este applet:

1. O ângulo incidente pode ser variado de 0 a 85 graus (use os botões +5 e -5 para variar o ângulo)
2. O índice de refração do primeiro meio vale $n=1.00$
3. O índice de refração do segundo meio pode ser variado de $n=1.00$ (para vácuo) até um máximo de $n=2.42$ (para o diamante)
4. O comprimento de onda da luz incidente (e cor da luz) pode ser variado de um mínimo de 475 nm (luz azul) até um máximo de 650 nm (luz vermelha) (use os botões + 15 e -15 para variar o comprimento de onda.)

Observações:

Quando uma onda se propaga através de um meio, ela percorre uma distância igual ao seu comprimento de onda, em um intervalo de tempo igual a um período.

$$v = \lambda \cdot f$$

Velocidade do raio de luz aumenta – comprimento de onda aumenta.

Velocidade do raio de luz diminui – comprimento de onda diminui.

Cor	Comprimento de onda (10^9 m)	Frequência (10^{14} Hz)
Vermelho	~ 625-740	~ 4,80-4,05
Laranja	~ 590-625	~ 5,10-4,80
Amarelo	~ 565-590	~ 5,30-5,10
Verde	~ 500-565	~ 6,00-5,30
Azul	~ 485-500	~ 6,20-6,00
Anil	~ 440-485	~ 6,80-6,20
Violeta	~ 380-440	~ 7,90-6,80

1ª ATIVIDADE:

Para realização das atividades escolha:

- Um ângulo de incidência qualquer entre 0 e 85 graus.
- Uma substância qualquer, possível, fornecida pelo applet para o meio 2.
- Três cores quaisquer entre os comprimentos de ondas incidentes possíveis, fornecidos pelo applet.

COR:			SUBSTÂNCIA:		
i	r	N_1	N_2	λ_1	λ_2

O raio de luz está se propagando:

- () Do meio mais refringente para o menos refringente;
- () Do meio menos refringente para o mais refringente.

O raio de luz está:

- () se aproximando da reta normal;
- () se afastando da reta normal.
- () não houve desvio do raio de luz.

O comprimento de onda está:

- a. () aumentando;
 b. () diminuindo;
 c. () não houve alteração no comprimento de onda.

A cor (frequência) da onda de luz está:

- a. () sofrendo alteração;
 b. () não houve alteração.

COR:			SUBSTÂNCIA:		
i	r	N_1	N_2	λ_1	λ_2

O raio de luz está se propagando:

- a. () Do meio mais refringente para o menos refringente;
 b. () Do meio menos refringente para o mais refringente.

O raio de luz está:

- a. () se aproximando da reta normal;
 b. () se afastando da reta normal.
 c. () não houve desvio do raio de luz.

O comprimento de onda está:

- a. () aumentando;
 b. () diminuindo;
 c. () não houve alteração no comprimento de onda.

A cor (frequência) da onda de luz está:

- a. () sofrendo alteração;
 b. () não houve alteração.

COR:			SUBSTÂNCIA:		
i	r	N_1	N_2	λ_1	λ_2

O raio de luz está se propagando:

- a. () Do meio mais refringente para o menos refringente;
 b. () Do meio menos refringente para o mais refringente.

O raio de luz está:

- a. () se aproximando da reta normal;
 b. () se afastando da reta normal.
 c. () não houve desvio do raio de luz.

O comprimento de onda está:

- a. () aumentando;
 b. () diminuindo;
 c. () não houve alteração no comprimento de onda.

A cor (frequência) da onda de luz está:

- a. () sofrendo alteração;
 b. () não houve alteração.

2ª ATIVIDADE: De acordo com os conceitos tratados e discutidos em aula e com as anotações feitas através do applet, responda o que se pede:

A velocidade da onda refratada encontrada é maior, menor ou igual à velocidade da onda incidente?

Justifique sua resposta.

