

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

**ANIMAÇÃO INTERATIVA E CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DA  
FÍSICA: TRILHANDO NOVAS VEREDAS PEDAGÓGICAS**

**Gil Luna Rodrigues**

**João Pessoa – PB  
2005**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

**ANIMAÇÃO INTERATIVA E CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DA  
FÍSICA: TRILHANDO NOVAS VEREDAS PEDAGÓGICAS**

*Dissertação de Mestrado  
apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Educação do Centro  
Federal de Educação, como  
requisito parcial à obtenção do  
título de Mestre em Educação.*

**Orientador: Prof. Dr. Romero Tavares da Silva**

**João Pessoa – PB  
2005**

**GIL LUNA RODRIGUES**

**ANIMAÇÃO INTERATIVA E CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DA  
FÍSICA: TRILHANDO NOVAS VEREDAS PEDAGÓGICAS**

Aprovado em: ----- / ----- / 2005.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Romero Tavares – UFPB  
Orientador

---

Prof. Dr. Pedro Luiz Christiano – UFPB  
Examinador

---

Profa. Dra. Maria Eulina Pessoa de Carvalho – UFPB  
Examinadora

***“O homem erudito é um descobridor de fatos que já existem, mas o homem sábio é um criador de valores que não existem e que ele faz existir.”  
Albert Einstein***

*A todos que acreditam na capacidade humana inimitável de aprender sempre.*

*Agradeço:*

*A Deus, pelo conhecimento, capacidade e sabedoria que me concedeu para a realização deste trabalho e pela força de continuar lutando pelo meu ideal.*

*Aos meus pais (in memoriam), pelo investimento e o crédito que tornaram possível minha formação.*

*Ao Prof. Dr. Romero Tavares pela sua orientação e dedicação ao longo das nossas tarefas.*

*Ao professor Vitor Duarte Teodoro da Faculty of Sciences and Technology Nova University Lisbon, Portugal., pela prestimosa colaboração e envio do Software Modellus 2.5<sup>TM</sup>, tão útil na construção e uso das Animações Interativas.*

*Aos professores do Curso de Mestrado em Educação, Turma CEFET-PB/UFPB, pela transmissão de seus conhecimentos*

*Aos professores: Rogéria Gaudêncio, Romero Tavares, Pedro Christiano, Inácio Pedrosa, Francisco Nobre, Assunta Nobre e José Roberto que compuseram a banca de especialistas que validou o nosso banco de dados para a construção dos testes de compreensão dos conceitos da Física, referentes ao eixo temático*

*Oscilações.*

*Aos professores Cícero Nicácio e Lúcia Nobre pela colaboração na revisão do texto.*

*A Nadja, Gigi (Gilvânia) e Yasmim pela compreensão e estímulo ao longo deste trabalho.*

*Aos colegas, que compartilharam da nossa luta e a todos que, de forma direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.*

*Aos colegas Nadilson e Marcelo pelas suas participações na construção das primeiras Animações Interativas.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>12</b>
<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>1- INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2- REFERENCIALTEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
<b>2. 1- Teorias de aprendizagem.....</b>	<b>50</b>
2.1.1- Diferentes olhares teóricos sobre a aprendizagem.....	50
2.1.2- Aprendizagem Significativa (teoria de aprendizagem de David Ausubel).....	55
2.1.3- O que é a Teoria de Aprendizagem Significativa ?.....	57
2.1.4- Tipos de Aprendizagem Significativa.....	60
2.1.5- Diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, organização seqüencial e consolidação (quatro princípios básicos para programar a instrução).....	62
2.1.6- Aprendizagem mecânica, por descoberta e por recepção.....	65
<b>2.2- Conceitos.....</b>	<b>35</b>
2.1.1- Aquisição e uso dos conceitos (bases teóricas e aspectos gerais).....	36
2.1.2- Aquisição e formação de conceitos na teoria de aprendizagem de David Ausubel.....	41
2.1.3- Conceitos teóricos na Física- uma construção consoante com as características e necessidades cognitivas do aprendiz	
<b>2.3- Animação.....</b>	<b>67</b>

2.3.1- Animação um breve histórico	
2.3.2- Modellus.: cooperação virtual a favor da construção do conhecimento	
2.3.3- Animação Interativa e Aprendizagem Significativa dos conceitos da Física- uma construção conjunta	
<b>3- OBJETIVOS</b> .....	81
<b>3.1- Objetivo geral</b> .....	81
<b>3.2- Objetivos específicos</b> .....	81
<b>4- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	
<b>4.1- Objeto de estudo</b>	
<b>4.2- Delimitação espaço-temporal-organizacional do campo de pesquisa</b> ..82	
<b>4.3- Delineamento da pesquisa</b>	
<b>4.4- Elaboração, validação do Banco de Dados e construção do teste de conhecimentos sobre o movimento Oscilatório</b>	
<b>4.5- Relato do experimento</b>	
4.5.1- Amostra.....	87
4.5.2- Bases metodológicas.....	87
4.5.3- Abordagem teórica.....	88
4.5.4- Aplicação do teste inicial	
4.5.4- Tratamento 1- atividades de exploração	
4.5.5 - Aplicação do teste intermediário	
4.5.6- Tratamento 2- atividades de criação	
4.5.6- Aplicação do teste final e levantamento de dados para o exame diagnóstico do processo	
4.6- Animação Interativa, do real ao virtual: evidenciando a Aprendizagem Significativa dos conceitos da Física, presentes em uma simulação do Movimento Harmônico	
<b>5- RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	105
<b>6- CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	109
<b>7- REFERÊNCIAS</b> .....	112
<b>8- APENDICE</b> .....	

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Potencialidades do <i>Software Modellus</i> como ferramenta cognitiva de modelação.....	55-56
Tabela 2- Aspectos internos das Animações Interativas.....	59
Tabela 3- Aspectos externos das Animações Interativas.....	59
Tabela 4- Potencialidades das Animações Interativas como ferramentas cognitivas de modelação.....	61-62
Tabela 5- Paralelo entre as potencialidades de uma metodologia tradicional e uma metodologia centrada na Aprendizagem Significativa.....	64-65
Tabela 6- Delineamento da pesquisa.....	68
Tabela 7- Habilidades cognitivas mais complexas.....	87

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA N. 1- Processo de assimilação .....	30
FIGURA N. 2- Um modelo para planejar a instrução .....	32
FIGURA N. 3- Continuum da Aprendizagem Mecânica à Aprendizagem Significativa...	35
FIGURA N. 4- Contribuições de alguns teóricos para entendimento das formas para a construção dos conceitos nos aspectos gerais e específicos.....	36
FIGURA N. 5- Etapas evolutivas do desenvolvimento intelectual para a construção dos conceitos científicos.....	49
FIGURA N. 6- Potencialidades do <i>software Modellus</i> como ferramenta pedagógica.....	55
FIGURA N. 7- Mapa Conceitual- Animações Interativas: uma ferramenta cognitiva facilitadora para a construção dos conceitos da Física.....	58
FIGURA N. 8- Representação esquemática do processo de modelagem.....	61
FIGURA N. 9- Mapa conceitual: Mediação Pedagógica .....	73
FIGURA N. 10- Mapa conceitual: Oscilações.....	75
FIGURA N. 11- Sucesso na elaboração analítica do modelo.....	80
FIGURA N. 12- Animação Interativa- simulação do Oscilador Harmônico Simples – sistema massa-mola ideal.....	81
FIGURA N. 13- Duas formas para a construção dos conceitos .....	82
FIGURA N. 14- Hierarquias conceituais subordinadas para os conceitos do movimento do pêndulo simples.....	83
FIGURA N. 15- Animação Interativa- Simulação do Pêndulo Simples.....	84
FIGURA N. 16- Desenvolvimento das etapas avaliativas da Aprendizagem Significativa.....	89
FIGURA N. 17- Gráfico percentual relativo de acertos referentes ao teste inicial e Gráfico percentual relativo das notas obtidas no teste inicial.....	90
FIGURA N. 18- Gráfico percentual relativo de acertos referentes ao teste intermediário e Gráfico percentual relativo das notas obtidas no teste intermediário....	91

FIGURA N. 19-: Gráfico percentual relativo de acertos referentes ao teste final e Gráfico percentual relativo das notas obtidas no teste final.....	93
FIGURA N. 20- Gradientes evolutivos.....	94

#### **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1- Público-Alvo.....	67
-----------------------------	----

## RESUMO

Este trabalho propõe estruturar, implementar e analisar uma metodologia inovadora, que associa o paradigma teórico da aprendizagem significativa de David Ausubel, e o uso do computador como ferramenta cognitiva de modelação, potencializadora para a construção dos conceitos da Física, por aprendizes em um ambiente escolar do ensino tecnológico. Nossa intenção é condicionar não apenas o *fazer para*, mas o *fazer com*, em um processo que envolve o ensino-aprendizagem e seus agentes formadores: aprendiz, professor, informação, conhecimento, pensamento crítico, ação instrumental, englobando interações cooperativas e colaborativas, engajamento e diálogo. Seu ponto-chave é a natureza evolutiva da estrutura cognitiva do aprendiz. Trata-se de um processo (idiossincrático) psicológico cognitivo, onde novas idéias (informação, novos conhecimentos) logicamente significativas, interagem de maneira não arbitrária e substantiva, com idéias-âncora (aspectos relevantes) pertinentes à estrutura cognitiva do aprendiz, conduzindo à construção e à retenção de novos conhecimentos. Enfim, trata-se de um processo construtivista de aprendizagem, apontando para o fato de que os conceitos não são alvos estáticos para quem aprende, mas uma teia que evolui na estrutura cognitiva do aprendiz.

**PALAVRAS-CHAVE:** 1. Aprendizagem Significativa; 2. Conceitos da Física; 3. Estrutura Cognitiva; 4. Construtivismo; 5. Modelagem Computacional

## ABSTRACT

This work aims at organizing, applying and analysing a new methodology that associates David Ausubel 's meaningful learning theoretical paradigm use of the computer by the apprentice as a powerful modelling cognitive tool and as a way to acquire physics concepts. The teaching learning process envisioned intends to provide not only the making but also the doing with involving its constituent agents: the apprentice's, the teaching, information, knowledge, critical thinking, and instrumental action within cooperative and collaborative interaction, engagement and dialogue. It's main focus is the evolutionary nature of the apprentice's cognitive structure, a psychological (idiosyncratic) cognitive process where new logically meaningful ideas (information, new knowledge) interact, in a non-arbitrary and substantive way, with anchor ideas (relevant aspects) which are pertinent to the apprentice's cognitive structure and may produce the construction and retaining of new knowledge. Within this (such a) it constructivist learning process, points to the fact that concepts are not static targets for the learners, but a net which within the apprentice's cognitive structure.

**KEY-WORDS:** 1. Meaningful Learning; 2. Physics Concepts; 3. Cognitive Structure; 4. Constructivism; 5. Computational Modelling

## APRESENTAÇÃO

Esta Dissertação visa propiciar ao leitor o contato com um processo para a aquisição do conhecimento, levando em conta que a aprendizagem não é uma simples atividade de adicionar conhecimentos ou habilidades à estrutura cognitiva do aprendiz, mas um processo no qual há o desenvolvimento de habilidades mentais mais complexas, que o conectam com seu meio cultural, envolvendo crenças, valores, sentimentos, atitudes, etc. Considere ainda que, de acordo com Tavares (2004, p. 1), “na medida em que o indivíduo é autônomo, a partir de sua estrutura de conhecimentos, ele é capaz de captar e aprender outras circunstâncias de conhecimentos assemelhados e de se apropriar da informação, transformando-a em conhecimento”. Apresentar resultados já alcançados, no que diz respeito ao uso da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) em Educação, tendo como referente à construção das Animações Interativas, resultados já apresentados no XXII EFNNE – Encontro de Físicos do Norte e Nordeste – 08 a 12 de Novembro de 2004, Feira de Santana – Bahia, sob o título Modelagem Computacional: uma aproximação entre artefatos cognitivos e experimentos qualitativos (TAVARES; LUNA; ROCHA, 2004) e publicada na Revista *Principia* CEFET-PB.

Seguindo este intento, a Dissertação divide-se em três partes que, embora dispostas compartimentadas, se entrecruzam conjuntamente na implementação do processo.

Na primeira parte é explicitada a pesquisa bibliográfica a título de fundamentação teórica, sobre as diversas Teorias Construtivistas de Aprendizagem, com ênfase mais aprofundada na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1980, 2003), que tem como eixo principal a construção do conhecimento através de um processo psicológico cognitivo, em que novas idéias (informação, novos conhecimentos) logicamente significativas, interagem de maneira não arbitrária e substantiva, com idéias-âncora (aspectos relevantes) pertinentes à estrutura cognitiva do aprendiz, conduzindo à construção e à retenção de novos conhecimentos e a Teoria da Educação de Novak (1981).

Abordam-se os processos para a aquisição e retenção dos conceitos (assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa); e questões referentes às ferramentas pedagógicas, ajudando a superar impasses no processo de ensino-aprendizagem, no caso particular, dos conceitos da Física, destacando-se o forte potencial do *Software Modellus* - aplicativo proprietário para modelar matematicamente os fenômenos naturais, permitindo interatividade, representação virtual de processos mentais, tomadas de decisões, simulações, ingredientes básicos em favor da construção e uso das Animações Interativas. Para complementar este conjunto de informações, faz-se um resgate histórico da arte da animação em sua evolução espaço-temporal, apontando-se as vantagens e as formas de sua utilização em eventos educacionais.

Na segunda parte é contemplado o relato da contextualização de uma metodologia inovadora, objetivando a construção dos conceitos da Física no eixo temático Oscilações (Cinemática e Dinâmica do Movimento Harmônico Simples, Pêndulo Simples, Sistema Massa-Mola Ideal, Movimento Harmônico Simples e Movimento Circular Uniforme, Movimento Harmônico Amortecido, Oscilações Forçadas e Ressonância), por aprendizes integrantes do curso de Redes de Acessos em Telecomunicações do 3º grau do CEFET-PB, matriculados na disciplina Ondas e Campos, período 2005.1, na perspectiva de seguir o fio da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, em seus aspectos relevantes: mapeamento dos subsunçores dos aprendizes, organização e construção dos objetos de aprendizagem, logicamente elaborados e potencialmente significativos, de forma a contemplar a interação com os aspectos relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz. Em seguida, enfoca-se a efetivação do processo de aprendizagem, priorizando a tríade: idéias-âncora – ferramentas cognitivas computacionais – construção de novos conhecimentos, gerando uma atitude positiva no aprendiz que se apropria dos saberes por construção individual, modificando progressivamente sua estrutura cognitiva através do tratamento, utilizando o *software modellus* em atividades conjuntas de exploração e de criação das Animações Interativas.

A terceira parte engloba a análise dos resultados estatísticos da evolução da posse dos conceitos da Física pelos aprendizes participantes do experimento, um

exame diagnóstico do desenvolvimento da metodologia aplicada ao longo do processo, um levantamento das opiniões dos participantes sobre a modelagem computacional e as considerações finais.

## CAPÍTULO 1

### 1- INTRODUÇÃO

A educação é imprescindível à formação global do ser humano, tendo em vista uma dimensão plena de suas potencialidades e a perspectiva de uma melhoria ascendente de suas condições de vida.

O estabelecimento de normas (relações sociais de produção e equilíbrio possíveis) é necessário para o ser humano relacionar-se com a natureza, a fim de transformá-la em seu benefício individual e coletivo. Isto significa que as relações de produção material engenham necessariamente conhecimentos dinâmicos subjacentes aos desígnios das Ciências, vinculados ao conhecimento científico, onde a Física ocupa um de seus pilares basilares de sustentação.

O ensino-aprendizagem de Física insere-se no currículo do ensino tecnológico, representando na qualidade formal uma via para os alunos aprofundarem seus conhecimentos nos diversos eixos temáticos, associado à função de melhoria da capacidade de abstração, e em ressonância com a dupla função de aplicabilidade na experimentação e inserção na pesquisa da tecnologia moderna; e igualmente na qualidade política, uma forma que lhes propicie meios para atuar no mercado de trabalho, como elemento de auto-realização.

A nossa motivação para este trabalho foi decorrente de reflexões sobre dados colhidos na recente investigação sobre o tema: Novas Perspectivas para a Melhoria do Ensino de Física (LUNA, 2002), onde foram levantados indicadores da forma de como esta disciplina vem sendo desenvolvida, tornando nítido o alto índice de preocupação com apenas o cumprimento do currículo; o que torna a disciplina contraproducente, levando a uma aprendizagem puramente memorística, desenvolvida em aulas expositivas tradicionais, centradas na ação exclusiva do professor e limitadas ao teórico, que não oportunizam o desenvolvimento do senso crítico e a criatividade do aprendiz, além de não propiciar a contextualização dos conceitos da Física. Embora a maior parte do alunado obtenha a aprovação ao final da disciplina, não

pormenorizamos aqui esta finalidade, mas ressaltamos a grande insatisfação sobre o nível (natureza e extensão) das aprendizagens evidenciadas.

Vislumbrando este quadro, nos deparamos com duas trajetórias que, embora se cruzem, requerem análises distintas. Em primeira análise, temos a dimensão estrutural do currículo, o conhecimento científico em si (conceitos, leis, princípios e teorias) ou, especificamente, a análise dos componentes dos diversos eixos temáticos, sua extensão, validade, seus aportes, sua contextualização. Em resumo, se estes conteúdos são elementos que possibilitam ao aprendiz interagir positivamente *com* e *no* processo de formação no qual está inserido e se são elementos que contribuem potencialmente para geração do aprender, do aprender a aprender, do saber e do saber fazer, tendo a Física como aliada. Compreende-se pois a nossa preocupação para que o ensino de Física não se resuma apenas aos seus aspectos conteudistas, mas que busque na consolidação dos seus saberes científicos, um quadro de referências, de atitudes geradoras de competências e habilidades que ajudem o aluno a crescer nas dimensões pessoal, social e profissional.

Em uma segunda análise, descortina-se a gênese dos nossos objetivos de pesquisa, o processo de ensino-aprendizagem em si, examinando entre outros referentes, a construção dos conceitos da Física, ou mais precisamente a construção e o uso de Animações Interativas<sup>1</sup> (WELLS, 1995; HESTENES, 1996; TEODORO & VEIT, 2002; GARCIA, 2003; FENDT, 2003; REDDY, 2003; TAVARES & SANTOS, 2003; TAVARES & LUNA, 2004;), como uma ferramenta pedagógica, potencializadora da construção dos conceitos da Física, tendo como aparato teórico-metodológico, de forma integrada, a utilização de ferramentas computacionais (TEODORO et al., 1997; TEODORO, 2002), a Psicologia Cognitiva<sup>2</sup> (PIAGET, 1975, 1978; AUSUBEL et al., 1980; VYGOTSKY, 1989; FEUERSTEIN R. & FEUERSTEIN. S., 1991; VOSNIADOU, 1994; NOVAK, 1996, 1998; MORTIMER & SMOLKA, 2001; POZO, 2002; AUSUBEL, 2003) e uma Teoria de Aprendizagem – A Aprendizagem Significativa de David Ausubel

---

<sup>1</sup> Animações Interativas: consiste em representações provisórias de forma virtual e interativa de descrições modeladas matematicamente, simplificadas e idealizadas de sistemas ou fenômenos naturais na evolução espaço-temporal.

<sup>2</sup> O ser humano pode ser percebido em três funções básicas: psicológica, que corresponde aos processos biológicos internos, químicos e psicológicos; cognitiva, que diz respeito aos processos de aprendizagem, raciocínio, percepção, inteligência; afetiva ou conotativa, que se refere aos aspectos emocionais, aos sentimentos (DEPRESBITERIS et al., 2004, p.71).

(AUSUBEL, 1968; AUSUBEL et al., 1980; AUSUBEL, 2003; MOREIRA & MASINI, 1982; PALMERO, 2004).

Outro enfoque se faz pertinente quando trazemos à tona o panorama atual e é evidente que não podemos ficar inertes face ao este ritmo acelerado das transformações pelas quais vem passando a humanidade, provocadas pelo novo processo denominado “mundialização” pelos europeus e globalização (SANTOMÉ, 1998; IANNI, 1999; SANTOS, 2003) pelos americanos, aliados à dinâmica da revolução das Tecnologias da Informação e Comunicação (VELLOSO, 1997; CASTELS, 1999; LÉVY, 1999; PARENTE, 1999). Por outro lado, seria ingenuidade acreditar na inserção universal a este processo, tanto do ponto de vista temporal como espacial, levando em conta as diferenças oriundas das contradições culturais, econômicas, políticas e sociais, que criam novas assimetrias, fontes de inclusão e exclusão que precisam ser redefinidas em cada contexto específico. Os impactos destas transformações não são alheios à educação, tendo como consequência a necessidade de reorganizar e redirecionar o processo educacional, como forma até de garantir a inserção neste novo cenário (sociedade informacional)<sup>3</sup> e atrelar-se às políticas educacionais portadoras de elementos presentes nos imperativos das transformações da nova realidade social<sup>4</sup> (condição pós-moderna), na busca da nova cidadania<sup>5</sup>. Neste novo momento somos levados a novas trilhas, que requerem mudanças e que nos levem diretamente a introduzir as chamadas Tecnologias da Informação e Comunicação - TIC (computadores, telefonia, televisão) nos processos de ensino-aprendizagem. No entanto a pura e simples introdução destas tecnologias, não é por si própria a garantia para que tenhamos um novo momento<sup>6</sup> educacional eficaz e eficiente, pois se tratam de

---

<sup>3</sup> A nova sociedade informacional pode ser entendida como uma sociedade centrada na informação, que teve seu início no período pós-guerra (entre 1945-1970), com descobertas significantes: difusão do transistor (1951), invenção do circuito integrado (1957), o melhoramento do design dos chips na década de 60, a invenção do microprocessador pela Intel na década de 70 (CASTELS, 1999).

<sup>4</sup> Nova realidade social- o contexto histórico pós-moderno (ou a condição pós-moderna) caracteriza-se por profundos desenvolvimentos e transformações que estão acontecendo no campo tecnológico, na produção econômica, na cultura, nas formas de sociabilidade, na vida política e na vida cotidiana.

<sup>5</sup> Nova cidadania- conceito emergente da pós-modernidade quer dizer em síntese, que a livre participação dos indivíduos é ponto constitutivo por excelência, da cidadania.

<sup>6</sup> O Brasil inicia com certo atraso sua inserção neste novo cenário. A internet e as telecomunicações tiveram grande impulso a partir de meados da década de 1990, como também os negócios e o comércio eletrônico. O Ministério da Educação se vê chamado a definir prioridades, uma vez que a função

ferramentas auxiliares que dependem de programação e planejamento<sup>7</sup> (GANDIN, 1983; SACRISTÁN, 1997; FIORENTINI, L. M. R. & MORAIS, R. A., 2003) para sua implementação.

Dentro deste novo universo, a partir do uso das Tecnologias da Informação e Comunicação mediante um planejamento estratégico exequível, pois só o uso adequado da tecnologia pode auxiliar essa mudança tendo o computador como recurso que possibilita a dinamização das práticas pedagógicas, onde a cooperação virtual pode ser associada a um processo de ensino-aprendizagem dinâmico com vistas à construção do conhecimento priorizando o desenvolvimento cognitivo do aprendiz, surge a possibilidade de contribuir positivamente para a melhoria do ensino-aprendizagem e uma oportunidade ímpar aparece como forma de despertar para implementação de uma nova metodologia no ensino-aprendizagem de Física, a partir da modelagem computacional associada à capacidade evolutiva da estrutura cognitiva do aprendiz; onde enfocamos os aspectos cognitivos da utilização de modelos como ferramentas cognitivas facilitadoras para a construção dos conceitos da Física. Como referência de pesquisa nesta área, podemos citar: GENTNER & STEVENS, 1983; KLEER & BROWN, 1983; WILLIAMS et al., 1983; GUTIERREZ & OGBORN, 1992; VOSNIADOU, 1994; HARRISON & TREAGUST, 1996; HALLOUN, 1996; GRECA & MOREIRA, 1996, 1997.

De certa forma, de acordo com a teoria de modelos mentais de Johnson Laird (1983), podemos até generalizar que nossa visão do mundo se processa através de modelos. Para Norman (*apud* GENTNER & STEVENS, 1983, pp. 7, 8) o modelo pode ser conceitual ou mental:

*Modelos conceituais são inventados por professores, pesquisadores, engenheiros, arquitetos para facilitar a compreensão ou o ensino de sistemas físicos ou estados de coisas físicos. São representações precisas, consistentes e completas de sistemas físicos, são projetados como ferramentas para o entendimento ou para o ensino de sistemas físicos.*

---

educativa está em constante correspondência às necessidades de competição internacional (BRENNAND, 2001).

<sup>7</sup> São três perguntas básicas a serem feitas em um processo de planejamento: O que queremos alcançar? A qual distância estamos daquilo que queremos alcançar? O que faremos concretamente (num prazo pré-determinado) para diminuir esta distância? (GANDIN, 1983, p. 21)

*Modelos mentais são modelos que as pessoas constroem para representar estados físicos. Estes modelos não precisam ser tecnicamente acurados (e geralmente não são), mas devem ser funcionais (...).A pessoa continuamente modifica seu modelo mental a fim de chegar a uma funcionalidade que lhe satisfaça.*

Diante das possibilidades de utilizarmos os modelos em um ambiente escolar como facilitadores do ensino-aprendizagem, optamos por utilizá-los em dois contextos: na forma de organizador-prévio (material instrucional introdutório tratado mais detalhadamente na teoria ausubeliana), através da exposição das Animações Interativas construídas por especialistas, objetivando facilitar a Aprendizagem Significativa dos conceitos da Física presentes no modelo (conceitual) utilizado. Ou como meio para a aquisição e uso dos conceitos da Física por aprendizes em ambientes de aprendizagem (apropriados e adequados), facilitados na construção e uso das Animações Interativas, levando-se em conta a coerência entre o modelo e os conhecimentos científicos<sup>8</sup> necessários à construção do mesmo nos referentes de representação global (DEPRESBITERIS, 2004, p. 86) de forma virtual de um fenômeno estudado ou na solução de um problema previamente estabelecido.

Outro aspecto importante referente ao ensino-aprendizagem dos conceitos da Física é que podemos representar um fenômeno extremamente amplo, como uma superposição de fenômenos simples. Essa peculiaridade de linearidade que se aplica a grande parte da Física nos permite construir modelos em que isolamos apenas os fenômenos que desejamos analisar, aspecto notório para a construção das Animações Interativas referentes a um fenômeno específico.

Simulações e Animações<sup>9</sup> oferecem um potencial sem limites para permitir a construção destes modelos facilitadores, para que os aprendizes entendam os princípios teóricos das Ciências Naturais. Essa ferramenta pedagógica é de grande valia para o aumento da percepção do aluno, pois pode incorporar a um só momento diversas mídias: escrita, visual, pictórica e, desse modo, potencializar as possibilidades pedagógicas de aprendizagem. Para Tavares & Santos (2003, p. 5):

---

<sup>8</sup> O conhecimento científico segundo Giere (1989) é um conhecimento limitado sobre a natureza das coisas. É fundamentalmente, uma representação da realidade. A ciência discute a representação das coisas, e não as coisas em si.

<sup>9</sup> Animação: ato de induzir a ilusão do movimento a partir de seqüenciamento rápido de imagens estáticas projetadas a uma razão superior de 20 quadros/ segundo.

*As animações são um poderoso aliado na exposição de fenômenos que variam com o tempo. Por maior que seja a capacidade de explicação de determinado mestre, ele esbarrará sempre nas dificuldades de expor um fenômeno físico dinâmico, através de recursos estáticos de que dispõe. É quase impossível, usando apenas giz e quadro negro, representar a dinâmica de um evento em uma seqüência de instantâneos como os desenhos de uma animação. Apenas um artista gráfico com grande habilidade conseguiria fazer esta concatenação de desenhos, em tempo útil de uma aula normal.*

Por outro lado, as Animações Interativas podem ser construídas de modo a possibilitar ao utilizador fazer e refazer representações, explorando-as sob as mais diversas perspectivas.

*Deste modo, facilita a familiarização com estas representações, criando de certo modo uma intimidade entre aprendiz e representação, intimidade essa que muito dificilmente resulta da simples observação ocasional de equações e representações feitas por professor ou apresentadas nos livros. (TEODORO, 2002, P.26).*

É relevante que as ferramentas computacionais usadas adequadamente revolucionaram e ainda estão a revolucionar muitas atividades humanas. “Foi na ciência e na tecnologia que, provavelmente, essa revolução foi mais significativa (...) Essa importância é tão relevante que se pode considerar que há mais uma nova metodologia científica” (TEODORO, 2002, p. 22).

Portanto, tentaremos dentro desta teia fabulosa de possibilidades, detectar novas concepções que possibilitem a melhoria do processo de ensino-aprendizagem e sua implementação na realidade espaço-temporal e em contextos referentes às novas metodologias educacionais, não como forma de modelar as estruturas atuais, mas como meio de tirar da inércia o processo de ensino-aprendizagem em geral, e em particular, na disciplina Física, em perspectivas que devam atrelar-se a ações concretas e propostas alternativas, que possam ser implementadas em sala de aula, de modo a utilizar o computador como artefato cognitivo ao estilo de Norman (1991), e como ferramenta para auxiliar na construção do conhecimento de acordo com os trabalhos de De Corte et al., (1998).

A nossa proposta é desenvolver e analisar uma metodologia inovadora para a construção do conhecimento científico no ambiente escolar, de modo a condicionar não

apenas o *fazer para, mas o fazer com*, em um processo construtivista que envolve a aprendizagem e seus agentes formadores: aprendiz, professor, conhecimento, pensamento crítico e criativo, ação instrumental, “englobando interações cooperativas e colaborativas, engajamento e diálogo” (FIORENTINI, 1995, p. 42). Além de priorizarmos “os princípios básicos da conexão, da heterogeneidade e da pluralidade” (PARENTE, 1999, p. 98), a liberdade de o aprendiz externalizar seus conhecimentos através da construção e uso dos objetos de aprendizagem, seguindo o estilo de Novak (1981); Gowin (1999), assumimos fundamentalmente a idéia de que o indivíduo é agente ativo da construção de seu próprio conhecimento. Isto é, ele constrói significados e define o seu próprio sentido e representação da realidade, de acordo com suas experiências vivenciadas em diferentes contextos. Portanto, um dos nossos objetivos é dotar o aprendiz de estratégias mentais que lhe possibilitem compreender não só qual é o objeto de conhecimento, mas como construí-lo. Nesta direção, apresentamos alguns enfoques teóricos que permeiam um ambiente construtivista de aprendizagem: oferecer múltiplas representações dos fenômenos estudados, possibilitando que os participantes avaliem soluções alternativas e testem suas decisões; envolver a aprendizagem em contextos realistas e relevantes, isto é, mais autênticos em relação às tarefas da aprendizagem, lembrando que “as leis da física não transparecem em nossas observações diretas da natureza. Elas estão frustrantemente ocultas, sutilmente codificadas nos fenômenos que estudamos” (FEYNMAN, 1999, p. 14); envolver a aprendizagem em experiências sociais que reflitam a colaboração entre *professor-aluno, aluno-professor e aluno-aluno*; permitir que o aprendiz forme seu campo conceitual à luz da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa (termos que serão explicados mais adiante ao enfocarmos a teoria ausubeliana).

Assim, estaremos diante de uma ferramenta pedagógica autêntica, atraente e reflexiva, em que se unem: construção de forma compartilhada, flexibilidade, ação, desenvolvimento cognitivo e interatividade, gerando competências e habilidades que levem cada indivíduo à construção do conhecimento e do entendimento da realidade através da Física.

**CAPÍTULO 2****2-REFERENCIAL TEÓRICO****2.1-Teorias de aprendizagem***2.1.1-Diferentes olhares teóricos sobre a aprendizagem*

A nossa investigação no campo das teorias de aprendizagem, torna clara a necessidade de adentrarmos a esse universo, de forma até de se conseguir um conhecimento mais efetivo para a melhoria da *práxi*. O que consiste em fazermos um levantamento dos aspectos gerais dos trabalhos de alguns teóricos, que possam contribuir para o planejamento e a implementação de forma positiva das práticas educativas em sala de aula.

Atendo-nos a uma abordagem específica na linha cognitivista, faremos uma exposição de seus aspectos formais para os pesquisadores- Piaget e Vygotsky nos referentes:

A – Conceito

B – Estrutura Cognitiva

C – Aprendizagem

D – Conhecimento Prévio

⇒ Piaget (*apud* MOREIRA, 1985)

A – Conceitos são básicos. Conceitos-chave (assimilação e acomodação) referem-se à aquisição de conceitos. Os esquemas de assimilação mentais que o indivíduo constrói para abordar a realidade são conceitos ou combinações de conceitos.

B – A mente é um conjunto de esquemas que se aplicam à realidade. É um conceito básico. Um esquema se reestrutura e adota um modelo mais eficiente de ação – acomodação do esquema. Períodos de desenvolvimento mental: sensório-motor, pré-operacional, operacional-concreto e operacional-formal.

C – Tem uma conotação de dependência passiva do ambiente: na acomodação, a mente se reestrutura para adaptar-se ao meio e na assimilação, o organismo se impõe ao meio. Só há aprendizagem (aumento de conhecimento) quando o esquema de assimilação sofre acomodação.

D – É evidente a importância do conhecimento preexistente, pois só há aprendizagem quando há acomodação (reestruturação das estruturas cognitivas preexistentes) do indivíduo que resulta em novos esquemas de assimilação através dos quais atinge novo equilíbrio - evolução (conhecimento).

⇒Vygotsky:

A – Enfatiza a diferença entre conceitos espontâneos que são aqueles referentes ao dia-a-dia da criança e os conceitos científicos, que são aqueles adquiridos por meio do ensino realizado dentro ou fora da sala de aula, mas sempre construído de maneira sistematizada, organizada e adquiridos por meio da instrução formal (VYGOTSKY, 1989).

B – Não utiliza explicitamente o termo estrutura cognitiva, porém cita que a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP- Média da diferença de rendimento da criança sem e com ajuda) indica qualitativamente as funções cognitivas que estão ausentes quando a criança age por si mesma e que só se manifestam quando ela é mediada.

C – A aprendizagem é determinada pela relação entre a pessoa e o seu meio e refere-se à mediação como sendo a dimensão principal na reflexão pedagógica, alertando que o processo de ensino e aprendizagem envolve, ao mesmo tempo, quem ensina e quem aprende, ressaltando que a ZDP define a zona de aprendizagem de um indivíduo e deve ser o foco de qualquer educador e se for estimulada por ações de mediação (intervenção intencional) gera o desenvolvimento do pensar – Vygotsky (*apud* DEPRESBITERIS et al., 2004, p. 141).

D – Ressalta que a ZDP deve ser concebida como uma zona em que os conceitos científicos, que são introduzidos pelos professores, interagem com os conceitos espontâneos, já existentes no educando.

### 2.1.2 -Aprendizagem Significativa (a teoria de David Ausubel)

Ao longo da nossa fundamentação teórica, estivemos sempre preocupados com a aprendizagem escolar, ou mais precisamente com aquela que se destina à aquisição e uso do conteúdo, ao nível do que versa nas nossas propostas curriculares, tendo como universo prioritário o conhecimento científico. Portanto, ressaltamos a nossa intencionalidade de nos apropriar de uma teoria de aprendizagem que traga na sua íntegra contribuições significativas para a aprendizagem destes conhecimentos. No nosso caso, os contemplados com os diversos eixos temáticos da Física, ou em uma direção mais particular (restrita a nossa investigação), os conceitos da Física que irão compor uma das lacunas (extensão, retenção) da estrutura cognitiva do aprendiz.

Nesta perspectiva, algumas reflexões prévias foram feitas, como forma de orientar a nossa opção pela escolha de uma teoria de aprendizagem que nos desse a fundamentação necessária para a resposta a algumas perguntas:

- quais os mecanismos que levam a cabo a aquisição e a retenção, pelo aprendiz, dos grandes campos conceituais, que são desenvolvidos no ambiente escolar ?
- como se processa a construção do conhecimento nos ambientes de aprendizagem escolar ?
- como tornar a aprendizagem desenvolvida pelo aprendiz em um processo dinâmico ?
- qual a teoria de aprendizagem que mais contempla nosso objetivo?

Supostamente, a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel nos leva a um universo onde possivelmente podemos clarificar as respostas precisas a estas indagações. Portanto, ao longo da nossa pesquisa seguiremos a trajetória da teoria ausubeliana e os diversos trabalhos que contribuíram para o seu enriquecimento e a facilitação de seu entendimento e aplicabilidade, que se efetivaram ao longo dos quarenta e dois anos (1963-2005) de sua presença entre os profissionais da educação, principalmente para aqueles que se dedicaram:

*em se aprofundar na mesma de maneira que a aprendamos significativamente, para com isto lograr que as aprendizagens que pretendemos de nossos*

*estudantes relativas aos conteúdos científicos e contextualmente válidos, sejam realmente significativas. (PALMERO, 2004, p. 1)*

Desta forma, faremos um resgate de alguns princípios e mecanismos que elucidaram a forma de aquisição e retenção do conhecimento pelos aprendizes, em um processo que se centra em uma aprendizagem gerada em um contexto escolar.

### 2.1.3-O que é a teoria de Aprendizagem Significativa?

A origem da teoria da Aprendizagem Significativa está no interesse que Ausubel demonstrou em conhecer e explicar as propriedades e condições para todos e cada um dos detalhes que tornaram possível o processo de Aprendizagem Significativa em uma perspectiva que trata a Psicologia Educativa como ciência aplicada.

Para Ausubel, o conjunto dos resultados das experiências de aprendizagem de uma pessoa e sua estrutura cognitiva está organizado em conglomerados hierarquizados de conhecimento, conteúdo total e organização de idéias de um indivíduo ou no contexto de aprendizagem, o conteúdo e organização de suas idéias em uma área particular de conhecimentos. Modelo de estrutura cognitiva é igual à estrutura hierárquica de conceitos. É a estrutura cognitiva preexistente o principal fator que influencia a aprendizagem sub-seqüente-Piaget (*apud* MOREIRA, 1985).

Um aspecto notório da teoria ausubeliana, é o seu caráter integrativo, a ponto de poder ser tratada como um construto subjacente, isto é:

*A Aprendizagem Significativa pode considerar-se uma idéia suprateórica que resulta compatível com distintas teorias construtivistas, tanto psicológicas como de aprendizagem, subjacente, inclusa nas mesmas (PALMERO, 2004, p. 4).*

Construtivista, porque é o indivíduo quem gera e constrói a aprendizagem. Psicológica, pois aborda os processos psicológicos e cognitivos que o aprendiz utiliza quando aprende significativamente, isto é, as condições requeridas para que a aprendizagem se produza, seus resultados e conseqüentemente sua avaliação; formas efetivas e eficazes que a mente humana usa na construção e retenção do conhecimento. Enfim, o objetivo da mesma é destacar “os princípios que governam a natureza e as condições da aprendizagem escolar”. (AUSUBEL, 1978, p. 31). Sem esquecermos que, de forma integrada em seus referentes, trata-se exclusivamente de

uma teoria de aprendizagem, pois se ocupa com todos os elementos, fatores que pretendem dar conta dos mecanismos pelos quais se leva a cabo a “aquisição e a retenção dos grandes corpos de significados que se manejam na escola” (AUSUBEL, 1976, 1980, 2003) e que irão formar o vasto campo de conhecimento do aprendiz. Em síntese, a Aprendizagem Significativa “é uma teoria de aprendizagem porque essa é a sua finalidade.” (PALMERO, 2004, p.1).

Na perspectiva ausubeliana, Aprendizagem Significativa é o processo segundo o qual se relaciona o novo conhecimento ou informação (material potencialmente significativo) com a estrutura cognitiva de quem aprende, de forma não arbitrária, substantiva e não literal. Essa interação com a estrutura cognitiva (aspectos relevantes presentes na mesma, que recebe o nome de subsunçor ou idéia-âncora) não se produz considerando-a como um todo, mas sim com os subsunçores disponíveis que servem de idéias-âncora para os novos conhecimentos (AUSUBEL, 1978, 1980, 2003; MOREIRA, 1985, 2002).

A presença de idéias, conceitos ou proposições inclusivas, claras e disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz e os novos conhecimentos relacionáveis com as mesmas, é que dota de significado a interação entre os novos conhecimentos e os subsunçores. Porém, para Moreira (2002) não se trata de uma simples união, pois tanto os novos conhecimentos como os novos significados vão adquirir nesta interação, um novo significado para o sujeito, produzindo assim uma transformação tanto dos subsunçores como dos novos conhecimentos, que resultam assim progressivamente mais diferenciados, elaborados e estáveis. Em síntese, estamos diante da Aprendizagem Significativa em que o conhecimento adquirido:

*é o produto significativo de um processo psicológico cognitivo, (conhecer) que supõe a interação entre umas idéias logicamente (culturalmente) significativas, umas idéias de fundo (de ancoragem) pertinentes à estrutura cognitiva (ou na estrutura de conhecimento), da pessoa concreta que aprende e a atitude mental desta pessoa em relação com a aprendizagem significativa ou a aquisição e retenção de conhecimentos (AUSUBEL, 2003).*

Entretanto, para que este processo se efetive, algumas condições (externas e internas) devem ser satisfeitas. Tomando como base o aprendiz, Ausubel (*apud* MOREIRA, 1985, p. 65) dá destaque a três condições, uma delas:

*é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva, e não arbitrária, o novo material, potencialmente significativo, a sua estrutura cognitiva. Esta condição implica em que, independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automáticos).”*

Embora grande parte dos educadores entenda isto como sendo a motivação para a Aprendizagem Significativa, em recente trabalho Galagovski (2004) questiona este posicionamento, considerando esta atribuição errônea e por demais simplória, pois este não é o sentido que lhe tem atribuído Ausubel, pois a condição necessária é muito mais que uma motivação, requer uma atitude significativa de aprendizagem (aspectos mais abrangentes). Ainda tendo como referencial o aprendiz, a outra condição refere-se aos subsunçores disponíveis na sua estrutura cognitiva, destacada na tão citada afirmativa ausubeliana:

*Se tivéssemos que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diríamos: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isto e ensine-o (...) tanto o conteúdo substantivo da estrutura de conhecimento do indivíduo quanto suas propriedades organizacionais principais no campo de conhecimento particular num determinado momento é o principal fator que influencia a Aprendizagem Significativa e a retenção num mesmo campo (AUSUBEL et al., 1980, p. 137).*

Embora pareça, esta afirmação não é tão óbvia como poderíamos pensar, ela requer uma análise mais profunda e até mesmo um olhar para os currículos, que para Pozo (1996, p. 2):

*se vão estruturando cada vez mais em torno de disciplinas específicas e menos de acordo com as características e necessidades dos alunos, atendendo a critérios meramente disciplinares ou acadêmicos tendo em conta a especialização crescente do conhecimento científico...com escassas considerações para as variáveis psicológicas que podem afetar a essa aprendizagem.*

Embora Ausubel (1978) já chamasse a atenção para este ponto, ao afirmar que não se pode desenvolver uma Aprendizagem Significativa com uma organização do conteúdo escolar, linear e simplista.

A terceira condição é referente à maneira de como o material a ser apresentado ao aprendiz deva ser potencialmente significativo, isto é, “a oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica” (TAVARES, 2004, p. 56), que seja potencialmente relacionável, à estrutura cognitiva de quem aprende, de maneira não arbitrária e substantiva.

#### *2.1.4-Tipos de Aprendizagem Significativa*

Ausubel distingue três tipos de Aprendizagem Significativa: representacional, de conceitos e proposicional.

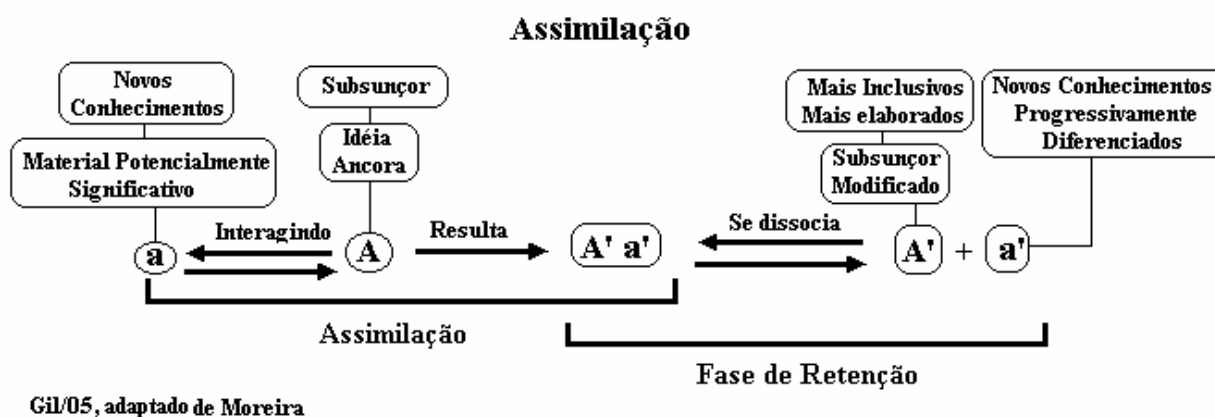
A aprendizagem representacional é o tipo mais básico de Aprendizagem Significativa, do qual os demais dependem. Envolve a atribuição de significados a determinados símbolos (tipicamente palavras), isto é, a identificação em significado de símbolos com seus referentes (objetos, eventos, conceitos). Os 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, representam abstrações dos atributos 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 as palavras isoladas ou combinadas representam, e sim aprender o significado de idéias em forma de proposição. De um modo geral, as palavras combinadas em uma sentença para construir uma proposição representam conceitos. A tarefa no entanto, também não é aprender o significado dos conceitos (embora seja pré-requisito), e sim o significado das idéias expressas verbalmente através desses conceitos sob forma de uma proposição. Ou seja, a tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição.

Para tornar mais claro e preciso o processo de aquisição e organização de significados (conceitos) na estrutura cognitiva, Ausubel propõe a “teoria da assimilação”. Uma teoria que segundo ele, possui valor explanatório tanto para a

aprendizagem, como para a retenção e pode ser representada esquematicamente da seguinte maneira:



**Figura N. 1 - Processo de assimilação**

Para compreender melhor o princípio da assimilação, Ausubel et al., (1980, pp. 104, 111) cita:

*Quando uma nova idéia a é aprendida significativamente e relacionada à idéia relevante estabelecida A, tanto as idéias são modificadas como a é assimilada pela idéia estabelecida A (...) formando o produto da interação A' a' (...) como observamos anteriormente, tanto a idéia potencialmente significativa a, quanto à idéia estabelecida A, à qual ela se apóia, sofrem transformações através do processo interacional (...) neste novo produto interacional, A' a', não perdem completamente sua identidade, uma vez que o equilíbrio da dissociação, A' a' ↔ A' + a' é estabelecido de tal forma que a', dependendo das condições dominantes, tem um determinado grau de dissociação enquanto que uma entidade identificável (...) o grau original da força dissociativa de a', após a Aprendizagem Significativa, varia de acordo com fatores como a relevância da idéia básica A, a estabilidade e clareza de A, e a extensão em que A é discriminável do material de aprendizagem (ou seja de a).*

Assim, se ao final de um curso nossos aprendizes considerarem o material instrucional bem organizado, isto se deve ao fato de que os significados dos novos conceitos e proposições foram desenvolvidos de forma a facilitar a assimilação na aquisição, fixação e organização destes em sua estrutura cognitiva.