Quando o raio de luz passa do meio de menor para o meio de maior refração, o comprimento de onda (λ) da onda refratada encontrado será maior, menor ou igual ao comprimento de onda incidente? Justifique a sua resposta.

O ângulo de refração encontrado é maior, menor ou igual ao ângulo de incidência? Justifique a sua resposta.

A cor (frequência) da onda se altera devido a mudança de meio de propagação? Justifique a sua resposta.

APÊNDICE F

QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

Caros estudantes, o objetivo desse questionário é o de obter a sua opinião sobre alguns aspectos, relativos à sua aprendizagem, relacionados às aulas nas quais os Applets foram utilizados.

1. As aulas, com o uso dos Applets e com o auxílio do computador, tratando do conteúdo sobre Refração foram proveitosas no sentido de facilitar a sua aprendizagem?

a. Sim b. Não c. Mais ou menos

Comente sua resposta:

2. Você acredita que o uso dos Applets facilitou a sua compreensão sobre os fenômenos no estudo da Refração melhorando, assim, o seu desempenho na avaliação deste conteúdo?

a. Sim b. Não c. Talvez

Comente sua resposta:

3. Durante as nossas aulas sobre Refração você teve problemas relativos ao trato ou com os procedimentos requeridos pelas simulações?

a. Sim b. Não c. Às vezes

Comente sua resposta:

4. Você acredita que o uso das aulas com *PowerPoint* facilitou a sua compreensão sobre os fenômenos no estudo da Refração?

a. Sim b. Não c. Talvez

Comente sua resposta:

5. Você gostaria de continuar utilizando os Applets para aprender algum outro tópico de Física?

a. Sim

b. Não

c. Talvez

Comente sua resposta:

6. O uso da informática é estimulante ou motivador para ao estudo de tópicos de Física?

a. Sim

b. Não

c. Talvez

Comente sua resposta:

7. Qual é a sua opinião a respeito de ter estudado o conteúdo de Refração utilizando as aulas no Laboratório de Informática? Apresente críticas e/ou sugestões, se for o caso.

APÊNDICE G



Colégio Santa Terezinha

Ensino Médio

ESTUDANTE: _____
SÉRIE: _____ TURMA: _____ DATA: ____/____/____ BIMESTRE: ____
ÁREA DE CONHECIMENTO: _____ FÍSICA _____

REFRAÇÃO

1ª AULA

Prof.: Milton Soares

REFRAÇÃO

Prof.: Milton Soares

REFRAÇÃO DA LUZ

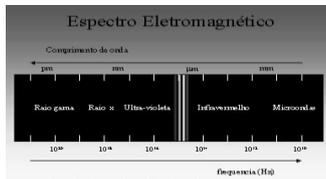
É o fenômeno que consiste no fato de a luz ser transmitida de um meio para outro opticamente diferente.



Refração da luz ao passar do ar para a água

A LUZ

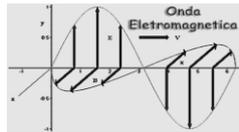
É uma onda eletromagnética que só pode sensibilizar nosso sistema visual se tiver frequência compreendida entre $4 \cdot 10^{14}$ Hz e $8 \cdot 10^{14}$ Hz.



ONDAS ELETROMAGNÉTICAS:



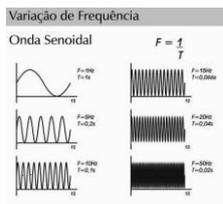
Constituem um conjunto de dois campos, um *elétrico* e outro *magnético*, que se propagam no vácuo com velocidade aproximada de 300.000 km/s.



FREQUÊNCIA (f):



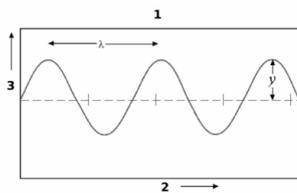
É o número de oscilações executada por uma onda por unidade de tempo.