O processo enfatizado no qual a nova informação adquire significado através da interação com subsunçores, reflete uma relação de subordinação do novo material em

relação à estrutura cognitiva preexistente. A este tipo de aprendizagem dá-se o nome de subordinada.

Por outro lado, a aprendizagem superordenada é a que se dá quando um conceito potencialmente significativo *A*, mais geral ou inclusivo do que idéias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva *a*, *b* e *c*, é adquirido a partir destes e passa a assimilá-los. “Em outras palavras, à medida que ocorre Aprendizagem Significativa, além da elaboração dos conceitos subsunçores é também possível à ocorrência de interações entre esses conceitos” (MOREIRA & MASINI, 1982, p. 20).

Uma outra possibilidade é a aprendizagem combinatória, que 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 outras já estabelecidas na estrutura cognitiva nem é capaz de assimilá-las”. (MOREIRA, 1985, p. 68). É como se a nova informação fosse potencialmente significativa por ser relacionável à estrutura cognitiva como um todo, de uma maneira geral, e não com aspectos específicos dessa estrutura como ocorre na aprendizagem subordinada e mesmo na superordenada.

#### *2.1.5-Quatro princípios básicos para programar a instrução (diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, organização seqüencial e consolidação)*

A investigação do conhecimento disciplinar, assim como a organização do conteúdo, resulta em uma das variáveis do processo de aprendizagem. Para Ausubel et al., (1980); Moreira & Masini (1982); Palmero (2004), a programação do conteúdo de uma disciplina encaminhada à construção da Aprendizagem Significativa por aprendizes tem de levar em conta quatro princípios básicos: diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, organização seqüencial e consolidação, disponibilizados na Figura N. 2.

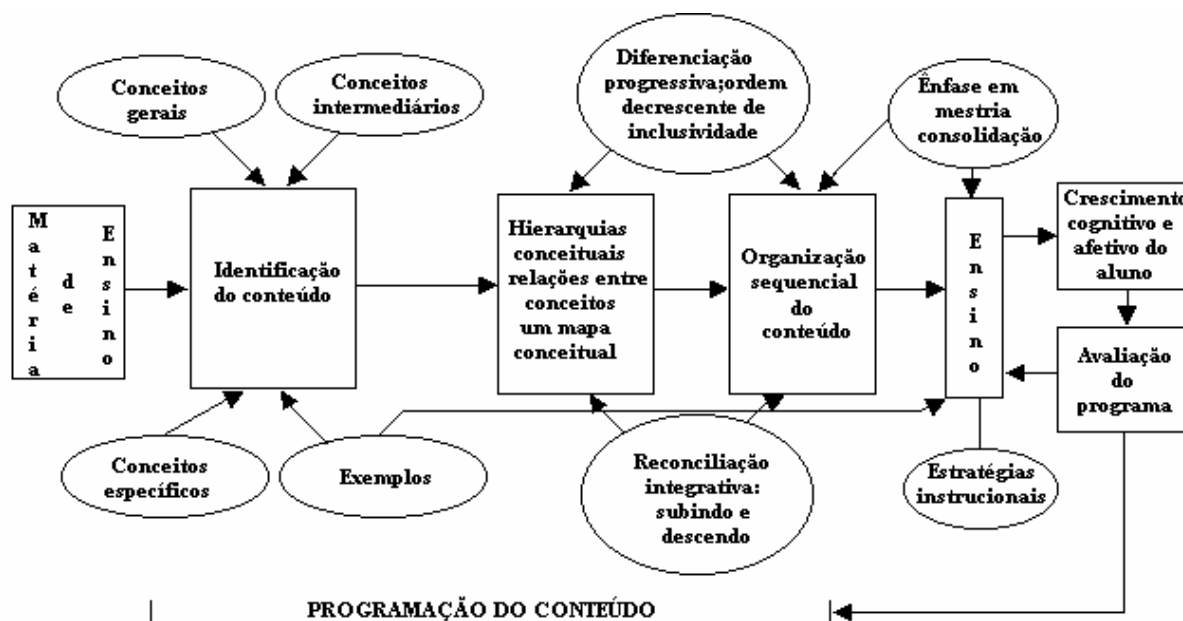


Figura n.2- Um modelo para planejar a instrução consistente com a teoria de Ausubel-(Moreira, 1977)

### Figura N. 2- Um modelo para planejar a instrução

À medida que a Aprendizagem Significativa ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações. Para Moreira & MASINI (1982, p. 21):

*Do ponto de vista ausubeliano, o desenvolvimento de conceitos é facilitado quando os elementos mais gerais, mais inclusivos de um conceito são introduzidos em primeiro lugar e, posteriormente então, este é progressivamente diferenciado, em termos de detalhe e especificidade.*

Processo este, denominado por Ausubel, como o princípio da diferenciação progressiva. Para ele, este deve ser levado em conta ao se programar o conteúdo, isto é, as idéias mais gerais e mais inclusivas da disciplina devem ser apresentadas no início para, somente então, serem progressivamente diferenciadas em seus aspectos específicos. Ao propor isso, Ausubel et al., (1980, p. 159) baseou-se em duas hipóteses:

- a) É menos difícil para os seres humanos compreender os aspectos diferenciados de um todo previamente aprendido mais inclusivo, do que formular o todo inclusivo a partir das suas partes diferenciadas previamente aprendidas;
- b) No indivíduo, a organização do conteúdo de uma disciplina particular, consiste de uma estrutura hierárquica na sua própria mente. As idéias mais inclusivas ocupam uma posição no topo desta estrutura e abrangem proposições, conceitos e dados factuais progressivamente menos inclusivos e mais diferenciados.

Entretanto, a programação do conteúdo deve não só proporcionar a diferenciação progressiva, mas também explorar, explicitamente, relações entre proposições e conceitos, chamar atenção para diferenças e similaridades importantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes. Isso deve ser feito para atingir o que Ausubel chama de reconciliação integrativa, e que ele descreve como uma antítese à prática usual dos livros-texto em separar idéias e tópicos em capítulos e seções.

Segundo Moreira & MASINI (1982, pp. 21, 22) temos que:

- a) Diferenciação progressiva é o princípio pelo qual o assunto deve ser programado de forma que as idéias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes e, progressivamente diferenciadas, introduzindo os detalhes específicos necessários. Essa ordem de apresentação corresponde à seqüência natural da consciência, quando um ser humano é espontaneamente exposto a um campo inteiramente novo do conhecimento;
- b) Reconciliação integrativa é o princípio pelo qual a programação do material instrucional deve ser feita para explorar relações entre idéias, apontar similaridades e diferenças significativas, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes.

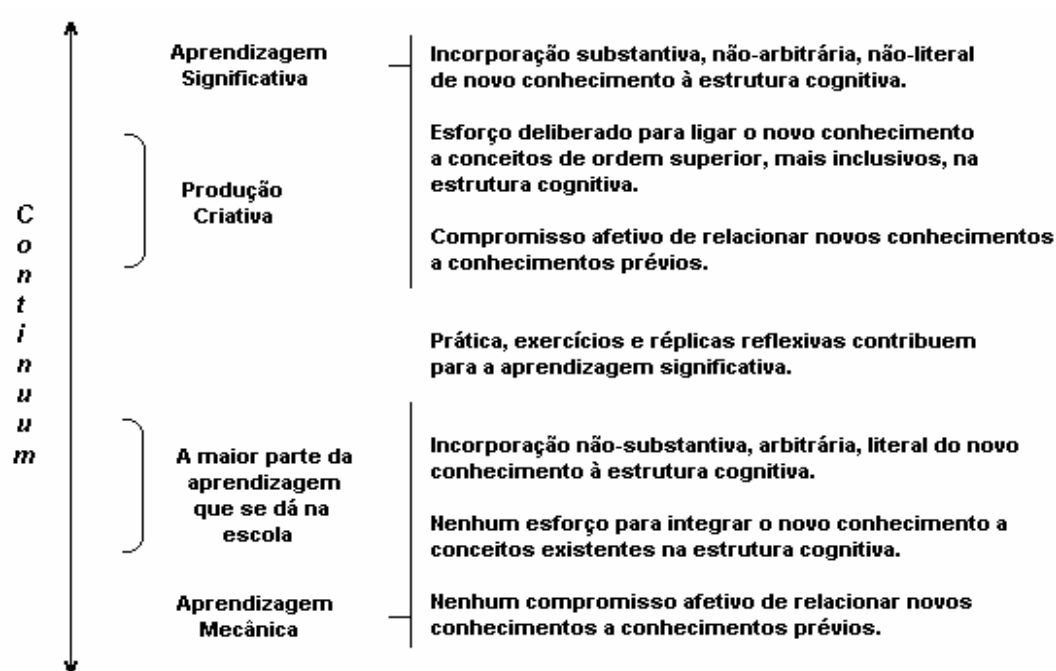
A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são, portanto, processos que resultam e que ocorrem simultaneamente com a Aprendizagem Significativa, bem caracterizando a dinamicidade da proposição ausubeliana. Estes detalhes são pontos-chave para a preparação dos nossos objetos de aprendizagem que não podem ficar alheios à idéia das “hierarquias conceituais”. Desta forma, objetivando facilitar a Aprendizagem Significativa por parte dos aprendizes, dos conteúdos que estão sendo estudados, devemos nortear a estrutura da própria matéria de ensino, para que os

conceitos possam ser adquiridos por diferenciação progressiva e/ou reconciliação integrativa.

Ao tratar da organização seqüencial, Ausubel (*apud* MOREIRA & MASINI, 1982, pp. 42, 43) argumenta que a disponibilidade de idéias-âncora relevantes para o uso na aprendizagem verbal significativa e na retenção pode, obviamente, ser maximizada ao tirar-se partido das dependências seqüenciais naturais existentes na disciplina e do fato de que a compreensão de um dado tópico pressupõe, freqüentemente, o entendimento prévio de algum tópico relacionado. Além disso, Ausubel argumenta também que, insistindo na consolidação ou mestria do que está sendo estudado, antes que novos materiais sejam introduzidos, assegura-se contínua prontidão (*readiness*) na matéria de ensino e sucesso na aprendizagem seqüencialmente organizada.

#### *2.1.6-Aprendizagem mecânica, por descoberta e por recepção*

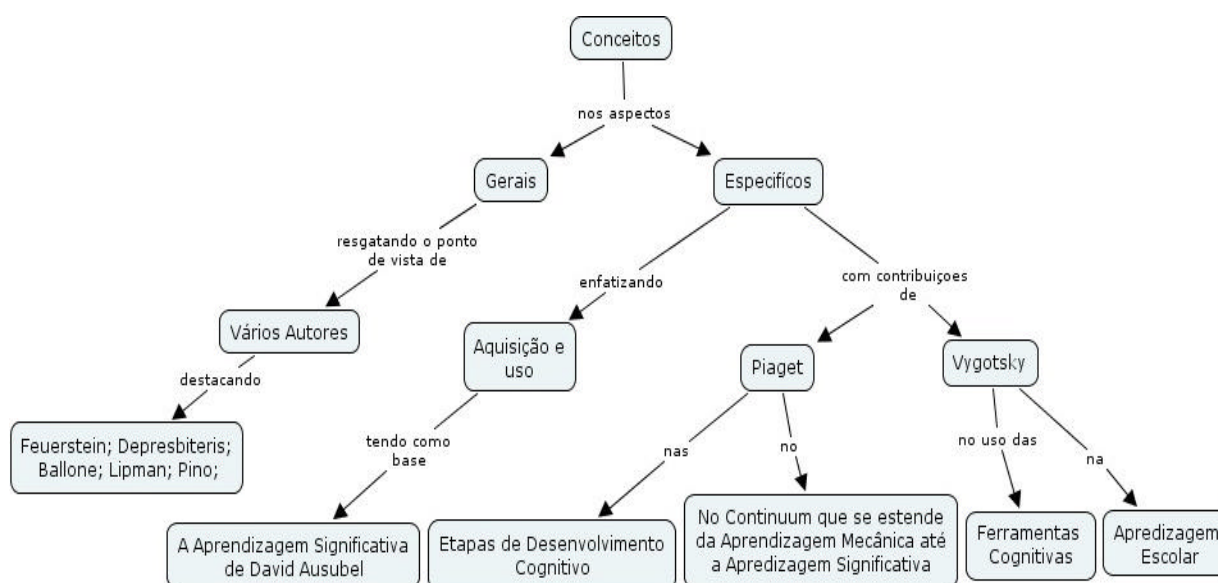
Contrastando com a Aprendizagem Significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica (*rotelearning*) como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes na estrutura cognitiva. Neste caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária; não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada. O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. A aprendizagem de pares de sílabas é um exemplo típico de aprendizagem mecânica, porém a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos em Física, pode também ser tomada como exemplo, embora se possa argumentar que algum tipo de associação ocorrerá neste caso. Na verdade, Ausubel não estabelece a distinção entre Aprendizagem Significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, e sim como um *continuum*.



**Figura N. 3-** Continuum da Aprendizagem Mecânica à Aprendizagem Significativa

Da mesma forma, essa distinção não deve ser confundida com a que há entre aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção. Segundo Ausubel, na aprendizagem por recepção o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido é descoberto pelo aprendiz. Entretanto, após a descoberta em si, a aprendizagem só é significativa, segundo a concepção ausubeliana, se a nova informação incorporar-se de forma não arbitrária à estrutura cognitiva.

## 2.2-Conceitos



**Figura N. 4** Contribuições de alguns teóricos para entendimento das formas para a construção dos conceitos nos aspectos gerais e específicos

Dentro do campo das investigações a que nos propomos, uma das temáticas mais desafiantes da teoria do conhecimento (na filosofia) e da teoria da cognição (na psicologia) é relativa aos processos de formação e desenvolvimento dos conceitos pelo ser humano. Embora seja notória a dependência dos conceitos para a maioria dos atos cotidianos, interessam aqui apenas os questionamentos que surgem quando tratamos de sua influência nos processos de ensino-aprendizagem no geral, e particularmente nos referentes aos paradigmas da Física. Para isto foi feita uma abordagem elucidativa específica sobre a aquisição e uso dos conceitos em suas nuances:

- aquisição e uso dos conceitos em seus aspectos gerais;
- aquisição e uso de conceitos na teoria de David Ausubel;
- construção dos Conceitos da Física.

Encontramos, assim, pistas para desvelarmos um grande veio que permite a construção do conhecimento consoante, entre outros, com o pensamento ausubeliano: que é o de criar condições para que cada um se erga como produtor de sua própria prática (autoria do conhecimento do objeto) e que através do refinamento de sua

estrutura cognitiva (pontes cognitivas para interagir o conhecimento prévio e os novos conhecimentos), alcancem a Aprendizagem Significativa.

### *2.2.1-Aquisição e uso dos conceitos (bases teóricas e aspectos gerais)*

A idéia de conceito está intimamente relacionada ao intelecto, à cognição, à consciência e ao conhecimento humano. De maneira sucinta, um conceito é uma explicação intelectual de algo, ou seja, uma externalização da nossa estrutura cognitiva sobre coisas, fatos, eventos, de modo a modelar a realidade como a percebemos. Para Lipman (1995), um conjunto de informações relacionadas entre si e que formam um sentido, um significado, o qual produzido e armazenado na estrutura cognitiva de cada um e por cada um, nos apoderamos na forma de parâmetros concretos ou abstratos, para explicar, compreender e modelar o mundo. Destacando nas palavras de Ballone (2005, p. 2) que:

*o característico do ato da compreensão diz respeito à vivência da iluminação interior, a síntese intelectual dos dados imediatos da consciência, súbita e unitariamente ordenados e estruturados de maneira específica.*

Segundo o pensamento de Lipman (Op. cit), é a posse dos conceitos que nos permite articulá-los no nosso processo de pensar na forma de operações intelectuais: seja na forma de juízos, ou seja, na forma de encadeamentos destes juízos, como em explanações discursivas ou como em encadeamentos destes juízos em raciocínios/argumentos. Neste sentido, os conceitos se apresentam como ingredientes básicos para as nossas operações mentais: “conjunto de ações internalizadas, organizadas e coordenadas, no que se refere às informações que recebemos de fontes externas e internas” (DEPRESBITERIS et al., 2004, p. 67). E a nossa capacidade de exposição correta e clara sobre algo está calcada na formulação consciente dos conceitos existentes em nossa estrutura cognitiva.

Pense por exemplo na palavra *força* e vamos mostrar o nosso conhecimento sobre força, ou mais precisamente o nosso conceito de força. O que resultaria seria um conjunto de aspectos que, reunidos e interligados em nossa consciência, nos permitiria

externalizar a nossa compreensão, ou seja, a idéia de que temos a respeito do que venha a ser força.

Nesta revisão acerca do tema Conceitos, não nos preocuparemos com os seus valores de verdade, deixando a cargo da Epistemologia, entretanto, em alguns casos nos restringiremos a uma análise pormenorizada de sua aceitação pela comunidade científica.

De acordo com as concepções enunciadas referentes aos conceitos, surge a necessidade de implementarmos a prática educativa com metodologias ricas em atividades facilitadoras da construção dos conceitos.

Nesta perspectiva, o nosso interesse volta-se para alguns questionamentos pertinentes à construção dos conceitos:

- 1) Como é possível construir um conceito de forma direta, isto é, através de nossas experiências sensoriais?
- 2) Como os conceitos podem ser obtidos sem estarmos em relação direta com os objetos?
- 3) Quais os pressupostos utilizados por Ausubel em sua teoria de aprendizagem (Aprendizagem Significativa) referentes à aquisição e uso dos conceitos?

Em uma primeira análise, atentamos para o fato de que grande parte dos conceitos que possuímos são obtidos de forma direta (conceito psicológico ou particular<sup>10</sup>), construídos a partir das relações com objetos, situações, fatos, onde nossas atividades sensoriais (visuais, auditivas, olfativas, tácteis) captam infinitas informações provenientes do mundo exterior ao nosso entorno, dentro de contextos diversificados por fatores culturais, sociais, físicos, influenciados por interesses específicos, temperamentos, nível de instrução e compreensão. Segundo Ballone (2005), a melhor compreensão sobre algo estaria associada à dependência do número de representações<sup>11</sup> despertadas pelo ato perceptivo; e a sucessão destas experiências

---

<sup>10</sup> Conceito psicológico ou particular – função específica de cada sujeito que não se deve confundir com o conceito lógico ou geral que se ocupa da síntese de todos os aspectos do objeto e é idêntico para todos os indivíduos (BALLONE, 2005, p. 4).

<sup>11</sup> Reprodução na consciência, de percepções vividas e apreendidas da realidade à nossa volta e constituídas pelos aspectos dos objetos que interessam a determinado indivíduo em particular, em

sensoriais durante a vida faz com que este conjunto de representações vá se tornando cada vez mais amplo, embora em ritmos diferenciados de indivíduo para indivíduo. E uma vez de posse dessas impressões provenientes dos estímulos do mundo exterior e armazenadas na estrutura cognitiva, o ser humano vai compondo o seu campo conceitual sobre as concepções acerca do que seja a realidade circundante, visão esta contemplada dentro da tradição do empirismo e associacionismo anglo-americano fundamentada na doutrina de Jonh Locke. Cita ainda Ballone (2005) que é pela utilização dessa armazenagem com suas associações que somos capazes de dar sentido aos indícios provenientes do mundo exterior. Outro ponto a ser evidenciado ao se analisar a aquisição dos conceitos de forma direta nos remete às convicções de Pino (2000, p. 23):

*que do ponto vista do sentido comum, adquirir um conceito sobre determinado objeto, seria simplesmente incorporar a nossa estrutura cognitiva as propriedades dos objetos, diretamente acessíveis à percepção sensível, reconstituídas internamente numa espécie de cópia fiel do que pensamos ser o real, que é a imagem mental.*

Nesta análise não poderemos perder de vista a concepção de Piaget (*apud* PINO, 2000, p.23): “incorporar as propriedades dos objetos é insuficiente para definir o conhecer humano, pois o objeto nada mais é do que um instantâneo fugaz no sistema de transformações que constitui o real”. Então, o que fazer para transformar estas informações em conhecimentos dinâmicos? Uma saída seria captar estas transformações, função específica das suas reconstruções mentais, associadas às operações mentais e às funções cognitivas. Em uma análise mais profunda, torna-se nítida neste processo uma atividade que implica uma relação, e como tal, a mesma envolve três, e não dois elementos: o sujeito, o objeto a se conhecer e de forma não muito transparente, um elemento mediador, uma espécie de conversor que torna possível que o objeto possa ser conhecido pelo indivíduo.



---

virtude de sua cultura, instrução, inclinações, interesses específicos e temperamento, variando de pessoa a pessoa e mesmo durante a vida de uma mesma pessoa (BALLONE, 2005, p. 5).

Assim, através deste elemento mediador surge a possibilidade do indivíduo ampliar o entendimento sobre o objeto, ou seja, que ele não só possa ser conhecido como objeto de representação que dele se faz, mas que através de um processo mediado, se possa incorporar as idéias que eles veiculam através da reestruturação do pensamento.

Neste ponto, voltaremos o olhar para as idéias de Vygotsky (1989), em sua teoria de formação de conceitos, buscando explicações para as formas mais elevadas de comportamento humano, de maneira a revelar, de que forma o ser humano aprende a organizar e a dirigir o seu comportamento. Ele propõe a integração entre as funções mentais de caráter interno do indivíduo (em nível da consciência), associada ao contexto social, histórico e cultural (entorno social) de caráter externo e ressalta que as informações nunca são absorvidas diretamente do meio, são sempre intermediadas, de modo explícito ou implícito, pelas pessoas que o cercam e enfatiza que, dos signos utilizados pelo homem, a palavra tem um destaque primordial. Segundo Vigotsky (1989, p. 48):

*todas as funções psíquicas superiores são processos mediados e os signos constituem o meio básico para dominá-las e dirigi-las. O signo mediador é incorporado à sua estrutura como uma parte indispensável, na verdade, a parte central do processo como um todo. Na formação de conceitos, este signo é a palavra, que em princípio tem o papel de meio na formação de um conceito.*

Assim, é pertinente destacar uma nova dimensão na nossa investida sob as formas de como adquirir um conceito: como seria possível adquirir um conceito sem estarmos apenas em relação direta com o objeto? Nesta segunda situação, podemos citar como exemplo os conceitos que formamos a partir das informações que nos são transmitidas através da linguagem verbal (escrita e oral), isto é, a partir do que os outros nos contam, nos dizem, nos mostram, nos explicam as características de certas coisas e nós vamos apreendendo-as nas suas inter-relações significativas através de um processo mediado, de modo a facilitar a nossa interpretação e representação de mundo. Neste aspecto é fundamental lembrar que para Vygotsky (*apud* AUSUBEL et al., 1980):

*numa base puramente teórica seria difícil, em última instância, negar algum grau de relação causal entre o desenvolvimento lingüístico e a (internalização) dos conceitos e a aquisição de termos mais relacionais e abstratos (...) o desenvolvimento do funcionamento cognitivo como internalização das operações lógicas, emergência da capacidade de compreender ou manipular relações entre abstrações sem o auxílio de experiências empírico-concretas correntes ou recentes, e a aquisição da capacidade de pensar em termos de relações hipotéticas entre variáveis.*

Esta forma evidencia o forte potencial da linguagem enfatizando especificamente que “o motor principal da comunicação é o fato que existe algo que é conhecido para um participante da conversa e desconhecido (ou pressupostamente desconhecido) para um outro participante” (MARTINS, 2001, p. 141). E é deste fator (diferença de conhecimentos) que poderemos tirar o proveito necessário para a construção dos conceitos ou novos conceitos, principalmente os contemplados com o conhecimento científico, pois estes, diferentemente dos adquiridos através do senso comum ou do bom senso, requerem informações dentro de uma visão específica, mais elaborada, mais sistemática, composta por parâmetros mais refinados, transparentes na maioria das vezes apenas em meios compostos por teorias próprias, fundamentadas em conceitos que lhes são peculiares, necessitando de explicações que nem sempre são evidentes. Neste ponto, daremos destaque à aquisição do conhecimento acadêmico e, mais precisamente, ao papel da instrução formal (base para a construção dos conceitos científicos) ministrada no âmbito escolar contemplada no pensamento de Vygotsky (*apud* DEPRESBITERIS, 2004, p. 142):

*A escola é o lugar onde o processo intencional de aprendizagem deve ocorrer, uma vez que foi criada pela sociedade para transmitir determinados conhecimentos e formas de ação no mundo. O professor é uma pessoa real, presente junto àquele que aprende. Sua função é interferir no processo de aprendizagem e, portanto, no processo de desenvolvimento (...) O desenvolvimento é concebido como um processo culturalmente organizado, no qual a aprendizagem, em contextos de ensino, será um momento interno e necessário.*

Para Vygotsky (*apud* DEPRESBITERIS, 2004, p. 143.) é no aprendizado escolar que encontramos a maior parte dos conceitos científicos que o estudante deve construir. Os conceitos da Física são bons exemplos de conceitos científicos e sua construção por aprendizes em um ambiente escolar através de um processo mediado é parte integrante da nossa pesquisa.

Ao analisar o papel do professor nestes processos, Vygotsky faz uma ponderação pertinente: “um professor que tentar fazer uma mera transmissão de conceitos cairá num verbalismo vazio”, advertindo que os professores deveriam implantar o discurso vivo em sala de aula, no qual todos, de modo participativo, se empenhassem na reflexão e na discussão que leva a um pensar autônomo. A comunidade da sala de aula deve se transformar em uma comunidade investigativa, onde a aprendizagem desperta e promove o desenvolvimento, e tem um papel central na construção do conhecimento.

Outro ponto destacado por Vygotsky (*apud* DEPRESBITERIS, 2004, p.147) ressalta a importância do uso das ferramentas psicológicas:

*as ferramentas psicológicas (signos, símbolos, textos, fórmulas, gráficos, modelos entre outras) são aquelas que permitem ao indivíduo dominar suas próprias funções psicológicas naturais de percepção, memória, atenção, etc (...)*  
*o uso das ferramentas psicológicas é um pré-requisito de êxito na escola formal.*

E esta é uma das premissas incorporada ao nosso trabalho como facilitadora para a construção dos conceitos da Física, a partir da qual faremos à utilização de um *software* exploratório, o *Modellus*, que possibilita a construção e uso das Animações Interativas utilizadas no processo de construção dos conceitos da Física ao longo da nossa pesquisa (aspectos que detalharemos mais adiante). Para Teodoro (2002, p. 21):

*O Modellus pode ser utilizado como ferramenta cognitiva para auxiliar a internalização do conhecimento, preferencialmente em atividades em sala de aula (individual ou em grupo), em que a discussão, a conjetura e o teste de idéias são atividades dominantes, por oposição ao ensino direto por parte do professor.*

À luz dessas reflexões traçadas sobre a aquisição dos conceitos, cumpre ressaltar que é através da incorporação dos conceitos e de suas conexões na estrutura cognitiva de cada indivíduo que, durante a vida, as representações vão se tornando mais e mais complexas numa função psíquica. Segundo Ballone (2005, p. 3):

*Onde se sucede primeiramente a percepção, seguida pela fixação na memória e, posteriormente, a elaboração e associação das impressões registradas pela consciência. De maneira continuamente dinâmica, tudo isso se associa aos*

*elementos anteriores de nossa experiência formando, numa primeira fase os conceitos concretos e, posteriormente, os conceitos abstratos das coisas.*

Atributos que compõem a nossa concepção de mundo e sobre o mundo, o que resumidamente poderemos chamar de ideação humana.

Portanto, os conceitos são os primeiros atributos que se podem definir como intelectivos por excelência, pois graças a eles é que se organizam na consciência individual os dados perceptivos e representativos, empiricamente vivenciados e correspondentes, respectivamente aos planos objetivo e subjetivo da realidade. Essa compreensão intelectual oferecida pelos conceitos representa um componente da experiência interna e pessoal de maior importância para a construção do conhecimento, ordenando hierarquicamente na consciência o caos das formas sensoriais e mnemônicas com as quais a realidade se apresenta. Através dos conceitos, promove-se a construção dos significados do mundo objectual (vida) que ultrapassam os dados sensoriais. Assim sendo, o conceito é o elemento estrutural do pensamento na construção das vivências do mundo e da vida.

### *2.2.2 - Aquisição e formação de conceitos na teoria de aprendizagem de David Ausubel*

David Ausubel e seus colaboradores<sup>12</sup> oferecem uma abordagem teórica específica sobre a aquisição e uso dos conceitos. Suas concepções encontram-se descritas, em primeiro lugar, no livro *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* (1963) e, de forma expandida, em *Educational Psychology* (AUSUBEL et al., 1980) e em uma versão mais atual em *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva* (AUSUBEL, 2003).

Ausubel buscou explicações para as formas mais elevadas de comportamento humano, de maneira a revelar, de que forma o ser humano organiza e faz uso das suas funções cognitivas. O cognitivismo de Ausubel é um caminho para se estudar o ato de

---

<sup>12</sup> Entre seus colaboradores destacam-se: JOSEPH D. NOVAK (*Cornell University*), HELEN HANESIAN (*Brooklyn College-City University of New York*), que tratam quase que exclusivamente da aprendizagem significativa e seus princípios formadores.

formação ou de assimilação de significados ao nível de consciência, o ato da cognição<sup>13</sup>.

Adentrando no universo ausubeliano, vamos resgatar o seu pensamento sobre conceitos:

*Os conceitos consistem nas abstrações dos atributos essenciais que são comuns a uma determinada categoria de objetos, eventos ou fenômenos, independente da diversidade de dimensões outras que não aquelas que caracterizam os atributos essenciais compartilhados por todos os membros da categoria. (AUSUBEL et al., 1980, p. 72)*

Ressaltando que os conceitos padronizam e simplificam a realidade, facilitando a aprendizagem, a solução de problemas e a comunicação, são a base para um pensamento coerente e objetivo, além de servirem como pontes cognitivas que tornam possível a aquisição de idéias abstratas na ausência de experiências empírico-concretas. Uma vez adquiridos, os conceitos servem para muitos fins do nosso funcionamento cognitivo; "a realidade, figuramente falando, é experimentada através de um filtro conceitual ou categorial, constituindo o mundo dos significados do indivíduo" (MOREIRA & MASINI, 1982, p. 27).

Desta forma, é através dos conceitos que os seres humanos interpretam suas experiências perceptuais em termos de conceitos próprios contidos em sua estrutura cognitiva. Adentrando um pouco mais nas concepções de Ausubel et al., (1980), os conceitos constituem a matéria-prima tanto para a Aprendizagem Significativa como para a generalização das proposições significativas para a solução de problemas.

De acordo com a teoria ausubeliana tentaremos elucidar o processo, pelo qual e no qual o ser humano em suas atividades psicológicas de elaboração e reelaboração vão adquirindo constantemente, o seu conjunto próprio de conceitos. Para Ausubel, duas raízes são destacadas nas formas de aquisição de conceitos. Mas especificamente, a formação de conceitos (i) e a assimilação de conceitos (ii).

---

<sup>13</sup> Cognição: termo genérico referente a processos mentais superiores, como a aprendizagem representacional, a aquisição de conceitos, a aprendizagem proposicional (compreensão de sentenças), a resolução significativa de problemas, o pensamento, a retenção significativa, o julgamento e assim por diante. (AUSUBEL et al., 1980, p.522).

I - A formação de conceitos ocorre em crianças na idade pré-escolar, processo este, significativo e orientado por hipóteses:

*Mais simplificada, objetos ou eventos dados imediatamente pela percepção dos conceitos primários<sup>14</sup> do dia-a-dia, são adquiridos relacionando seus atributos essenciais à estrutura cognitiva, depois de serem relacionados a vários exemplos particulares a partir dos quais foram derivados (AUSUBEL et al., 1980, p. 72)*

Basicamente, este é um processo em que os conceitos são adquiridos a partir de experiência empírico-concreta, um tipo de aprendizagem por descoberta, envolvendo processos psicológicos subjacentes, como a análise discriminativa, abstração e diferenciação. Enfim, é a aquisição indutiva e espontânea de idéias genéricas que “consiste essencialmente de um processo de abstração dos aspectos comuns característicos de uma classe de objetos ou eventos que variam contextualmente” (MOREIRA & MASINI, 1982, p. 10).

Para Ausubel é um tipo de aprendizagem que envolve de modo geral, os seguintes processos:

- a) análise discriminativa de diferentes padrões de estímulo;
- b) formulação de hipóteses em relação a elementos abstraídos comuns;
- c) testagem subsequente dessas hipóteses em situações específicas;
- d) seleção dentre elas de uma categoria geral ou conjunto de atributos comuns sob os quais todas as variações possam ser assimiladas;
- e) relacionamento desse conjunto de atributos a elementos relevantes que sirvam de ancoradouro na estrutura cognitiva;
- f) diferenciação do novo conceito em relação a outros conceitos previamente aprendidos;
- g) generalização dos atributos criteriais do novo conceito a todos os membros da classe;

---

<sup>14</sup> Conceitos primários: conceitos cujos significados, um indivíduo aprende originalmente em relação com a experiência empírico-concreta, isto é, aqueles cujos atributos criteriais, quer descobertos ou apresentados, fornecem significados genéricos durante a aprendizagem quando os atributos são, a princípio, explicitamente relacionados a exemplos particulares múltiplos dos quais são derivados antes de relacionar os atributos isolados à estrutura cognitiva (AUSUBEL et al., 1980, p. 523).

h) representação do novo conteúdo categórico por um símbolo de linguagem congruente com o uso convencional.

ii – A assimilação de conceitos é, segundo Ausubel et al., (1980), caracteristicamente a forma pela qual as crianças na idade escolar, bem como os adolescentes e adultos, adquirem novos conceitos pela recepção de seus atributos criteriais e pelo relacionamento desses atributos com idéias relevantes já estabelecidas em sua estrutura cognitiva.

Para ele os conceitos não-espontâneos, manifestados através de significado categórico generalizado, passam a predominar somente próximo à adolescência e em indivíduos que passam por processo de escolarização. O indivíduo pode adquirir conceitos de modo muito mais eficiente e passa, significativamente, a relacionar os atributos criteriais do novo conceito à sua estrutura cognitiva, sem necessitar relacioná-los anteriormente a instâncias particulares que o exemplifiquem.

O aspecto mais significativo do processo de assimilação de conceitos em outras palavras envolve a relação de modo “substantivo e não-arbitrário”, de idéias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva do aprendiz com o conteúdo potencialmente significativo, implícito na definição dos termos ou das “pistas contextuais” (atributos criteriais).

Para crianças mais novas, o processo de assimilação requer a influência facilitadora das provas empírico-concretas, principalmente exemplos dos atributos essenciais que são relacionados à estrutura cognitiva juntamente com os atributos que exemplificam. Em outras palavras, estas crianças aprendem novos termos genéricos ou conhecendo suas definições ou encontrando-as num contexto, e então estabelecendo uma equivalência representacional entre os novos termos genéricos e os novos significados conceituais emergentes na estrutura cognitiva, que são assimilados pela combinação de palavras já significativas, contidas nos termos sugestivos das definições do contexto. Diferentemente da formação do conceito, na assimilação (principalmente no ambiente escolar) os atributos criteriais do conceito não são descobertos indutivamente, mas são apresentados ao aprendiz como definição ou estão explícitos no contexto onde são usados.

Uma vez que as definições necessárias e o contexto apropriado são mais apresentados do que descobertos, a assimilação de conceitos é uma forma de aprendizagem receptiva significativa; mas, na medida em que envolve também várias operações cognitivas ativas, não pode ser considerado um fenômeno conceitual simples ou passivo.

Portanto, não podemos ficar alheios às ponderações ausubelianas de que aprender um novo conceito depende de propriedades existentes na estrutura cognitiva, do nível de desenvolvimento do aprendiz, de sua habilidade intelectual, bem como da natureza do conceito em si como é apresentado.

Conforme o exposto, podemos evidenciar as duas formas básicas de se adquirir um conceito. A primeira delas é o desenvolvimento da generalização, que desde muito cedo começa a fazer com que o indivíduo selecione e agrupe objetos de acordo com suas características concretamente presentes, ou seja, abstrai seus atributos essenciais em comum, a partir de experiências empírico-concretas. Na segunda forma, os conceitos são adquiridos através de processos cognitivos mais complexos ocorridos na mente do indivíduo, fazendo com que ele distinga nos objetos características, relações e idéias cada vez mais abstratas, através do uso das funções cognitivas, em que prevalecem os atributos constitutivos próprios da estrutura cognitiva.

Para Ausubel, em estágios mais avançados do desenvolvimento cognitivo os conceitos tendem a:

Ψ -atingir níveis mais complexos de abstrações;

Ψ -exibir maior precisão como também tornar-se mais diferenciados;

Ψ -ser adquiridos mais por meio de assimilação de conceitos do que pela formação de conceitos;

Ψ -ser acompanhados pela conscientização da conceitualização das operações envolvidas (meta-aprendizagem).

Em uma trilha paralela, destaca Ausubel alguns aspectos relevantes ao desenvolvimento dos conceitos em termos relacionais ao desenvolvimento cognitivo piagetiano, indo do estágio pré-operacional (i), passando pelo estágio lógico-concreto (ii), chegando ao lógico-abstrato (iii).

i - Durante o estágio pré-operacional, a criança está limitada à aquisição dos conceitos primários:

*conceitos cujos significados ela aprende primeiramente relacionando explicitamente seus atributos essenciais aos exemplos a partir dos quais foram extraídos, antes de relacionar estes mesmos atributos à estrutura cognitiva(...) Tanto o processo de conceitualização propriamente dito, quanto seus produtos (os novos significados de conceitos adquiridos) ocorrem em um nível pequeno de abstração. (AUSUBEL et al., 1980, p.88)*

ii - O estágio lógico-concreto (operacional-concreto) consiste em um nível de abstração muito mais elevado e desta forma, correspondentemente, é onde se processa a aquisição de conceitos mais abstratos.

*As crianças neste estágio estão aptas a lidar com conceitos secundários<sup>15</sup> cujos significados aprendem sem entrar em contato com a experiência empírico-concreta de onde os conceitos são derivados. Uma vez que tais conceitos são adquiridos por assimilação (pela aprendizagem receptiva) às crianças apresentam-se apenas os atributos essenciais, seja por definição, seja pelo contexto (...) O processo de conceitualização é restrito particularmente pelos dados aferentes e produz de modo característico um tipo de conceito semi-abstrato e subverbal. (AUSUBEL et al., 1980, p.89).*

iii - É no estágio das operações lógico-abstratas que a aquisição de conceitos se processa no nível mais alto de abstração.

*Os atributos criteriais de conceitos secundários complexos e de mais alta ordem podem ser relacionados diretamente à estrutura cognitiva sem qualquer prova empírico-concreta; e os produtos emergentes da conceitualização são refinados através da verbalização, de modo a gerar idéias precisas, explícitas e genuinamente abstratas (AUSUBEL et al., 1980, p. 89).*

Estas reflexões advindas do pensamento ausubeliano integram os princípios para a estruturação do processo de construção dos conceitos da Física por Aprendizagem Significativa e são fundamentais como aparato científico para o sucesso deste processo.

---

<sup>15</sup> Conceito secundário: aquele cujos atributos criteriais apresentam significados genéricos quando os atributos do conceito são relacionados à estrutura cognitiva sem estar primeiro explicitamente relacionados com os exemplos particulares dos quais são derivados (AUSUBEL et al., 1980 p. 503)

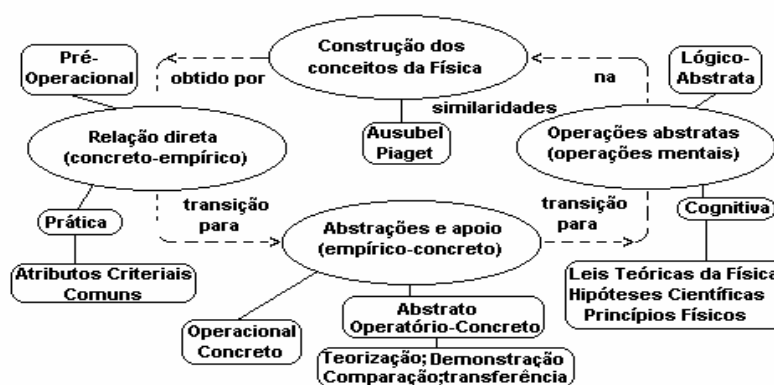
### 2.2.3- Conceitos teóricos da Física-uma construção consoante com as características e necessidades cognitivas do aprendiz

O foco principal desta abordagem sobre os conceitos teóricos da Física está voltado para a perspectiva da construção destes conceitos por aprendizes em um ambiente escolar, tendo como meta a Aprendizagem Significativa. Neste sentido, faremos uso do pensamento de Ausubel, levando em consideração as referências que o mesmo faz às fases de desenvolvimento intelectual piagetianas.

Analisar a construção dos conceitos da Física em uma perspectiva ausubeliana é de certa forma analisar a capacidade do aprendiz de processar idéias potencialmente significativas, o que é “em parte, uma função do seu nível geral de funcionamento ou capacidade intelectual (...), a qual naturalmente aumenta com a idade e a experiência” (AUSUBEL et al., 1980, p. 172).

É relevante destacar alguns fatores inerentes a este processo: diferentes culturas e sistemas escolares, diferentes áreas de conhecimento e aspectos idiossincráticos (características de cada indivíduo), incluindo um conjunto de operações (desenvolvimento cognitivo) que ocorrem em uma seqüência (invariável) de estágios.

Nosso objetivo é seguir a trilha da coerência entre as fases de desenvolvimento intelectual do aprendiz e as possibilidades de formação e aquisição dos conceitos da Física, de forma que a nossa abordagem é feita nesta direção e sentido.



Mapa Conceitual: etapas evolutivas do desenvolvimento intelectual para a construção dos conceitos científicos LUNA/05

**Figura N. 5-** Etapas evolutivas do desenvolvimento intelectual para a construção dos conceitos científicos

Na etapa pré-operacional, a criança é apenas capaz de adquirir, compreender e manipular, para fins de soluções de problemas, aqueles conceitos cujos significados (atributos criteriais quer descobertos, quer apresentados), um dado indivíduo aprende em relação à experiência concreta e genuína (concepção ausubeliana). Um fato importante citado por Ausubel et al., (1980, p. 194), restringe nesta etapa a construção dos conceitos por operações mais abstratas. A impossibilidade de efetuar “muitas operações lógicas significativas (...) como a reversibilidade, a criança não pode compreender a idéia de conservação.” E cita como exemplo: a criança não “conserva” a massa, isto é, ela não percebe que um corpo, ao ser deformado, sua massa permanece constante, embora sua forma mude devido ao fracasso em compreender que nas deformações da forma, uma perda numa dimensão pode ser compensada por um ganho na outra, Ausubel (Op. cit p. 195).

Na etapa seguinte (operacional-concreta) segundo Ausubel (Op. cit p. 195), o aprendiz já é capaz de compreender, manipular significativamente abstrações secundárias e suas relações, entretanto, a partir dos atributos criteriais obtidos em suas experiências concreto-empíricas, isto é, necessitando de fontes de apoios, características destes elementos (abstrações secundárias) já adquiridas originalmente através da experiência concreto-empírica, as quais passam a constituir uma matriz concreto-empírica de onde derivam os significados potenciais das abstrações. Nesta etapa, é possível ao aprendiz adquirir e fazer uso de alguns conceitos da Mecânica Newtoniana, porém, os que envolvam relações entre parâmetros que estão contidos na sua matriz concreto-empírica. Por exemplo, pense-se no conceito de *velocidade*, e que o aprendiz tente adquiri-lo por definição ou aprendizagem receptiva significativa, em ambos os casos para isto ocorrer seria necessário que o aprendiz já tivesse obtido empiricamente a noção de distância (comprimento) e de intervalo de tempo mensurável (período compreendido entre dois eventos seqüenciais (...), um dia, uma semana, um segundo), ambos podendo ser obtidos através de um instrumento adequado de medida; entretanto, se tentássemos levar o aprendiz a construir o conceito relativístico de tempo descrito na relatividade restrita, o mesmo não conseguiria, pois neste caso lhe faltariam os atributos criteriais de tempo relativístico, os quais requerem abstrações que extrapolam as que integram uma matriz concreto-empírica da qual o conceito de tempo

faz parte. Observe que nesta fase o aprendiz está apto apenas a lidar com situações da Física restritas a estas compreensões relacionais dependentes de apoios concreto-empíricos, “e executar apenas aquelas operações relacionais de solução de problemas, que não vão além da representação, um tanto particularizada, da realidade implícita no seu uso de apoios” Ausubel (Op. cit. p. 196).

Em seguida, ocorre a etapa lógico-abstrata. Eventualmente, depois de uma mudança gradual suficiente nesta etapa, o aprendiz já não precisa mais de apoios empírico-concretos para manipular significativamente relações entre abstrações. Pode então assimilar proposições abstratas da Física e resolver problemas abstratos em “termos de possibilidades hipotéticas onniinclusivas, ao invés de em termos destas possibilidades restritas pela sua referência ao aqui e agora” Ausubel (Op. cit p.197). Em outras palavras, o aprendiz alcança a generalidade conceitual e proposicional completa, ao invés de apenas coordenar fatos a respeito do mundo circundante, particularidade que elicia o uso de todo o potencial do método implícito na Física Clássica (estrutura axiomática ideal) e na Física Moderna (princípios e definições).

É conveniente citar que transições para novas etapas não ocorrem instantaneamente, mas durante certo período de tempo. Flutuações entre as etapas são comuns até que a nova etapa emergente se consolide. Para Ausubel, o conhecimento destas etapas do desenvolvimento intelectual do aprendiz é que torna possível a colocação dos conteúdos programáticos no currículo de forma a contemplar as características e necessidades psicológicas do aprendiz para aquisição dos conceitos científicos, ao invés da forma arbitrária ou tradicional. Segundo ele o discernimento do curso do desenvolvimento intelectual vai capacitar o professor a precaver-se contra (e, portanto, desencorajar) certos tipos de imaturidades cognitivas do aprendiz (subjetividade, egocentrismo, animismo, antropomorfismo, nominalismo, raciocínio teleológico, idéias de causalidade única, focalização de apenas um aspecto do problema) e promover experiências facilitando a transição das etapas mais baixas para etapas mais elevadas do funcionamento intelectual (das operações concreto-empírica à lógico-abstrata).

Outro ponto importante ressaltado por Ausubel é que as Ciências devem ser estudadas na ordem de sua complexidade fenomenológica. Portanto, no caso do

ensino-aprendizagem de Física, analisando-se determinado fenômeno que se inicie com leis e conceitos básicos, só então partindo para a utilização de conceitos mais abstratos e leis fenomenológicas mais complexas.

Ausubel enfoca ainda o papel do professor como organizador da seqüência conceitual do programa, que deve ser compatível com as capacidades cognitivas do aprendiz, para que seja potencialmente significativa tarefa bastante complexa. Na prática, ao se fazer a programação na maioria dos casos não é levado em conta que a estrutura cognitiva do aprendiz não é similar à do professor. E uma vez que o professor já adquiriu conceitos mais elaborados (em extensão e nível), ele tende a vê-los como evidentes para o aprendiz, e esquece tanto os fatores evolutivos limitadores quanto à falta dos subsunçores que poderão tornar contraproducente a Aprendizagem Significativa de novas informações e novos conhecimentos.