COMPRIENTO DE ONDA (λ):



Corresponde a uma oscilação completa de uma onda durante um intervalo de tempo.



VELOCIDADE (v):

Quando uma onda se propaga através de um meio, ela percorre uma distância igual ao seu comprimento de onda, num intervalo de tempo igual a um período.

$$v = \lambda \cdot f$$

NA REFRAÇÃO:

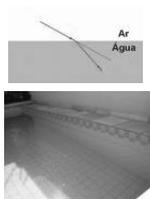
Com a alteração do meio de propagação a frequência (f) da onda permanece constante, porém, velocidade (v) e o comprimento de onda (λ) variam na mesma proporção.

$$v = \lambda \cdot f$$

f = Constante
 Se $v \uparrow$ então $\lambda \uparrow$
 Se $v \downarrow$ então $\lambda \downarrow$

MEIOS DE PROPAGAÇÃO

São meios nos quais uma onda pode se propagar.
 Exemplo: Água e ar.
 Para cada meio, a luz propaga-se com uma velocidade diferente.



DIOPTRO

Ao par de meios separados por uma superfície damos o nome de dioptro que pode ser plano ou esférico.
 Exemplo: ar-água.



ÍNDICE DE REFRAÇÃO

ÍNDICE DE REFRAÇÃO ABSOLUTO

É a comparação entre as velocidades da luz no vácuo e num meio qualquer.

$$n_{\text{meio}} = \frac{c_{\text{vácuo}}}{V_{\text{meio}}}$$

onda de vácuo 310 m/s

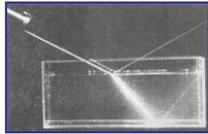
Como $c > v$, o índice de refração absoluto de um meio é um número sempre maior do que 1 e não apresenta unidade de medida.

ÍNDICE DE REFRAÇÃO RELATIVO

É a comparação entre os índices de refração absoluto de dois meios quaisquer.

$$n_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c_{\text{vácuo}}}{V_1}}{\frac{c_{\text{vácuo}}}{V_2}} = \frac{V_2}{V_1}$$

Ao passar de um meio 1 para um meio 2, a luz tem sua velocidade alterada (refração luminosa) e, os raios de luz que não tiverem uma incidência normal sofrem desvio.

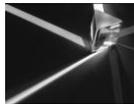


Obs.: A refração sempre vem acompanhada da reflexão

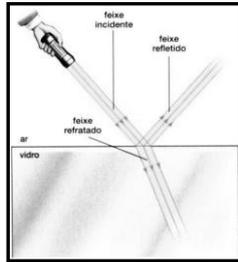
A luz pode ser monocromática:



A luz pode ser policromática:



O FENÔMENO DA REFRAÇÃO É REGIDO POR DUAS LEIS:



1ª Lei da refração:

O raio incidente, o raio refratado e a reta normal traçada pelo ponto de incidência estão contidos no mesmo plano.



2ª Lei da refração: (Lei de Snell)

A razão entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração é constante para cada dióptro e para cada luz monocromática.

$$\frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} = \frac{V_i}{V_r} = \frac{\lambda_i}{\lambda_r} = \frac{n_r}{n_i}$$



Colégio Santa Terezinha

Ensino Médio

ESTUDANTE: _____
SÉRIE: _____ TURMA: _____ DATA: ____/____/____ BIMESTRE: ____
ÁREA DE CONHECIMENTO: _____ FÍSICA _____

REFRAÇÃO

2ª AULA

Prof.: Milton Soares

2ª AULA:

ANÁLISE DO DESVIO DO RAO INCIDENTE:

Da expressão completa da Lei de Snell, podemos extrair a seguinte igualdade:

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2$$

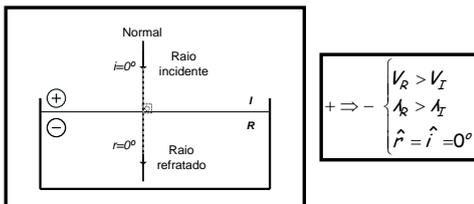
θ_1 = ângulo de incidência

θ_2 = ângulo de refração

Obs.: Nos casos a seguir, não representaremos a reflexão

Refração da luz – Incidência Normal

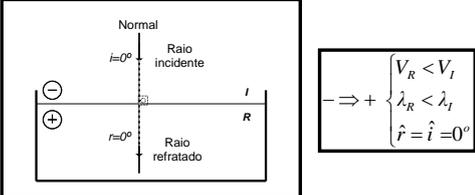
Quando um raio de luz incide normalmente à fronteira do dióptro, a refração ocorre sem desvio



Neste caso tivemos uma refração sem desvio

Refração da luz – Incidência Normal

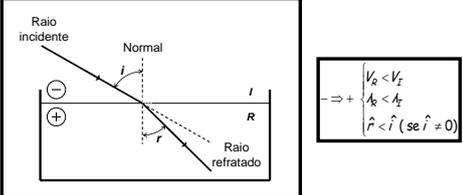
Quando um raio de luz incide normalmente à fronteira do dioptra, a refração ocorre sem desvio



Neste caso tivemos uma refração sem desvio

Refração da luz – Incidência Oblíqua.

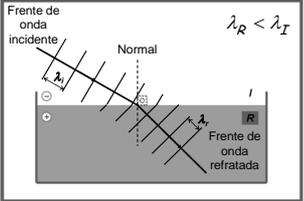
Luz passando do meio menos para o meio mais refringente:



Neste caso podemos dizer que o raio refratado aproxima-se da normal

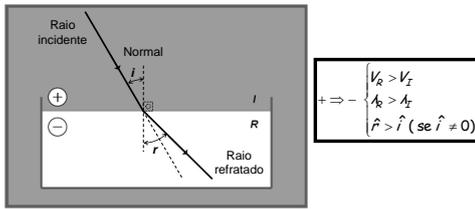
Refração da luz – Incidência Oblíqua.

Representação com frentes de onda



Refração da luz – Incidência Obliqua.

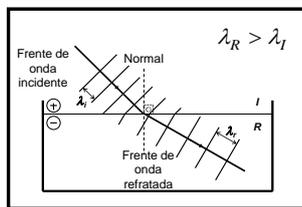
Luz passando do meio mais para o meio menos refringente:



Neste caso podemos dizer que o raio refratado afasta-se da normal

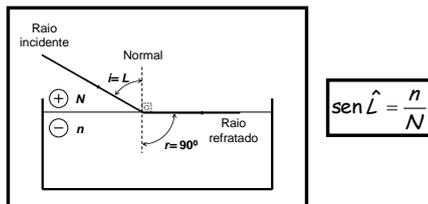
Refração da luz – Incidência Obliqua.

Representação com frentes de onda



Ângulo Limite de Incidência

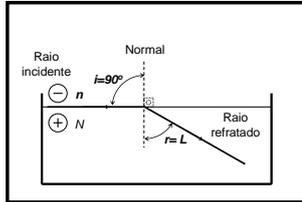
O ângulo de incidência é chamado de ângulo limite (L) se o ângulo de refração for igual a 90° .



$$\text{sen } \hat{L} = \frac{n}{N}$$

Ângulo Limite de Refração

O ângulo de refração é chamado de ângulo limite se o ângulo de incidência for igual a 90° .