## **2.3-Animação**

### *2.3.1–Animação: um breve histórico*

Traçar a história da Animação é de certa forma seguir a trilha dinâmica de pontos significativos, *princípios e idéias*, evolução dos meios e instrumentos, que foram se acumulando ao longo dos tempos, de maneira a completar um conjunto de informações que mostrem de forma transparente este fenômeno chamado Animação.

Nesta revisão, vamos nos ater de forma resumida a levantar algumas informações contidas no trabalho de Alberto Lucena (2002), intitulado *Arte da Animação técnica e estética através da história*, no qual é feita uma fusão entre arte, recursos técnicos e tecnológicos e Animação<sup>16</sup>, de modo que interligados passem a compor um conjunto mais amplo que vai além da idéia da ilusão do movimento. As Animações têm como antecedentes a Lanterna Mágica de Athanasius Kircher (1645), primeiro dispositivo que aponta para as possibilidades de pôr em prática a Animação como a conhecemos hoje. Seguido do Disco Giratório de Musschenbroek (1736) que sugeria à

---

<sup>16</sup> A palavra Animação e outras a elas relacionadas deriva do verbo latino *animare* (dar vida à) e só veio a ser utilizada para descrever a ilusão de movimento a partir de um sequenciamento rápido de imagens estáticas no século XX Solomon (*apud* LUCENA, 2002, p. 28).

idéia de movimento no espaço e no tempo, a partir de um sequenciamento de imagens, sendo considerada a primeira exibição animada, porém somente no início do século XX é que a Animação como um sequenciamento rápido de imagens estáticas, passa a ser viabilizada como arte, graças ao desenvolvimento científico e tecnológico da época.

Excursionando pelo inventivo mundo da Animação, Lucena (2002) levanta algumas características que marcaram a evolução das Animações no século XX:

- ❖ Descoberta da técnica de Animação, na qual o fenômeno da persistência retiniana<sup>17</sup> e a manipulação do tempo encerram seu grande segredo;
- ❖ Diversificação estilística e a busca pela automatização da técnica;
- ❖ Estruturação da tecnologia inserindo o computador como potencial simulador de fenômenos os mais variados;
- ❖ Advento da computação gráfica rumo ao domínio do real, tornando possível a liberdade de expressão de forma virtual;
- ❖ Movimento da indústria em direção à micro-computação incrementando os recursos visuais do PC;
- ❖ Construção e o uso de *softwares* libertando os novatos na área de informática das imposições da programação tradicional;
- ❖ Animação por computador destacando as técnicas de simulação dinâmica e de modelação<sup>18</sup>.

Estes avanços ampliaram significativamente o âmbito das capacidades expressivas no ambiente digital, evidentemente com destaque para o alcance quanto à representação do mundo real.

### 2.3.2 - *Modellus-cooperação virtual a favor da construção do conhecimento*

Como suporte de Informática para a construção das Animações Interativas, optamos pela ferramenta computacional *software Modellus*, concebido por Vitor Duarte Teodoro com a colaboração de João Paulo Duque e Felipe Costa Clérigo – *Faculty of Sciences and Technology – Nova University Lisbon*, Lisboa-Portugal.

---

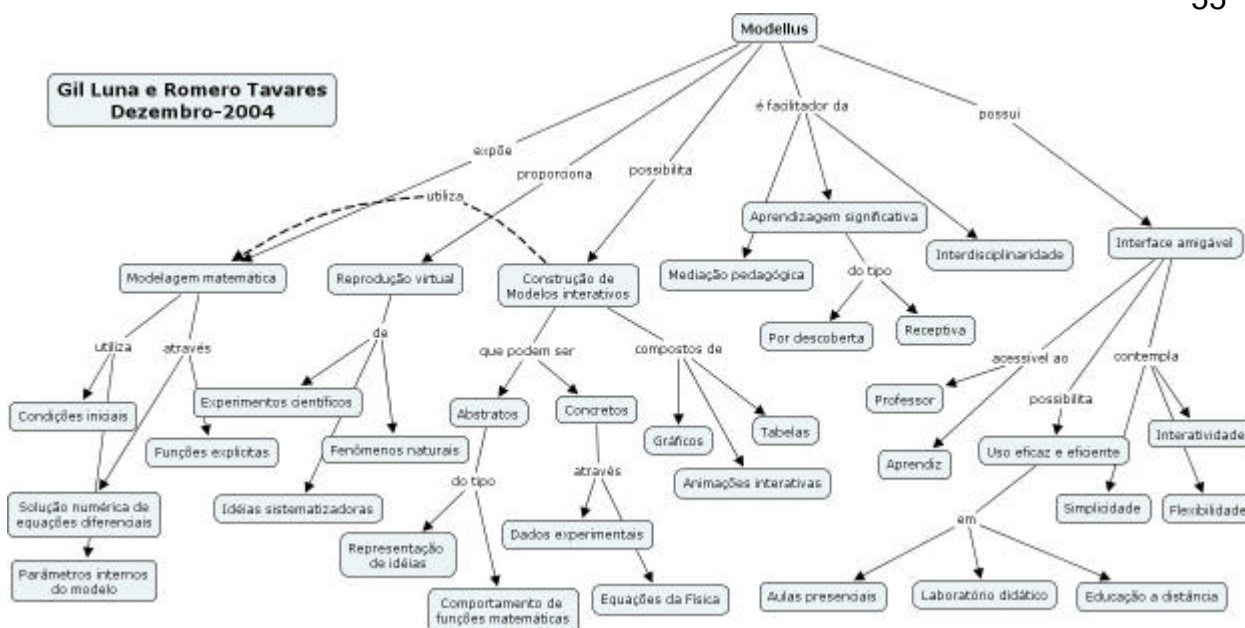
<sup>17</sup> Persistência retiniana: fenômeno que se caracteriza pelo fato de que os olhos humanos retêm a imagem por um intervalo de aproximadamente de 0,05 s.

<sup>18</sup> Simulação dinâmica: técnica que incorpora nos algoritmos regras de comportamento complexo observados na natureza, envolvendo fenômenos físicos (LUCENA, 2002, p. 378).

Características técnicas:

- Nome: *Modellus<sup>TM</sup> 2.5- Interacting Modelling with Mathematics*.
- Plataforma: *Windows 3.1* ou superior.
- Requisitos de *Hardware* mínimo: 16 megabytes de memória RAM e 20 *megabytes* livres em espaço de disco rígido.
- Versão: *2.5 for Windows*.
- Versão para *download* em: <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>.

Esta ferramenta possibilita a aprendizes e professores a construção de modelos virtuais interativos dinâmicos, utilizando as equações da Física não apenas como modelos matemáticos, mas definindo ações e procedimentos (inerentes aos conceitos da Física) executados na interatividade das condições iniciais, oportunizando que cada parâmetro escolhido gere novas situações, novas descrições. Torna possível ainda a reprodução virtual destes modelos de experimentos científicos ou fenômenos da Física, onde o *design* pode ser contemplado com o pensamento criativo, de forma a possibilitar ao usuário adentrar no universo do conhecimento científico nas formas de incorporações de informações e também na construção do conhecimento como produção de nossos processos cognitivos. Como justificativa da escolha e uso do *Modellus*, levantamos algumas características relevantes inerentes ao mesmo que podem contribuir de forma positiva para inovação da prática pedagógica.



**Figura N. 6-** Potencialidades do *Software Modellus* como ferramenta pedagógica

Com o propósito de explorar as potencialidades do *Modellus*, faremos agora uma análise mais detalhada dos seus aspectos, enfatizando que a investigação científica tem se valido de construções de modelos como parte integrante de suas atividades, como cita o relatório do *American Association for the Advancement of Science* (1993): uma boa parte do trabalho científico pode ser considerada como fazendo partes de ciclos de modelação.

Podemos ainda levantar como destaques inerentes ao *Modellus* algumas opiniões:

- Interface amigável: ferramenta facilmente acessível a alunos e professores (TEODORO, 2002, p. 20). O que possibilita tecnicamente a construção virtual de modelos científicos por usuários que não possuem grandes destrezas para linguagens de programação e para o uso das ferramentas computacionais de modelação.
- Para Nickerson (*apud* TEODORO, 2002, p. 25) “a opção adotada no *design* do *modellus* propicia a construção de modelos tão próxima quanto possível do modo como se constrói e se utiliza um modelo sem computador.” Deste modo, possibilita ao usuário (aluno ou professor) elaborar modelos utilizando quase sempre uma linguagem simples semelhante à manuscrita no dia-a-dia (usando o lápis e o papel), sem recorrer a linguagens de programações mais sofisticadas.
- Construção de modelos interativos (TEODORO, 2002, p. 26), podendo ter como base

os conceitos e equações da Física, dados experimentais ou simulação de fenômenos da natureza, onde o usuário pode construir e/ou explorar, de forma interativa, múltiplas representações de uma mesma situação; promovendo a navegação e a liberdade de tratamento, quer na escolha de percursos dos conteúdos, quer na construção de sentidos, passando assim da posição de consumidor de informações de conhecimentos para a posição de sujeito ativo na construção dos mesmos.

- Possibilita a construção virtual: de objetos concretos através da manipulação de dados experimentais; de objetos abstratos que podem ser representações de idéias ou manipulação das abstrações de acordo com certas regras lógicas, levando em consideração o que cita o relatório do *American Association for the Science*, 1993: o fato relevante para a importância da concretização do formal, sem perder a relevância do abstrato na construção do conhecimento científico.

- Facilitador da aprendizagem em contextos interdisciplinares e conexões entre as diversas ciências (Relatório do *National Council of Teachers of Mathematics*, 2000), atentando-se para o fato de que a razoabilidade do modelo (coerência teórica, coerência com dados experimentais e coerência com registros de imagens) está de certa forma voltada para as conexões entre as abordagens integradas com as diversas ciências.

- Facilidade para o ensino dirigido com integralização dos alunos com maiores dificuldades de aprendizagem (COLLINS, 1991), isto é, possibilidade de uso em ambientes escolares construtivistas de aprendizagem, onde a cooperação mútua favorece a interatividade entre alunos com maiores e menores dificuldades de aprendizagem.

- Facilitador da familiarização entre aprendiz e representação, criando uma intimidade fundamental que vai além da simples observação ocasional; o que extrapola o tratamento exclusivamente formal de uma situação, propiciando ao aprendiz a interação e apreciação ativa com diversas representações virtuais desta situação Roitman (*apud* Teodoro, 2002, p. 21).

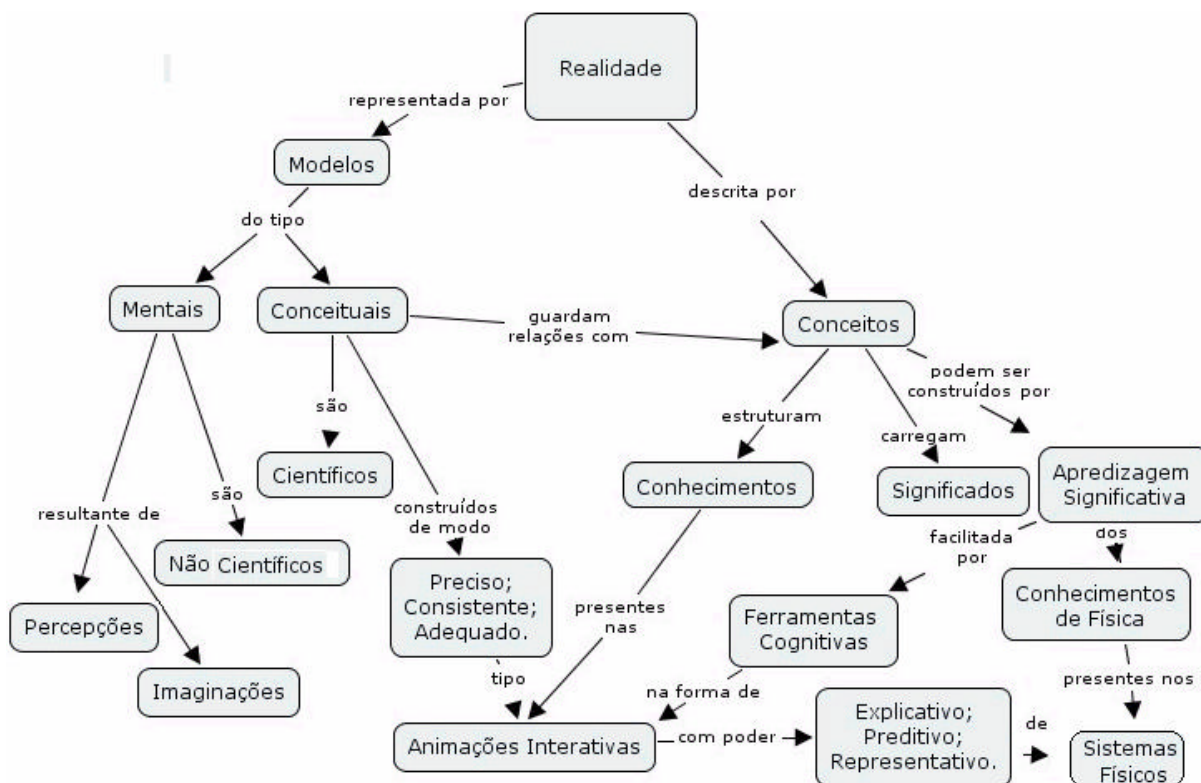
**Tabela 1** -Potencialidades do *Software Modellus* como ferramenta cognitiva de modelação

Como elementos constitutivos do *Modellus*, compatíveis com as exigências que permeiam o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação em ambientes de ensino-aprendizagem de Física, podemos citar:

- Modalidades de uso do *software*: aquisição de dados, manipulação, modelagem;
- Nível de abrangência (geográfica): distribuídos em vários países, disponibilizados nos idiomas: português, inglês, espanhol, grego, alemão, polaco, eslovaco, russo.
- Referências:
  - Finalista da SPA (*US Softwares Publishing Association*) em 1998.
  - Vencedor do “*Software Contest of the Journal Computes in Physics*” em 1996, promovido pela “*American Physical Society*”.
  - Primeiro prêmio da categoria de Ciências do Concurso Nacional de *Software Microsoft* em 1998, Lisboa, Portugal.

Diante do exposto, podemos vislumbrar algumas potencialidades do *software Modellus*, as quais apontam para possibilidades de uso do mesmo como ferramenta pedagógica contribuindo de forma eficaz para a melhoria do ensino-aprendizagem de Física.

### 2.3.3-Animação Interativa e Aprendizagem Significativa dos conceitos da Física- uma construção conjunta



**Figura N. 7-**Mapa Conceitual- Animações Interativas: uma ferramenta cognitiva facilitadora para a construção dos conceitos da Física em uma perspectiva ausubeliana

Visando incorporar as práticas educativas ao uso de ferramentas computacionais adequadas, abrem-se os caminhos para utilizarmos a cooperação virtual como fonte e suporte para avanços e ganhos positivos no processo de ensino-aprendizagem. E como meio efetivo de adequar e otimizar o ensino-aprendizagem de Física com artefatos cognitivos associados à modelagem computacional são implementados a construção e uso das Animações Interativas, ferramentas colaborativas em potencial, que possibilitam a reprodução de forma virtual de fenômenos naturais em sua evolução espaço-temporal, tornando também possível a construção virtual de modelos interativos animados representativos de fenômenos da Física.

No sentido de proporcionar maior clareza sobre as Animações Interativas, levantamos a seguir algumas de suas características que mereceram destaque:

Características próprias de comunicação e expressão, podendo incorporá-las num processo educativo formativo.
Sistemática de estudo, produção, avaliação e reformulação do ensino-aprendizagem (postura crítica, construção, profundidade, ação-reflexão, amplitude).
Favorece a intencionalidade educativa e é potencializadora da Aprendizagem Significativa (processo metacognitivo, resignificação, apropriação, reconstrução).
Representação de imagens de ações (mundo ideacional ou mundo real) sob a forma de operações de conceitos presentes na Física (quadros, animações, formas individuais e coletivas, descrições, gráficos, representações).
Triangulação: aprendiz - informação - conhecimento.
Diversidade de aplicativos: Animações com o “ <i>Modellus</i> ” e Animações com o <i>Flash</i> .

**.Tabela 2-**Aspectos internos das Animações

Mediação Semiótica dos fenômenos estudados, possibilitando a interatividade onde o aprendiz avalie soluções alternativas e teste suas decisões e concepções, imagens e valores acerca do conhecimento.
Heterogeneidade, propiciando múltiplas representações: atos comunicacionais, imagens fixas ou de movimento, pluralidade de mídias.
Possibilidade de deslocamentos de construção e de significado diferentes com a liberdade do sujeito na dinâmica da elaboração.
Permite que o aprendiz externalize seus próprios conhecimentos e desta forma represente suas interpretações pessoais e sua forma de ver o mundo.

**Tabela 3-**Aspectos externos das Animações

Nesta ótica, abre-se um campo fecundo para utilizarmos estes recursos como facilitadores da construção do conhecimento, mas a sua eficácia está de certa forma atrelada à dependência da interatividade entre a objetividade da tecnologia e os fatores

subjetivos da mente humana, onde a integração harmoniosa destas partes fica subjacente aos desafios de uma prática educativa coerente.

Dentro das diversas potencialidades das Animações Interativas, daremos destaque às concepções que emanam dos modelos científicos, isto é, “reconhecer as potencialidades do modelo para descrever, prever e explicar o mundo físico” (ISLAS & PESA, 2003, p. 57), pois este é o ponto-chave para a possibilidade de o aprendiz construir significativamente os conceitos da Física; seja mediante a assimilação, onde relaciona diretamente o(s) conceito(s) da Física que veicula(m) no(s) modelo(s) com uma(s) idéia(s) relevante(s) existente(s) na estrutura cognitiva, ou vá construindo dinamicamente os conceitos da Física através das relações entre o(s) subsunção(es) existente(s) presente(s) na estrutura cognitiva e o(s) conceito(s) que passa(m) a incorporar ao longo do processo de construção do modelo. Para Gobert & Buckley (*apud* ISLAS & PESA, 2003, p. 59):

*Na atualidade os modelos e a modelização se consideram parte integral da cultura científica e o ensino de ciências deve contemplar a coerência entre os modelos científicos que se apresentam em sala de aula e os modelos mentais que constroem os estudantes como resultado de sua aprendizagem.*

O nosso intuito é adequar algumas características das Animações Interativas que possibilite sua construção e uso na forma de ferramentas cognitivas facilitadoras da Aprendizagem Significativa, tendo como meta principal à construção dos conceitos da Física por aprendizes em um ambiente escolar dentro da perspectiva ausubeliana.

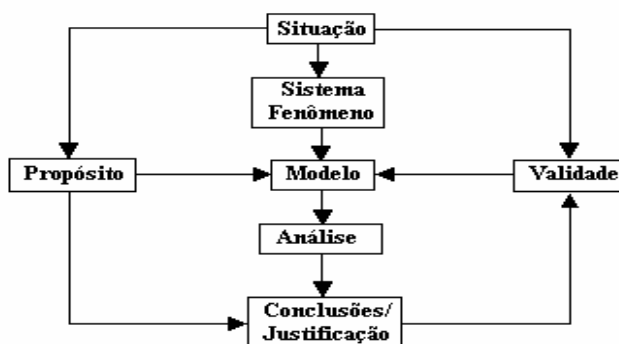
As Animações Interativas aqui trabalhadas estão permeadas pela lógica da modelagem esquemática (HALLOUN, 1996; TEODORO & VEIT, 2002).

Tomaremos como premissa básica para a construção das nossas Animações Interativas o pensamento de Halloun (*apud* ARAUJO, 2002, p. 28), segundo o qual os modelos são os componentes majoritários do conhecimento de qualquer pessoa e que modelagem é um processo cognitivo para construir o conhecimento no mundo real.

Como definição de modelo, utilizaremos a idéia de Araújo (2002, p. 1):

*modelos físicos vistos como descrições simplificadas e idealizadas de sistemas físicos, aceitos pela comunidade científica, que envolvem elementos como representações (externas), proposições semânticas e modelos subjacentes.*

E para representação esquemática do processo de modelagem utilizaremos a descrita por Hestenes (*apud* HALLOUN, 1996):



**Figura N. 8-** Representação esquemática do processo de modelagem - Hestenes (*apud* HALLOUN, 1996)

Todo esse desafio constitui-se, sem dúvida, em uma maneira de levar nossos aprendizes a uma nova forma de aprendizagem, não como uma injunção à forma tradicional, mas como um aparato modificado favorecendo a uma aprendizagem construtivista dos conceitos da Física, indo além da tradição expositivo-descritiva centrada na memorização de fórmulas e postulados e nas investidas às demonstrações inerentes ao cálculo diferencial e integral e da geometria analítica. Em síntese, o que pretendemos é levantar as potencialidades das Animações Interativas como ferramenta cognitiva de modelação colaborativa para a construção dos conceitos da Física e oportunizar uma visão de algumas facilidades oriundas das mesmas como uma moldura de ação para um processo comunicativo dialógico bidirecional e interdiscursivo dentro do contexto descrito por Webb & Hassen (*apud* VEIT & TEODORO, 2002).

Neste contexto, ressaltaremos algumas de suas potencialidades:

- possibilita a construção e exploração de múltiplas representações de modelos da Física.
- gera possibilidades para implementação virtual da atividade criadora e inventiva do aprendiz quer na solução de problemas, quer na criação de modelos referentes aos conhecimentos de Física.

<ul style="list-style-type: none"> <li>•contribui para o reforço do pensamento através da projeção de imagens virtuais representativas de fenômenos físicos, podendo ser acessada indefinidamente.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•propicia a abordagem de forma interativa com fenômenos da Física ou simplesmente com aspectos específicos de um dado fenômeno físico estudado reproduzido de forma virtual.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•facilita o trabalho em grupo na sala de aula em que o diálogo, a conjectura e o teste de idéias são atividades essenciais para a construção dos conceitos da Física.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•contribui para elevar o nível do processo cognitivo através dos conceitos da Física que veiculam, oportunizando que os aprendizes pensem em um nível mais elevado generalizando conceitos e relações.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•propicia oportunidades para que os aprendizes testem suas próprias idéias, detectem e corrijam inconsistências ao fazerem uso das Animações Interativas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>•potencializa a Aprendizagem Significativa dos conceitos da Física permitindo que a nova informação veiculada na Animação Interativa seja assimilada através da interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.</li> </ul>

**Tabela 4-**Potencialidades das Animações Interativas como ferramentas cognitivas de modelação

Neste enfoque, as Animações Interativas podem ser usadas em duas atividades: de exploração (i) e de criação (ii):

i – As atividades exploratórias caracterizam-se pela observação, abstração, assimilação e análise, pelo aprendiz, das informações contidas nas Animações Interativas construídas por especialistas, podendo ainda interagir com as mesmas através de múltiplas relações: conexão, interatividade ou simplesmente a sua visualização; mecanismos estes, facilitadores para que novas informações relevantes presentes no modelo possam ser incorporadas à estrutura cognitiva do aprendiz. Um outro aspecto interessante é levantado por Ausubel et al., (1980, p. 54):

*a extraordinária capacidade intelectual humana para a Aprendizagem Significativa depende, naturalmente, da capacidade cognitiva, assim como da representação simbólica, abstração, categorização e generalização.*

O fato de o aprendiz poder apreciar a Animação tantas vezes quanto lhe pareça necessário, para a produção de resultados que lhe sejam satisfatórios para a posse dos conceitos da Física presentes na mesma, possibilita a aquisição dos conceitos através de uma relação substantiva e não arbitrária; onde se obtêm inicialmente os conceitos mais genéricos e, progressivamente, através de sucessivas apreciações, vai adquirindo novas idéias e informações mais minuciosas e relacionáveis que integram os conhecimentos da Física presentes no modelo; desta forma, os aprendizes constroem significados de forma dinâmica. Ao explorar as Animações referentes à solução de problemas da Física ou reprodução virtual de um experimento científico da Física, o aprendiz pode interagir com as variáveis físicas nelas presentes, por exemplo: nos aspectos quantitativos - na análise de gráficos, interpolando e extrapolando dados nas condições iniciais de um problema, atribuindo valores para os parâmetros das equações da Física subjacentes ao modelo ou nos aspectos qualitativos, assimilando de forma dinâmica os conceitos teóricos da Física presentes na evolução espaço-temporal representativa do modelo, resultando em duas atividades prescritas na teoria ausubeliana: assimilação dos conceitos relacionáveis à sua estrutura cognitiva e apropriação dos subsunçores, ressaltando que as Animações Interativas têm o caráter de organizadores prévios (TAVARES & SANTOS, 2003).

ii – As atividades de criação, também conhecidas como atividades expressivas, podem ser caracterizadas pelo processo de construção das Animações Interativas desde a estrutura matemática do modelo até o *design* virtual da animação em coerência com os conceitos da Física que permeiam o modelo. Neste tipo de atividade segundo Halloun (*apud* ARAUJO, 2002, p. 22): “com uma instrução apropriada estes modelos podem tornar-se relativamente objetivos e coerentemente estruturados para se estudar um sistema físico.” Estes critérios abrem de forma espetacular possibilidades para a contextualização de uma nova metodologia construtivista, que facilita a integração entre conceitos da Física/Aprendizagem Significativa/professor (instrutor)/aprendizes, desenvolvida em um processo mediado, voltado para a aquisição dos conceitos da Física por assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, utilizando, como ferramenta cognitiva colaborativa, a construção das

Animações Interativas. Neste contexto, traçaremos um paralelo entre as potencialidades presentes nesta nova metodologia e a metodologia tradicional.

Metodologia tradicional	Nova metodologia
Linguagem verbal (escrita e oral).	Linguagem verbal e não-verbal (pictórica, computacional, figurativa, simbólica, gráfica).
Uso do quadro, giz e do retroprojetor.	Uso de diferentes recursos (meios, suportes de informação e comunicação).
Transmissão do conhecimento de forma direta através de aulas expositivas.	Processo construtivista do conhecimento desenvolvido de forma compartilhada, priorizando a interatividade dos aprendizes com o professor, com outros aprendizes e com os objetos de aprendizagem (textos, Animações Interativas, mapas conceituais).
Desenvolvimento do conteúdo referente ao eixo temático segundo a lógica dos conteúdos específicos (na forma de tópicos instrucionais), com pouca ou nenhuma relevância para as relações hierárquicas dos conceitos, de modo que se o conteúdo não tiver significado para o aprendiz, ele poderá encará-lo como algo a mais a ser memorizado (POZO, 2002).	Desenvolvimento do conteúdo referente ao eixo temático explorando explicitamente as relações de subordinação e superordenação dos conceitos, segundo a lógica de que os conceitos apresentam uma estrutura altamente hierárquica quanto ao grau de inclusividade e generalidade (AUSUBEL et al., 1980).
Tendência a reproduzir sistemas de conhecimentos já elaborados tendo a narrativa como forma de exposição, o que pode inibir as habilidades dos alunos para construir conceitos em função de que já recebem prontos nas exposições dos professores, segundo suas preferências e	Construção coletiva do conhecimento através de um processo mediado, no qual o aprendiz é participante ativo e o professor assume a função de facilitador, onde as palavras-chave para a aquisição dos conceitos da Física são a modificabilidade cognitiva do ser humano, levando em conta

percepções.	suas funções cognitivas.
Conhecimento fragmentado, sem levar em conta os conhecimentos prévios.	Relação entre idéias novas e o conhecimento contido na estrutura cognitiva do aprendiz (subsunçores).
Modificação da quantidade de informações e conhecimentos contidos na estrutura cognitiva do aprendiz.	Informações e conhecimentos assimilados pelo aprendiz através da Aprendizagem Significativa.
Exige baixo nível de abstração do aprendiz.	Prima pela melhoria do nível de abstração do aprendiz.
Avaliação periódica da aprendizagem (mapeamento da posse dos conteúdos referentes ao eixo temático).	Avaliação processual da aprendizagem favorecendo o progresso do aprendiz.

**Tabela 5** – Paralelo entre as potencialidades de uma metodologia tradicional e uma metodologia centrada na Aprendizagem Significativa, usando como ferramenta cognitiva pedagógica as Animações Interativas.

## CAPÍTULO 3

### 3- OBJETIVOS

#### 3.1-Objetivo geral

•Analisar a luz da teoria de Aprendizagem Sinificativa a construção dos conceitos da Física, por aprendizes em um ambiente escolar, mediante um processo construtivista que envolve a interferência de uma ferramenta cognitiva colaborativa na forma da construção e uso de Animações Interativas na capacidade evolutiva da estrutura cognitiva do aprendiz.

#### 3.2-Objetivos específicos

- Estudar o processo da construção dos conceitos teóricos da Física por aprendizes do ensino tecnológico, período 2005-1 do CEFET-PB, na disciplina Ondas e Campos, no eixo temático Oscilações, segundo a perspectiva ausubeliana;
- Descrever o uso das Animações Interativas como ferramentas cognitivas facilitadoras para o processo de construção dos conceitos da Física por diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e assimilação, referentes à Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel;
- Analisar as características das Animações Interativas como materiais instrucionais potencialmente significativos para a construção dos conceitos da Física;
- Investigar a aquisição dos conceitos da Física que integram o eixo temático Oscilações por aprendizes em um ambiente escolar, tendo como facilitadoras as atividades de exploração e de criação das Animações Interativas.

## CAPÍTULO 4

### 4-PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 4.1-Objeto de estudo

Este trabalho tem como objeto de estudo o uso conjunto de atividades exploratórias e de criação das Animações Interativas desenvolvidas com o *software Modellus*, que são utilizadas como ferramentas cognitivas para a Aprendizagem Significativa dos conceitos da Física que integram o eixo temático Oscilações, por aprendizes do Ensino Tecnológico do CEFET-PB.

Como hipótese de pesquisa, admitimos que o uso conjunto das Animações Interativas em atividades exploratórias e de criação constitui-se em ferramentas cognitivas facilitadoras para a construção por Aprendizagem Significativa dos conceitos teóricos da Física por aprendizes em um ambiente escolar.

Para testar a hipótese levantada, escolhemos o tema Oscilações por seus conceitos integrarem uma área de ensino-aprendizagem de Física que poderia ser potencialmente melhor tratada com a aplicação de atividades adequadas de modelagem computacional.

#### 4.2-Delimitação espaço-temporal-organizacional do campo de pesquisa

- Período de Investigação: Maio de 2004 - Setembro de 2005.
- Local: Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba. CEFET-PB- João Pessoa – Paraíba – Brasil.
- Público Alvo:

Escola	Rede Escolar	Corpo Docente Quantitativo	Corpo Discente Quantitativo	Disciplina
CEFET-PB	Pública	05	153	Campos e Ondas

Quadro I- Público-alvo

- Corpo Docente: composto por professores da disciplina Campos e Ondas do curso de Tecnólogos em Redes de Acessos em Telecomunicações do 3º grau do CEFET-PB – Turma 2004.2, 2005.1.
- Corpo Discente: composto por aprendizes da disciplina Campos e Ondas do curso de Tecnólogos em Redes de Acessos em Telecomunicações - CEFET-Pb – Turma 2004.2, 2005.1.
- Características da Disciplina: a disciplina Campos e Ondas tem 06 (seis) créditos e carga horária de 120 horas semestrais. São assuntos da ementa da disciplina: Oscilações, Ondas, Fontes do Campo Magnético, Lei de Faraday, Oscilações Eletromagnéticas e Circuitos de Corrente Alternada.

Esta disciplina faz parte do currículo do curso de Tecnólogos em Redes de Acessos em Telecomunicações do CEFET-PB, estando disposta na matriz curricular nas disciplinas que compõem as Bases Científicas na forma de Física Aplicada; os seus conteúdos versam sobre conhecimentos da Física considerados como suportes para as disciplinas da Base Tecnológica que têm os conceitos da Física como pré-requisitos.

Segundo as diretrizes curriculares de cursos de Computação e Informática (MEC,1998):

“A Física é uma ferramenta usada na área de computação com dois propósitos principais:

- Dar ciência dos modelos matemáticos e estatísticos na compreensão dos fenômenos que ocorrem nos computadores e na interligação destes;
- Introduzir a visão científica, onde os modelos tentam expressar a realidade observada.

Isto capacita o egresso a trabalhar com modelos abstratos, fundamentais na área de computação, bem como compreender os avanços tecnológicos obtidos através da utilização/formatação de novos modelos”.

#### **4.3-Delineamento da pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida conforme o *design* descrito na tabela 6. adaptado do modelo (“*design 10*”) de Campbell & Stanley (1963):

Delineamento	
Grupo Experimental	O <sub>1</sub> -X <sub>1</sub> -O <sub>2</sub> -X <sub>2</sub> -O <sub>3</sub>

**Tabela 6-** Delineamento da pesquisa

O<sub>1</sub>→ Teste inicial: mapeamento dos conhecimentos prévios dos aprendizes no eixo temático Oscilações no ponto inicial da pesquisa.

X<sub>1</sub>→ Tratamento 1: atividades de exploração das Animações Interativas construídas por especialistas no eixo temático Oscilações.

O<sub>2</sub>→ Teste intermediário: mapeamento dos subsunçores no eixo temático Oscilações adquiridos pelos aprendizes após tratamento 1.

X<sub>2</sub>→ Tratamento 2: atividades de modelagem computacional, processo construtivista mediado envolvendo os aprendizes na construção das Animações Interativas no eixo temático Oscilações.

O<sub>3</sub>→ Teste final para mapeamento dos conceitos da Física adquiridos pelos aprendizes ao longo do experimento no eixo temático Oscilações e paralelamente um levantamento de opiniões dos aprendizes sobre as atividades de modelação :

#### **4.4-Elaboração e validação do banco de dados e construção do teste de conhecimentos sobre o Movimento Oscilatório**

Versão preliminar e evolução para os testes de mapeamento da posse dos conceitos da Física no eixo temático Oscilações (subsunçores, conceitos adquiridos após tratamento) dos aprendizes participantes do experimento.

Uma das idéias centrais do enfoque construtivista sobre a construção do conhecimento é a premissa que abre a Psicologia Educativa de Ausubel et al., (1980, p. 1). Se tivesse que reduzir toda a psicologia educativa a um só princípio, enunciaria este: “o fator mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Averigüe isto e ensine em conseqüência.” Dentro das várias técnicas para averiguar os conhecimentos prévios que os alunos trazem para a sala de aula (quer em conhecimentos gerais quer dentro de um eixo temático específico), uma forma já

reconhecida é a aplicação de testes conceituais de compreensão (construídos e validados). Vários trabalhos que versam sobre a forma de como estes testes devem ser elaborados e a análise dos resultados obtidos, podem ser citados na área de ensino-aprendizagem de Física (LORD & NOVICK, 1968; AXT, 1986; HELLMAN, 1989; SILVEIRA, 1992 MOREIRA, 1993).

Como suporte para a construção dos testes de compreensão a serem utilizados para o mapeamento da posse dos conceitos da Física no eixo temático Oscilações, por aprendizes integrantes do nosso campo de pesquisa, construiu-se um banco de dados composto de vinte e cinco (25) itens elaborados na forma de questões de múltipla escolha, que incluem os conhecimentos científicos de Física sobre o movimento Oscilatório nos sub-temas: Cinemática e Dinâmica do Movimento Harmônico Simples, Pêndulo Simples, Sistema Massa-Mola Ideal, Movimento Harmônico Simples e Movimento Circular Uniforme, Movimento Harmônico Amortecido, Oscilações Forçadas e Ressonância. Cada item possui, como possível resposta, uma em cada seis (6) alternativas, sendo que a sexta opção refere-se à possibilidade de o aprendiz optar pelo desconhecimento total sobre o assunto abordado, isto é, evitar a escolha aleatória de uma das outras opções (o tradicional “chute”). As demais alternativas são contempladas com o conhecimento científico ou de forma equivocada, em desacordo com os conhecimentos aceitos cientificamente, ressaltando que, obrigatoriamente, apenas uma destas alternativas é a resposta correta da questão. Na estrutura interna dos testes, evitamos a importância exagerada da aplicação direta de fórmulas, pois nosso objetivo é mapear e investigar o uso e a construção dos conceitos da Física sob a óptica da teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. No entanto, não visamos ao enfoque conceitual ao extremo, a ponto de deixarmos de lado a importância do cálculo na resolução de problemas na Física. Para isto, levamos em consideração o trabalho de Hellman (1989), que apresenta um estudo comparando a capacidade dos aprendizes em perguntas conceituais e não-conceituais (perguntas que implicam unicamente a substituição de valores em fórmulas que exigem apenas o uso de conhecimentos memorizados) em exames de Física.

Portanto, estivemos atentos em conduzir a elaboração do banco de dados e posteriormente do teste utilizado para mapeamento dos conceitos da Física nas

diversas etapas do experimento com fatores distintos que permitem transparecer importantes informações adicionais sobre as potencialidades dos aprendizes em capacidades ou conhecimentos que podem estar relacionados, mas não distintos. Por exemplo: determinado aprendiz pode dominar os conceitos referentes ao Movimento Oscilatório (amplitude, frequência, velocidade, aceleração), mas desconhecer totalmente a diferença conceitual entre Movimento Harmônico Simples, Movimento Impulsionado e Movimento Amortecido. Estas ponderações são significativas por revelarem que não podemos avaliar os conhecimentos atribuindo um escore ao teste como um todo, pois é possível que o aprendiz obtenha sucesso em grande parte do conhecimento que foi avaliado, mas que ainda não possua os subsunçores - as tão famosas idéias-âncora necessárias à Aprendizagem Significativa dos conceitos subseqüentes.

Um outro aspecto levantado por Ausubel et al., (1980, p.122) se refere aos testes de compreensão relativos à solução de problemas que requeiram a utilização dos conceitos da Física. O mesmo alerta “que estes deverão no mínimo ser apresentados num contexto um pouco diferente daquele em que o material de aprendizagem foi originalmente encontrado”, evitando com isto que a sua solução por parte dos aprendizes possa ser efetivada utilizando apenas conceitos memorizados mecanicamente, mas que visem a uma solução criativa de problemas, pois esta é em geral uma maneira válida de testar se os aprendizes compreendem realmente as idéias que são capazes de verbalizar. Nesta prática, uma solução bem-sucedida do teste requer muitas outras capacidades e qualidades, poder de raciocínio, flexibilidade, improvisação, sensibilidade de problemas e astúcia técnica, para compreender e aplicar com êxito os conceitos e princípios da Física necessários à solução do problema com sucesso. Assim, deveremos ter um cuidado pormenorizado ao elaborarmos nossas questões, de modo que sirvam como elementos, para a evidência da Aprendizagem Significativa, seja através de questionamento verbal ou em tarefas de solução de problemas<sup>19</sup>. Para a construção e validação do banco de dados, dos testes inicial, intermediário e final, utilizamos a seqüência das etapas:

---

<sup>19</sup> Solução de problemas: forma de atividade ou pensamento dirigido, na qual tanto a representação cognitiva da experiência prévia como os componentes da problemática atual são reorganizados transformados ou re-combinados para assegurar um determinado objetivo; envolve a geração de

$$\boxed{X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow K}$$

X → Elaboração do banco de dados com questões para compor os testes: inicial, intermediário e final (instrumento 1 disponível no Apêndice 1).

Y → Apreciação e validação das questões contidas no banco de dados por seis especialistas. Sendo três professores doutores do Departamento de Física da UFPB, atuantes no ensino-aprendizagem de Física, uma professora doutora integrante do Programa de Pós Graduação em Educação (PPGE) da UFPB, dois professores mestres pertencentes ao Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, atuando na disciplina Física Aplicada: Ondas e Campos do curso de Tecnologia em Redes de Acesso em Telecomunicações

Z → Incorporação das modificações sugeridas pelos especialistas, resultando em um teste a ser utilizado na obtenção de parâmetros necessários à análise da evolução da posse dos conceitos pelos aprendizes ao longo do experimento (instrumento 2 disponível no apêndice 2)

K → O instrumento 2 foi pré-testado nas turmas de Física II- Período 2003-1, turnos manhã e tarde, UFPB; Física Aplicada- Ondas e Campos – Períodos 2003-1, 2003-2, 2004-1, 2004-, turnos manhã, tarde e noite, CEFET-PB.

#### 4.5-Relato do experimento

Com este experimento, desejamos desenvolver uma metodologia construtivista inovadora, em que a cooperação virtual através da construção e uso das Animações Interativas, vem apoiar efetivamente o processo de desenvolvimento cognitivo do aprendiz, a fim de alcançar níveis satisfatórios na construção dos conceitos da Física que integram o eixo temático Oscilações, composto pelos conteúdos específicos- Cinemática e Dinâmica do Movimento Harmônico Simples, Pêndulo Simples, Sistema Massa-Mola Ideal, Movimento Harmônico Simples e Movimento Circular Uniforme, Movimento Harmônico Amortecido, Oscilações Forçadas e Ressonância, através da

---

estratégias e solução de problemas que transcendem à simples aplicação dos princípios a exemplos auto-evidentes (AUSUBEL et al., 1980, p. 526).

Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Processo que passaremos a relatar mais adiante.

#### 4.5.1-Amostra

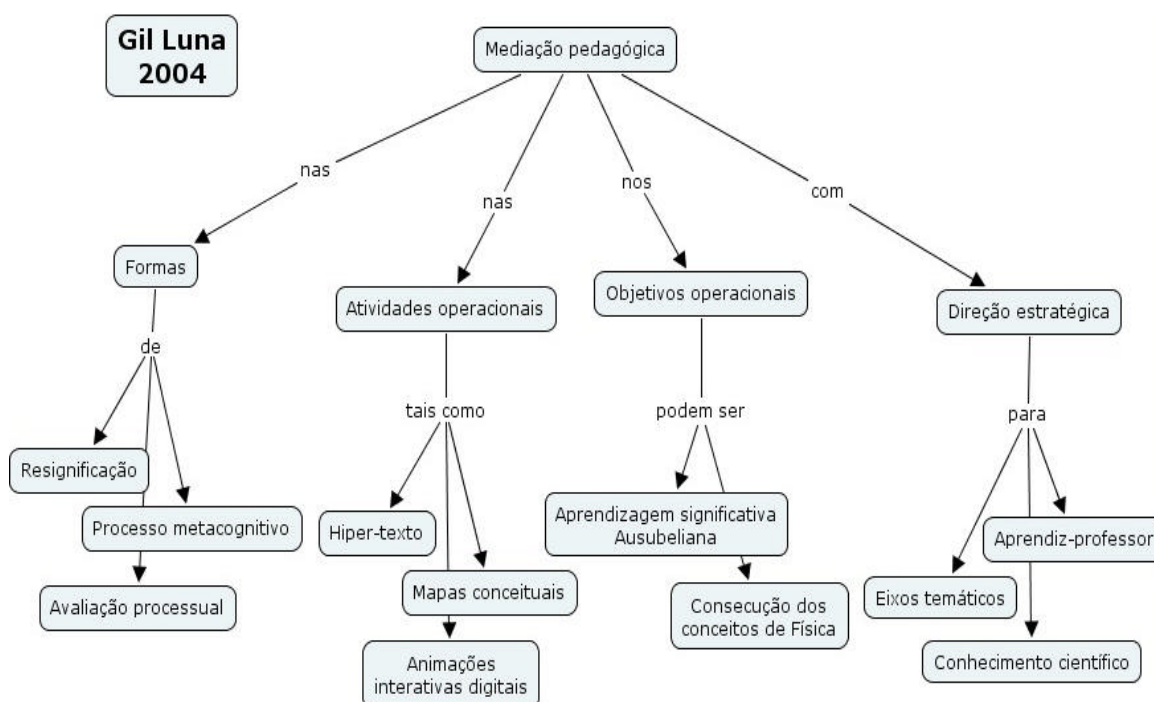
O experimento foi realizado no primeiro semestre de 2005 com vinte e nove (29) aprendizes e um (1) professor (instrutor), integrantes da turma Campos e Ondas, período 2005.1 do 1º ano do curso de Redes de Acessos em Telecomunicações do CEFET-PB.

#### 4.5.2-Bases metodológicas

i- Construtivista:

Conexão: eixo temático - aprendiz - professor - Animações Interativas - Aprendizagem Significativa.

ii- Mediação pedagógica:



**Figura N. 9-** Mapa Conceitual - Mediação Pedagógica

### 4.5.3-Abordagem teórica

De um modo geral, utilizamos como recurso para uma abordagem teórica os organizadores prévios, sistemática que consiste na elaboração de material instrucional potencialmente significativo que oferece diferentes abordagens, representações e focos para melhor realizar a intencionalidade educativa e potencializar a aprendizagem (SANTOS & TAVARES, 2003; GÓMES et al., 1993).

Contrariamente aos sumários que são ordinariamente apresentados sob o mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, os organizadores são apresentados num nível mais alto. Segundo Ausubel (1980) a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa, ou seja, os organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como “*pontes cognitivas*”.

A principal função dos organizadores é então, superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber, antes de poder aprender a tarefa apresentada, a fim de facilitar a incorporação e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue na aprendizagem. Nesta fase do processo, destacamos a presença do professor incumbido do trabalho de elaboração do material introdutório, na forma de organizador prévio dando destaque aos aspectos:

- a) identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- b) dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
- c) prover elementos organizacionais inclusivos, que levem em consideração mais eficientemente e ponha em melhor destaque o conteúdo específico do novo material;
- d) Estruturar o conteúdo de modo a ser relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz;
- e) Primar pela construção dos conceitos científicos (idéias âncora).



Como forma de complementar as consultas referentes aos conteúdos do eixo temático Oscilações, oferecemos uma bibliografia composta por livros didáticos: HALLIDAY et al., (1996, vol. 2); SERWAY (1996, vol.2); KELLER et al., (1997, vol.1); SEARS & ZEMANSKY (2003, vol.2) disponíveis na biblioteca do CEFET-PB.

#### *4.5.4-Aplicação do teste inicial*

No primeiro encontro com o grupo experimental, composto por vinte e nove (29) aprendizes, foi feita uma exposição sucinta sobre os objetivos de nossa pesquisa e em seguida foi aplicado o teste inicial com duração de aproximadamente uma hora, com o propósito de mapear os conceitos referentes ao tema Oscilações que os aprendizes possuem no ponto inicial do experimento e servir como uma co-variável para a análise dos resultados ao final do experimento.

#### *4.5.5-Tratamento 1 - atividades de exploração*

No segundo encontro, foi feito um breve relato sobre as Animações Interativas e em seguida, os aprendizes participaram das atividades exploratórias (2h), durante as quais a ferramenta utilizada foi a interação dos aprendizes com as Animações Interativas construídas por especialistas, de modo a reproduzir sobre a forma de quadros virtuais animados, situações (fatos, eventos) do nosso cotidiano, propiciando ao aprendiz possibilidades de deslocamentos, construção de significados diferentes numa articulação entre o que está fixado e a liberdade do sujeito, gerando um contínuo movimento de determinação, cristalização e ressignificação; facultando ao aprendiz a autonomia necessária que para Piaget (*apud* ABREU, 2001) está relacionada à participação do indivíduo na elaboração de novas formas de pensar e na criação de novos conhecimentos, auxiliando na reflexão crítica da realidade. O uso do *software Modellus* foi o recurso utilizado para a apresentação das Animações de forma interativa, o que possibilita ao aprendiz modificações nos valores iniciais e parâmetros do modelo, além da liberdade de navegar de forma ilimitada através das diversas janelas do mesmo: barras de rolagem, condição inicial, caixa de diálogo, construção do modelo,

construção de gráficos, construção da Animação, controle do tempo. Esta atividade possibilita ao aprendiz a percepção, compreensão e a construção por Aprendizagem Significativa Receptiva dos conceitos da Física presentes nos modelos.