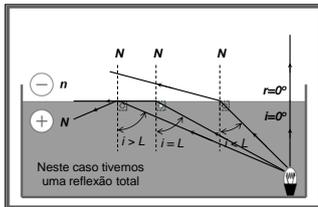


$$\text{sen } \hat{L} = \frac{n}{N}$$

Reflexão Total da Luz

Condições para que ocorra reflexão total:

$$\Rightarrow \begin{cases} + \rightarrow - \\ i > L \end{cases}$$





Colégio Santa Terezinha

Ensino Médio

ESTUDANTE: _____
SÉRIE: _____ TURMA: _____ DATA: ____/____/____ BIMESTRE: ____
ÁREA DE CONHECIMENTO: _____ FÍSICA _____

REFRAÇÃO

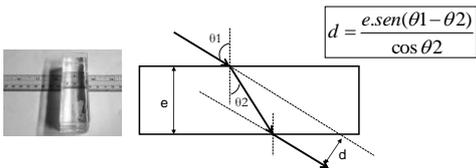
3ª AULA

Prof.: Milton Soares

3ª AULA:

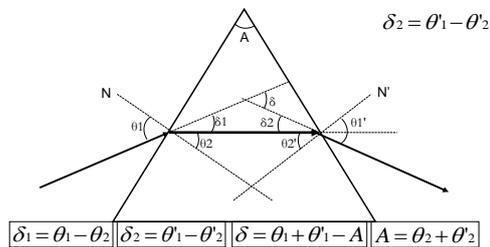
LÂMINAS DE FACES PARALELAS

Numa lâmina de faces paralelas envolvida por um único meio, o raio emergente é paralelo ao raio incidente. Assim, o raio emergente não apresenta desvio em relação ao raio incidente, mas apenas um deslocamento lateral.

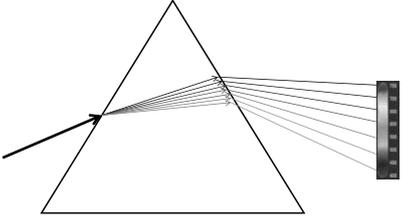


PRISMA ÓPTICO

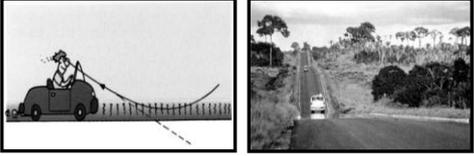
Considere um bloco transparente, de vidro, por exemplo, limitado por duas faces planas e não-paralelas. Esse bloco constitui um *PRISMA ÓPTICO*.



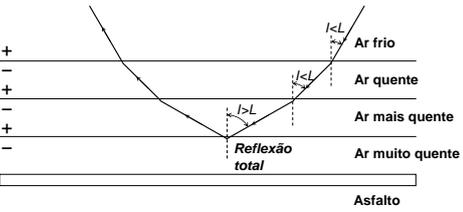
PRISMA E DISPERSÃO DA LUZ
 O prisma óptico também é bastante eficiente na decomposição da luz.



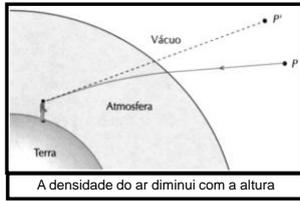
Fenômenos causados pela refração.
 Miragem



Fenômenos causados pela refração.
 Miragem

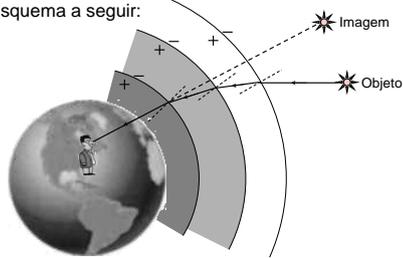


Fenômenos causados pela refração.
 Altura Aparente dos Astros



Fenômenos causados pela refração.
 Altura Aparente dos Astros

A densidade do ar diminui com a altura. Observe esquema a seguir:



APÊNDICE H

O Produto Educacional:

Este apêndice trata-se do CD-ROM contendo o material elaborado neste trabalho, constituindo o produto educacional produzido e que será de livre distribuição para professores do Ensino Médio. O conteúdo deste CD também poderá ser acessado através da página do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília no endereço <http://www.unb.br/ppgec/dissertacoes.htm>.