#### *4.5.6-Aplicação do teste intermediário*

Tendo em vista a avaliação processual, sempre ao final de um tratamento é feita uma avaliação com os aprendizes, portanto após o tratamento<sup>1</sup> (ainda no segundo encontro), foi aplicado um teste intermediário (mesmo instrumento da avaliação inicial) aos 29 participantes do grupo experimental, visando mapear a posse dos subsunções pelos aprendizes nesta etapa do experimento (o qual teve duração de 40 minutos). Estes dados são significativos para análise da evolução da posse dos conceitos dos aprendizes entre o instante inicial e após tratamento 1, servindo também como co-variável para análise estatística do desempenho dos aprendizes na etapa final do experimento.

#### *4.5.7- Tratamento 2 - atividades de criação*

No terceiro encontro, inicialmente foi feita de maneira informal uma breve consulta sobre o interesse dos aprendizes, da disposição para participarem das atividades de modelação inerentes ao processo de construção das Animações Interativas, sendo a proposta acatada por unanimidade. A seguir os aprendizes foram agrupados aleatoriamente em duas turmas (A e B), compostas por 14 e 15 componentes, respectivamente, para desenvolvimento de forma não diferenciada (o tanto quanto possível) do tratamento 2. Para implementar as atividades utilizamos o Laboratório de Informática (LI-3) do CEFET-PB, o qual denominamos “ambiente virtual de aprendizagem”, por possibilitar, através do uso adequado do computador, a interação entre material potencialmente significativo, idéias-âncora contidas na estrutura cognitiva do aprendiz e modelagem computacional. Previamente desenvolvemos uma familiarização dos aprendizes com o *software Modellus* através de uma descrição sumária do seu potencial (2 h). Nos demais encontros seguindo o

objetivo operacional da metodologia, partimos para a construção do conhecimento (construção e uso dos conceitos da Física em situações que requerem conhecimentos científicos), tendo como tratamento a utilização do *software Modellus* e a construção das Animações Interativas pelo aprendiz em um processo mediado pelo instrutor, associado a uma proposta atual denominada *Just-in-Time-Teaching* (NOVAK et al., 2003), que consiste em mesclar aulas presenciais com recursos da WEB (8h divididas em dois encontros semanais com duração de 2 horas). Neste tratamento, o professor deixa de ser o responsável pela transmissão do conhecimento para se tornar o facilitador e provocador do processo de Aprendizagem Significativa do aprendiz; sendo também o responsável pela elaboração dos materiais potencialmente significativos (organizadores prévios), que correspondem às novas informações e novos conhecimentos a serem compartilhados com os aprendizes.

Buscando maior eficácia para as atividades de modelagem, envolvemos os aprendizes em duas situações: solução de problemas referentes ao tema Oscilações através da construção das Animações Interativas, considerando essencialmente a consistência interna do modelo com os conceitos teóricos e as equações da Física envolvidas no problema e a construção de Animações Interativas representativas, que são descrições simplificadas e idealizadas de sistemas ou fenômenos físicos aceitos pela comunidade científica, que envolvem conceitos gerais e/ou específicos do Movimento Oscilatório.

#### *4.5.8-Aplicação do teste final e levantamento de dados para o diagnóstico do processo*

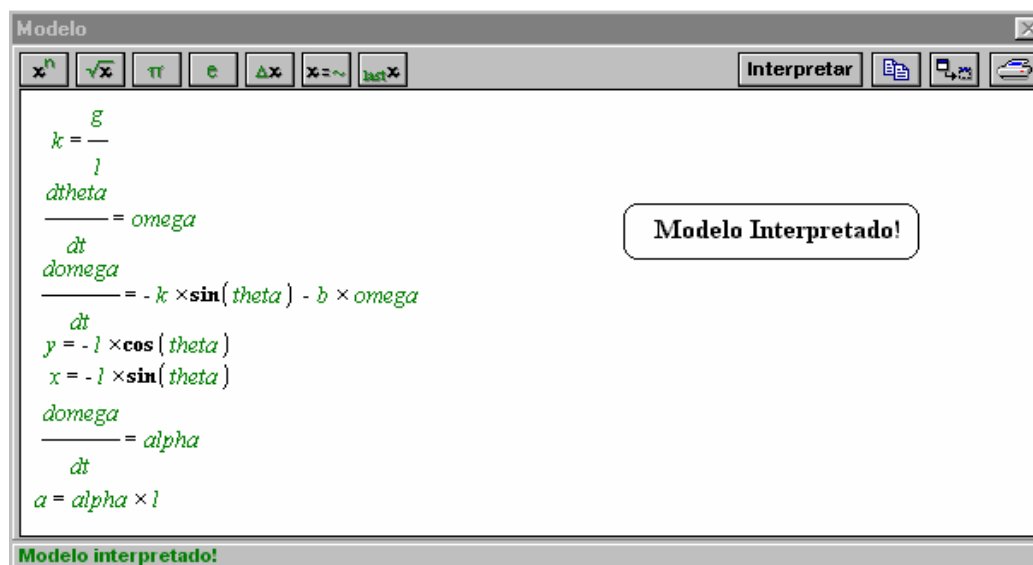
Como forma de mapeamento da posse dos conceitos da Física construídos por Aprendizagem Significativa utilizando como ferramenta cognitiva facilitadora o uso conjunto das Animações Interativas em atividades exploratórias e de criação, foi aplicado, após o tratamento 2, o teste final (contendo as mesmas questões do teste inicial, porém reordenadas) aos aprendizes participantes do nosso experimento (duração de 40 minutos). Estes dados são básicos para a análise estatística da evolução da construção dos conceitos da Física pelos aprendizes ao longo do experimento. Buscando dados para validar a nossa hipótese de pesquisa

qualitativamente, foi feito um levantamento das opiniões escritas dos aprendizes sobre os tratamentos 1, 2 e a aplicação de um questionário (apêndice...) sobre estilos de aprendizagens.

#### **4.6- Animação Interativa- do real ao virtual: evidenciando a Aprendizagem Significativa dos conceitos da Física, presentes em uma simulação do Movimento Harmônico**

Nossa proposta é implementar e analisar criticamente a construção e uso das Animações Interativas como ferramentas cognitivas facilitadoras para a Aprendizagem Significativa ausubeliana dos conceitos da Física presentes no Movimento Harmônico.

Inicialmente partimos para a construção matemática do modelo (Animação Interativa), onde o aprendiz utilizando a janela de modelo do *software Modellus*, expressa através das equações da Física o modelo analítico da Animação Interativa. Nesta etapa o aprendiz é levado a utilizar coerentemente os conceitos da Física e os organizadores prévios para consultas, como forma de obter novas informações potencialmente significativas que contribuem para a construção de novos conhecimentos a serem utilizados na elaboração analítica do modelo. A tarefa é exclusiva do aprendiz, embora possa ser mediada ou não pelo professor (instrutor) como facilitador, para a superação das dificuldades advindas do cálculo diferencial e integral ou do cálculo vetorial e até mesmo de alguns conceitos da Física; às vezes nem sempre tão claros, por exigirem um grau de abstração superior ao domínio dos aprendizes (na maioria dos casos, não-físicos) ou por se tratarem de conceitos não evidentes, carentes de uma análise mais específica, mais detalhada, que requer uma visão de passos intermediários não presentes diretamente na abordagem genérica do fenômeno. Convém citar que nesta etapa é dado espaço para os aprendizes compartilharem suas distintas opiniões sobre a relevância e pertinência ou não dos conceitos da Física presentes no fenômeno estudado.

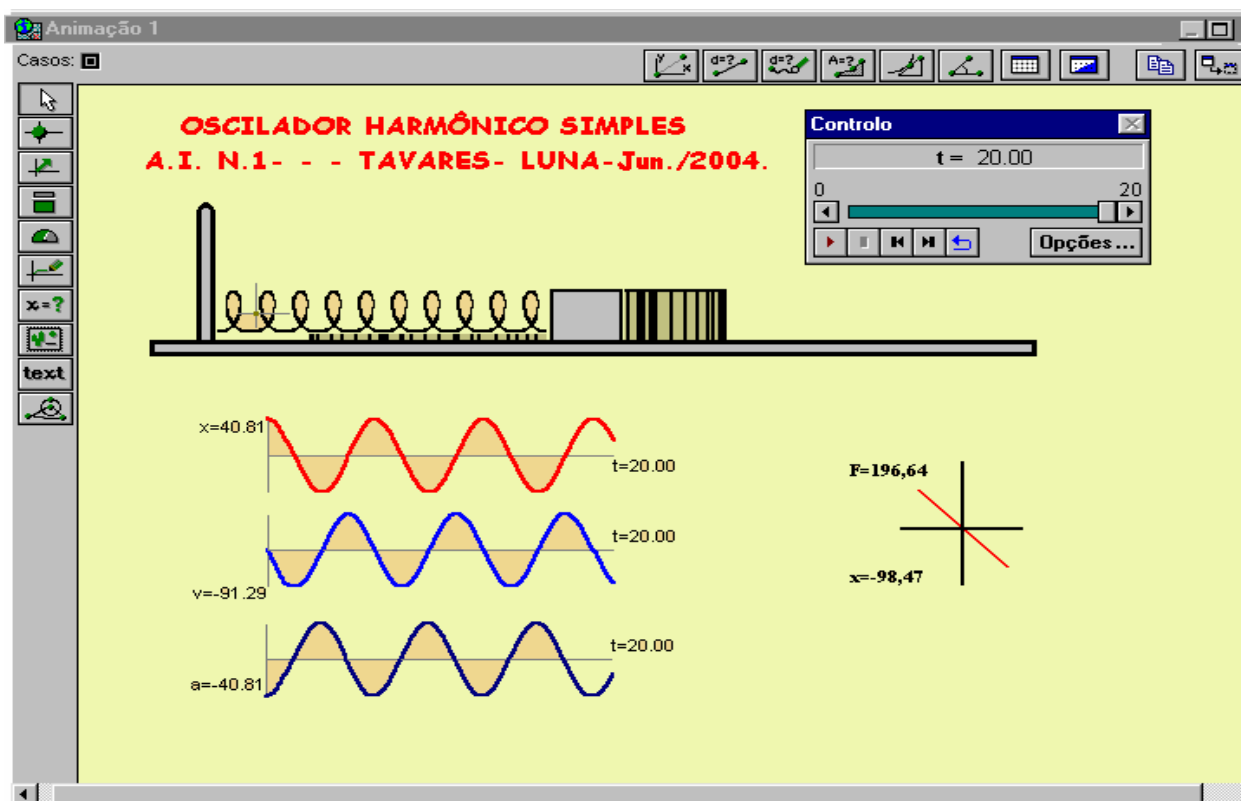


**Figura N. 11-** Sucesso na elaboração analítica do modelo

Na etapa seguinte os aprendizes utilizam a janela de Animação para a reprodução virtual e animada do modelo analítico construído e para a elaboração dos gráficos descritivos das relações dos parâmetros da Física, integrantes das equações que compõem a Animação Interativa.

Vamos agora investigar e analisar de forma clara e objetiva o potencial das Animações Interativas como ferramenta pedagógica cognitiva (SALOMON et al., 1989; JONASSEN et al., 1996; MASON, 1998), facilitadoras da construção e retenção progressiva dos conceitos da Física presentes no modelo, envolvendo os aprendizes em um processo subjacente à natureza conceitual do fenômeno físico estudado e os conceitos presentes em sua estrutura cognitiva, possibilitando a construção dos significados efetivados nas suas nuances, assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (NOVAK, 1999).

Objetivando maior clareza da efetivação destes processos, faremos uma análise funcional-comunicativa que versa sobre a apropriação dos conhecimentos da Física presentes na animação:



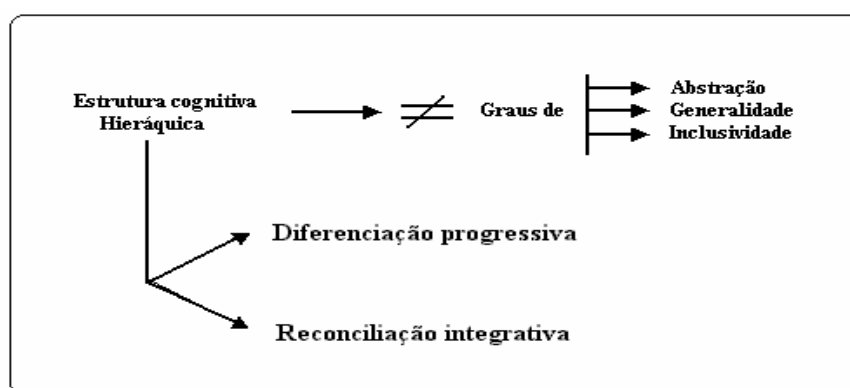
**Figura N 12-** Animação Interativa - Simulação do Oscilador Harmônico Simples - sistema massa-mola ideal

Considere o sistema ideal descrito na Animação da Figura N. 12, onde o bloco desliza ao longo da superfície horizontal com atrito desprezível, de modo que a força exercida pela superfície é igual e oposta ao peso do bloco (parcialmente anuladas) e a força sobre o bloco (força resultante) é a força devida à mola que obedece a lei Hooke:  $\Sigma \mathbf{F} = \mathbf{F}_m = -(kx) \mathbf{i}$ .

Uma forma para a aquisição dos conceitos da Física, presentes no fenômeno estudado é o processo de assimilação, que está na dependência do número de conexões possíveis com os conceitos físicos relacionáveis existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Duas outras formas possíveis seriam: uma elaboração hierárquica das proposições presentes na animação, onde as idéias mais inclusivas a serem aprendidas sejam apresentadas primeiro e, então progressivamente diferenciadas em termos de

detalhe e especificidade (diferenciação progressiva); ou um delineamento explícito de similaridades e diferenças entre idéias relacionadas presentes nas animações, mas encontradas em contextos diferentes (reconciliação integrativa).

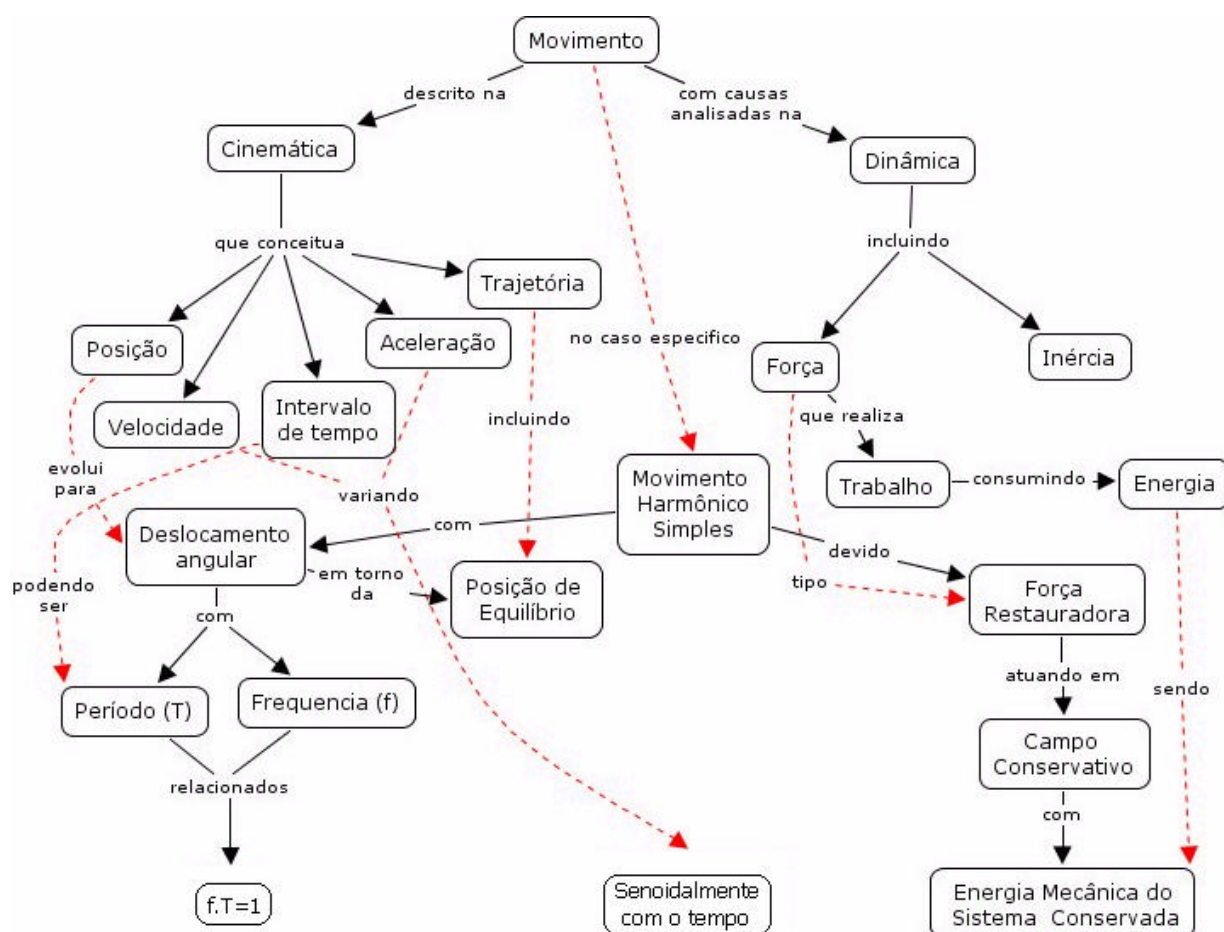


**Figura N. 13-** Duas formas para a construção dos conceitos

Vamos considerar como público-alvo os aprendizes participantes do experimento, assumindo que estão predispostos a aprender significativamente, que possuem os subsunçores (relacionáveis aos novos conhecimentos integrantes do eixo temático) e que a animação é potencialmente significativa.

Desta forma os aprendizes já possuem os conceitos genéricos relativos à idéia de movimento, nos aspectos: da cinemática (posição, trajetória, intervalo de tempo, velocidade e aceleração), da dinâmica (força, energia e o princípio da conservação da energia), do cálculo diferencial e integral, os conceitos de derivada, de integral e, em um nível mais elevado, dominam a solução de algumas equações diferenciais (integrantes da formulação e da solução de alguns problemas da mecânica newtoniana), além de conhecerem as noções básicas de funções harmônicas senoidais (seno e co-seno) e de vetores. Assim sendo, ao ver a simulação do fenômeno (podendo interagir com a animação) entre a interação dos novos conhecimentos (atributos criteriais) presentes no modelo e os subsunçores (idéias-âncora) organizados hierarquicamente e disponíveis em sua estrutura cognitiva, os aprendizes poderão adquirir conceitos mais abrangentes, mais diferenciados sobre o movimento e serão capazes de caracterizar e fazer uso dos conceitos de um novo tipo de movimento mais específico, o Movimento Harmônico Simples (M.H.S.) exemplificado pelo sistema

massa-mola da animação. Levando-se em consideração que para Ausubel, o ser humano é capaz de incorporar as informações adquiridas através de suas atividades sensoriais por um processo de diferenciação progressiva, produto significativo de um processo psicológico cognitivo (conhecer), que supõe a interação entre umas idéias logicamente (culturalmente aceitas pela comunidade científica) significativas e umas idéias de fundo (idéia-âncora) pertinentes à estrutura cognitiva do aprendiz, conduzindo a Aprendizagem Significativa, aquisição e retenção de novos conhecimentos (AUSUBEL, 1980, 2003). Fato que se deve em parte à natureza evolutiva da estrutura cognitiva do aprendiz, conduzindo a novos conhecimentos, conceitos mais elaborados, mais diferenciados e mais específicos:



**Figura N. 14-** Hierarquias conceituais subordinadas para os conceitos do movimento do Pêndulo Simples

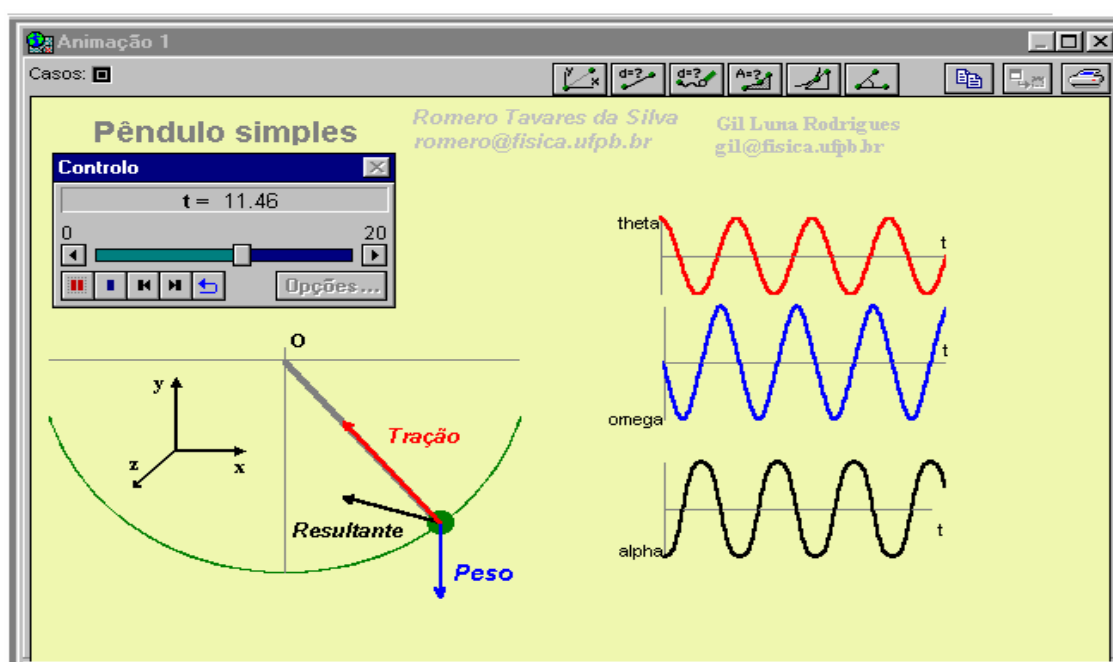
Observamos que à medida que a Aprendizagem Significativa ocorre, conceitos são desenvolvidos em decorrência de sucessivas interações (processo de assimilação),

ou elaborados e diferenciados por meio de reconstruções mentais. Por exemplo, ao analisar o gráfico ( $X \times t$ ) da animação, o aprendiz percebe como sua coordenada  $X$  varia senoidalmente com o tempo:  $X(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$  e da derivada segunda obtêm:

$$a_x = d^2X / dt^2 = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 X;$$

ou seja, a aceleração e os deslocamentos estão sempre na mesma direção e em sentidos opostos, e seus módulos são proporcionais. Desta forma, transparece um conceito diferenciado de aceleração, característico de um movimento específico, condição implícita no M.H.S.

O Aprendiz pode observar também, as relações entre proposições e conceitos, chamar atenção para diferenças e similaridades importantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes. Isso deve ser feito para atingir o que Ausubel chama de reconciliação integrativa. A seguir, analisamos um novo tipo de movimento descrito na Animação Interativa Fig N. 15, que consiste de uma bolinha de massa  $m$  presa a uma das extremidades de um fio ideal (inextensível e de massa desprezível) que oscila no plano da figura, sendo desprezíveis as forças dissipativas (atritos), de modo a atingir sempre o mesmo ponto de altura máxima.



**Figura N. 15-** Animação Interativa: simulação do Pêndulo Simples

A análise é feita sob o ponto de vista da dinâmica rotacional. Sendo necessário que o aprendiz possua os subsunçores da dinâmica de rotação; caso contrário, deve-se levar o mesmo a adquiri-lo. Para isto, foi feita uma breve exposição sobre a temática, neste caso, os subsunçores não existentes foram adquiridos por aprendizagem mecânica.

Observando a animação, percebe-se que o pêndulo oscila nas duas dimensões do plano xy (que contém o modelo). Entretanto, ele oscila segundo um arco de círculo e o movimento pode ser analisado utilizando-se uma única coordenada angular ( $\theta$ ). Vamos considerar que inicialmente o pêndulo se encontra na sua orientação natural de equilíbrio (quando a bolinha se encontra no ponto mais baixo da trajetória). Embora para alguém pouco conhecedor dos conceitos da Física isto não seja evidente, um observador possuidor dos subsunçores perceberia duas forças externas atuando no sistema: o peso P da bolinha e uma força exercida sobre o fio na extremidade superior pelo suporte fixo ao qual a outra extremidade do fio está presa. Escolhemos um eixo-O, perpendicular ao plano da figura neste ponto (detalhe a ser evidenciado na animação). Quando o pêndulo é deslocado de sua posição de equilíbrio e é posto a oscilar, há um torque externo resultante em torno do eixo O, devido à componente tangencial (a trajetória do arco de círculo descrita pelo pêndulo) do peso da bolinha, que tende sempre a restaurar o pêndulo à sua orientação de equilíbrio. Na animação percebemos que a distância perpendicular do eixo-O à reta de ação do peso é  $L \text{ seno } \theta$ , (onde L é o comprimento do fio). Tomando o eixo Z para fora do plano da animação, a componente do torque (com pólo neste ponto) é:

$$\tau_z = - PL \text{ seno } \theta = - mg L \text{ seno } \theta$$

Como a massa do fio foi desprezada, o momento de inércia ( $I$ ) do pêndulo simples em torno do eixo-O, é devido à massa m do peso da bolinha a uma distância L do eixo-O, ou seja:  $I = mL^2$ . Apliquemos então, a segunda lei de Newton para o movimento angular:

$$\Sigma \tau_z = I \alpha_z \quad \backslash \quad - mg L \text{ seno } \theta = mL^2 \alpha_z \quad \Rightarrow \quad \alpha_z = - g/L \text{ seno } \theta,$$

que é a componente da aceleração angular para o movimento rotacional.

Estes conhecimentos são passos intermediários que, caso haja necessidade, deverão ser desenvolvidos pelo professor-instrutor. Convém citar que a Aprendizagem Significativa é essencialmente uma aprendizagem receptiva (aspecto já abordado na fundamentação teórica). Neste ponto vamos remanejar o foco de atenção e dar uma nova direção à construção do conhecimento, não mais na forma apenas de desenvolvimentos supra-segmentais dos conceitos, mas na forma de possibilitar ao aprendiz fazer a reconciliação integrativa, buscando similaridades. Portanto vamos inserir no processo, informações que expressem estas relações. Contextualizando, o aprendiz é levado à comparar os conhecimentos implícitos na animação do Pêndulo Simples com os conhecimentos presentes na animação do Sistema massa-mola ideal

$a_x = d^2x / dt^2$  componente da aceleração linear do sistema massa-mola – animação..

$\alpha_z = d^2\theta / dt^2$  componente da aceleração angular do movimento angular – animação...

Onde:  $d^2x / dt^2 = -\omega^2x$ ; e  $d^2\theta / dt^2 = -g/L \text{ seno } \theta$ ;

Os membros esquerdos das equações são análogos e os membros direitos serão similares, bastando que  $\text{seno } \theta = \theta$ ; na trigonometria acontece quando  $\theta$  (expresso em radianos) é relativamente pequeno, o que do ponto de vista da Física corresponde a impor que o movimento fique restrito a pequenas amplitudes. Desta forma, o aprendiz ao analisar estas consistências pode tirar um duplo proveito referente à aquisição dos conceitos da Física, ou seja, da reconciliação integrativa entre os movimentos o mesmo pode perceber que:

$$\alpha_z = -g/L \theta; a_x = -\omega^2x, \text{ logo } \omega^2 = g/L$$

e ao observar que  $\alpha_z$  é proporcional a  $\theta$  para pequenos deslocamentos em relação ao equilíbrio, o pêndulo executa um M.H.S.. Portanto mais uma vez através da reconciliação integrativa a partir da similaridade com a função horária do sistema massa-mola ideal  $X(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$  o aprendiz é levado a concluir que a coordenada angular do pêndulo simples é:  $\theta = A \cos(\omega t + \varphi)$ . Entretanto o aprendiz deve ter o cuidado ao interpretar alguns símbolos:  $\theta$  é uma coordenada angular, portanto, neste caso  $A = \pm \theta_{\text{máx}}$  (amplitude de oscilação do pêndulo simples). Outra observação é que a frequência angular  $\omega$ , deve ser distinguida da componente da velocidade vetorial

$$\omega_z = d\theta/dt = -\omega \theta_{\text{máx}} \sin(\omega t + \varphi), \text{ análogo a } v_x = dx/dt = -\omega A \sin(\omega t + \varphi),$$

componente da velocidade vetorial linear do sistema massa-mola já descrito. Assim é possível que através de operações mais abstratas, o aprendiz perceba que ambos os movimentos, embora descritos em idéias diferentes, guardam entre si uma mesma lógica (similaridades) e estão interligados por princípios que garantem uma reconciliação integrativa, permitindo a aquisição de novos conceitos da Física

À luz dos pressupostos ausubelianos, estes novos conceitos uma vez adquiridos servem a muitos propósitos da função cognitiva: “categorização perceptual da experiência, uso na solução de problemas, percepção de novos significados dos conceitos e proposições previamente aprendidas” (MOREIRA & MASINI, 1982, p. 33). No seu nível mais simples de utilização, eles servirão como subsunçores para as próximas experiências.

Do ponto de vista das animações, destacamos um conjunto de características de como o aluno pode explora-las, observa-las e construí-las. Na perspectiva de tratar a aprendizagem não como um simples processo de adicionar conhecimentos ou habilidades, mas sim um processo no qual há um desenvolvimento de habilidades cognitivas mais complexas que se ampliam. Portanto, as mesmas são referenciais para os seguintes objetivos:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender os conceitos do cálculo diferencial e integral e do cálculo vetorial presente no modelo;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalhar com os aspectos ocultos ou ambivalentes do fenômeno;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferenciar o essencial do secundário;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar o pensamento abstrato coerentemente;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar redes mais complexas de causas e efeitos, indo além do episódico;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer relações significativas entre dados;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer relações entre eventos aparentemente isolados, isto é, reestruturar conexões;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilitar eficiência no transporte visual, com melhor representação espaço-temporal do fenômeno.</li> </ul>

**Tabela 7-** Habilidades cognitivas mais complexas

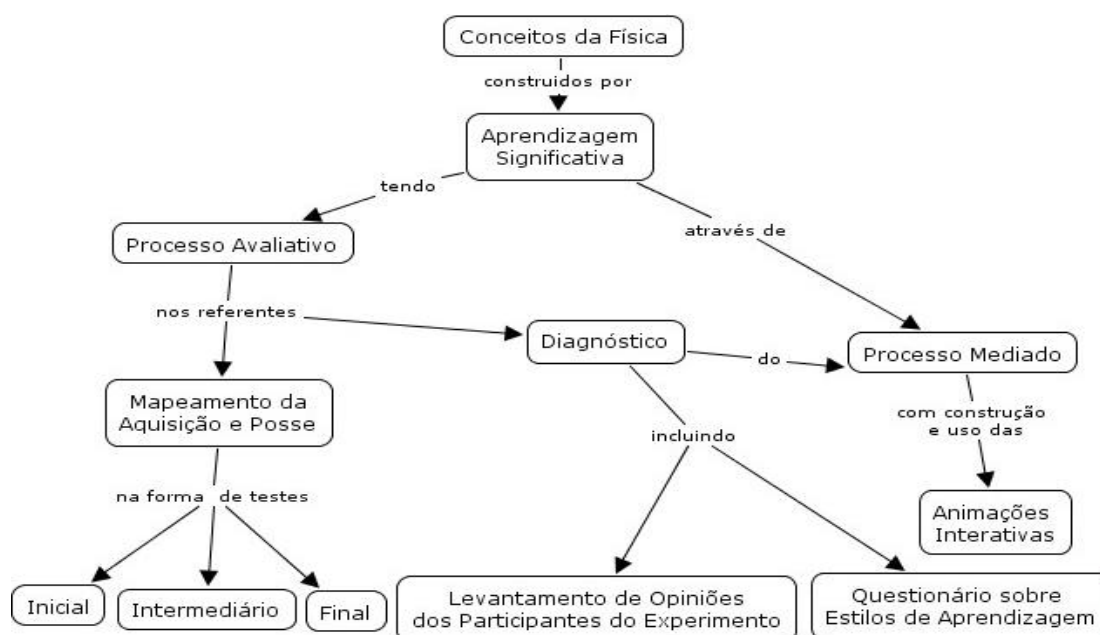
## CAPÍTULO 5

### 5-RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento dos dados obtidos no experimento tem por finalidade permitir um tipo de avaliação coerente com a metodologia utilizada no processo de ensino-aprendizagem desenvolvido. Os resultados aqui descritos não constituem uma avaliação formal do conhecimento dos aprendizes nas diversas etapas de desenvolvimento do eixo temático.

O nosso intento inclui analisar também concepções mais amplas que possam contribuir para a compreensão das estratégias de aprendizagem efetivadas no experimento. O foco principal objetiva mapear e analisar de forma dinâmica a aquisição dos novos conhecimentos (conceitos da Física) pelos aprendizes, construídos por Aprendizagem Significativa, utilizando um processo que envolve uma interferência construtiva de uma ferramenta potencializadora colaborativa, na forma de construção e uso de Animações Interativas e a capacidade evolutiva da estrutura cognitiva do aprendiz.

Os meios utilizados para a coleta dos dados encontram-se descritos na Fig. N.16. Entretanto, a nossa preocupação tem sido adequá-los a um procedimento didático coerente com os objetivos preestabelecidos e, conseqüentemente, com os a serem avaliados (BORDENAVE & PEREIRA, 1998), nas diversas etapas do acompanhamento (diagnóstico, controle formativo e processual) da Aprendizagem Significativa ao longo do experimento. Para isto, efetivamos um processo avaliativo dividido em partes:



**Figura N. 16-** Desenvolvimento das etapas avaliativas da Aprendizagem Significativa

Em um primeiro momento, foi feito o mapeamento dos subsunçores (conceitos da Física integrantes do eixo temático, existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, que servirão de idéias-âncora para os novos conhecimentos a serem assimilados) obtidos através da aplicação e, posteriormente, da análise do teste inicial. Levou-se em consideração o grau de coerência da resposta contida na alternativa correta sobre a qual versa a questão e os conhecimentos científicos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

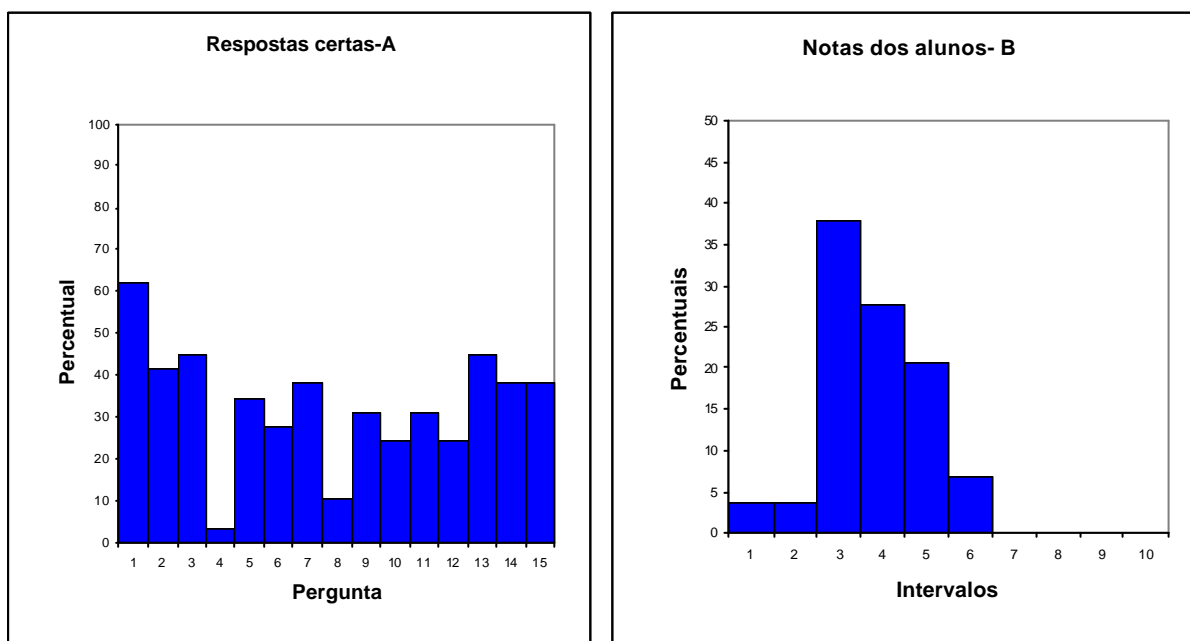
Para cobrir a ampla variedade de conhecimentos e atender às exigências da teoria de Ausubel, o teste foi composto de 15 (quinze) questões, divididas em partes com objetivos distintos. Foi atribuído um mesmo escore (10/15), em uma escala que vai de 0 (zero) a 10 (dez), para cada alternativa correta de cada questão. As questões 1, 2, 3, 7, 9 e 13 verificaram a posse de conceitos mais abrangentes (conceitos gerais). As questões 5, 6, 10, 12, 14 e 15 exigiram conceitos mais aprimorados, mais específicos, resultados da interação de novas informações, novos conhecimentos com as idéias contidas nas questões anteriores. Já as questões 4 e 8 exigiram habilidades cognitivas mais abstratas, com construções não apenas lineares e substantivas e foram utilizadas

de forma a nos fornecer dados secundários à pesquisa, mas subjacentes a aportes feitos à teoria ausubeliana.

Tomamos como parâmetro de medida da Aprendizagem Significativa a apropriação e retenção do conhecimento pelo aprendiz, referente ao conteúdo apresentado de maneira potencialmente significativa e os advindos da Aprendizagem Significativa, levando em consideração o que cita Gowin (1981, p. 81): “O ensino se consoma quando o significado do material que o aluno capta é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o aluno”.

Como método para sistematização descrição e análise dos dados obtidos optamos pelo método quantitativo, caracterizado pelo emprego da quantificação das modalidades de coleta de informações e no tratamento destas, através de técnicas estatísticas, efetivadas nas formas de diagramas de barra, histograma das notas, médias aritméticas, percentuais de acerto e percentual de escolha de cada alternativa. As informações compõem uma análise descritiva dos resultados disponibilizados mais detalhadamente no Apêndice 4.

Mapeamento estatístico do desempenho dos aprendizes no teste inicial:



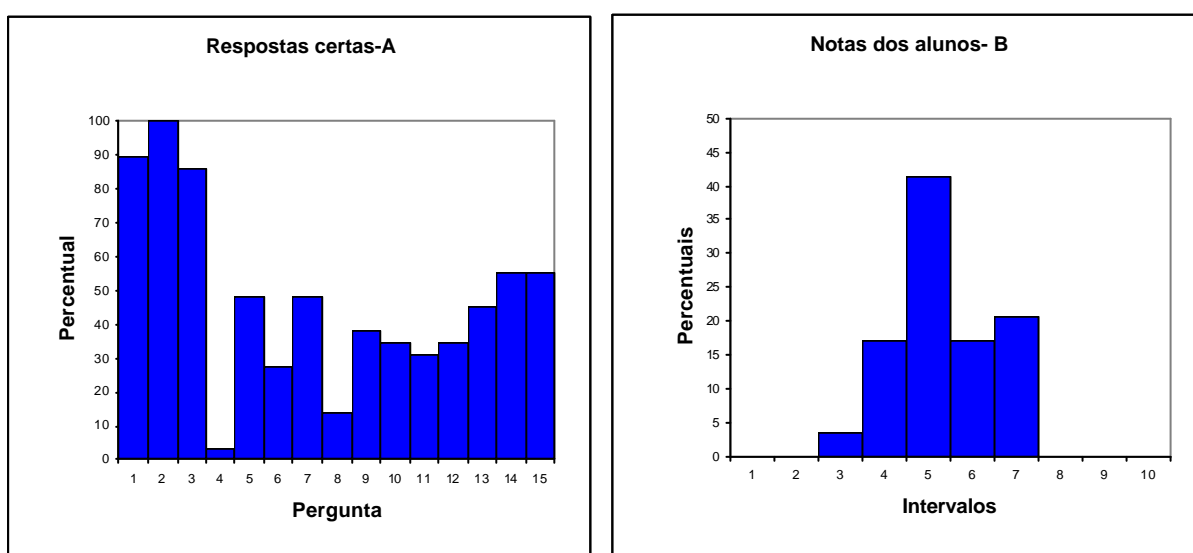
**Figura N. 17-** Gráfico percentual relativo de acertos referentes ao teste inicial e Gráfico percentual relativo das notas obtidas no teste inicial

A figura N. 17 (A) mostra de forma quantitativa (eixo vertical - percentual de acertos) a posse de cada um dos conceitos da Física (eixo horizontal - subsunçores) pelos aprendizes no ponto inicial do experimento, mapeado pela aplicação do teste inicial aos 29 participantes do experimento.

Estes resultados foram o ponto de partida para a análise da primeira premissa básica para a contextualização da Aprendizagem Significativa ausubeliana: “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos” (AUSUBEL et al., 1980, p.1).

Esclarecemos que estes dados foram tratados sob a forma de coleta de informações imprescindíveis para a etapa seguinte, que consiste na preparação e exposição de um material potencialmente significativo (organizadores prévios), com o intuito de fornecer os subsunçores necessários ao aprendiz.

Após a apresentação das Animações Interativas dos especialistas pelo professor, com abertura de um espaço para interação da tríade: aprendiz-modelo-eixo temático, foi feito a aplicação do teste intermediário para mapeamento estatístico da posse dos conceitos da Física no eixo temático Oscilações pelos aprendizes após tratamento 1.



**Figura N. 18-** Gráfico percentual relativo aos acertos obtidos no teste intermediário e Gráfico percentual relativo das notas obtidas no teste intermediário

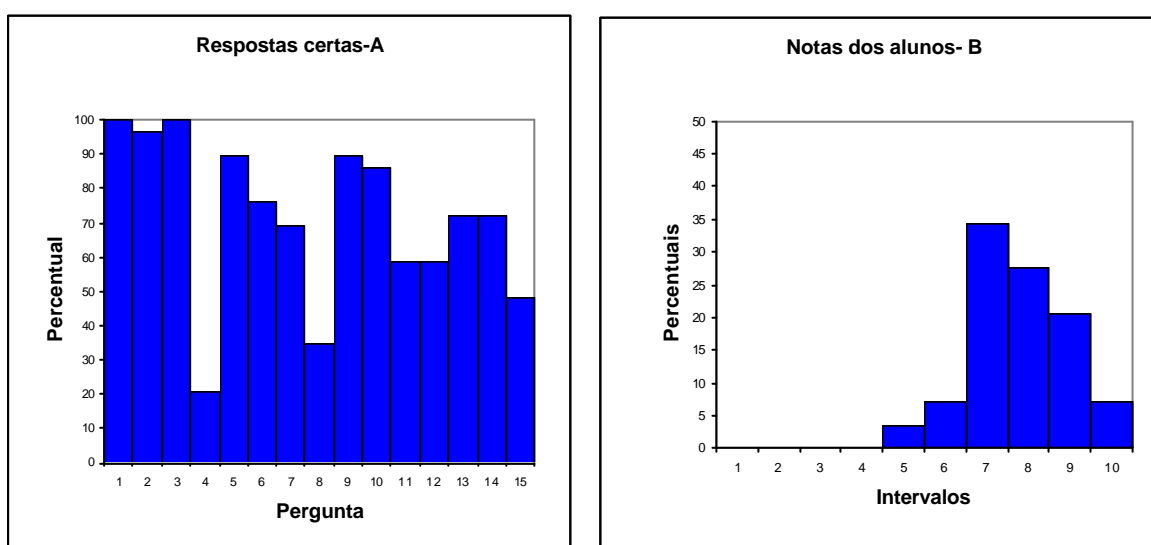
Estes resultados permitem analisar se houve ou não ganhos efetivos na direção da Aprendizagem Significativa e fazer uma comparação entre o desempenho inicial (teste inicial) e o desempenho parcial (teste intermediário) dos aprendizes (de forma individual e relativa no contexto geral da turma) e observar como caminhou a construção do conhecimento (aquisição e uso dos conceitos da Física pertencentes ao eixo temático) através do tratamento 1, que consiste nas atividades de exploração das Animações Interativas. Para isto foi gerado um gradiente ( $\Delta_n = n_{p.t.1} - n_{p.t.0}$ ), que evidencia o desempenho do aprendiz na apropriação dos conceitos da Física. Escores positivos ( $\Delta_n > 0$ ) são interpretados como ganhos efetivos, isto é, evidência da Aprendizagem Significativa dos conceitos da Física. Uma correlação negativa ( $\Delta_n < 0$ ) significa que o caminho seguido pelo aprendiz ocorreu na direção oposta à proposta. Uma correlação nula ( $\Delta_n = 0$ ) mostra que não houve avanços. Ao utilizarmos estes gradientes como medidas da aprendizagem, é relevante citar que estamos efetivando uma comparação pontual entre dois estados: inicial e posterior, mapeados na forma de posse dos conceitos da Física pelo aprendiz em uma unidade temática. É preciso ter em mente que a Aprendizagem Significativa trata-se de um processo idiossincrático, onde os avanços a serem atingidos são distintos para cada aprendiz, além de serem limitados por níveis de domínio do conteúdo, determinados pela intencionalidade presente na elaboração do currículo.

A posse dos resultados estatísticos dos testes inicial e intermediário permitiu a construção do gradiente  $\Delta_{n1}$  (mapeamento em valores percentuais da evolução do conhecimento através do tratamento 1, podendo ser visto na Figura N. 20), que mostra resultados satisfatórios, pois se percebe tanto no desempenho individual como no total, avanços consideráveis favorecendo a comprovação da hipótese de pesquisa. O tratamento estatístico diferencial permitiu concluir que 96% da turma conseguiram avanços expressivos na posse dos conceitos, excetuando-se um baixo percentual (4 %) que não obteve avanços. Associe-se também que uma correlação não satisfatória não significa exclusivamente uma relação causal de que o aprendiz não possa efetivar a Aprendizagem Significativa ausubeliana, pois é provável a presença de outros fatores que não foram objetivados pela pesquisa. Outro fator importante surge quando

analisamos os resultados contidos na figura 18 (A) onde se percebe os altos índices de acertos para as questões de N.1 (92,9%), N.2 (100%) e N. 3 (86,2%), resultados que transparecem a quase totalidade da posse dos subsunçores pelos aprendizes participantes do experimento. Os destaques para estes dados são relativos aos pressupostos ausubelianos, pois os referidos conceitos (mapeados nas questões 1, 2 e 3) são básicos para o tratamento hierárquico do conteúdo, “distribuição espacial de conceitos, priorizando o sentido de suas conexões que determinam relações de subordinação, supra-ordenação ou associação combinatória entre eles” (OSBORNE & WITTROCK, 1983).

Após o tratamento 2, dinâmica virtual da construção das Animações Interativas pelos aprendizes integrantes do grupo experimental, foi feita a aplicação do teste final cujos resultados podem ser apreciados na figura. N....

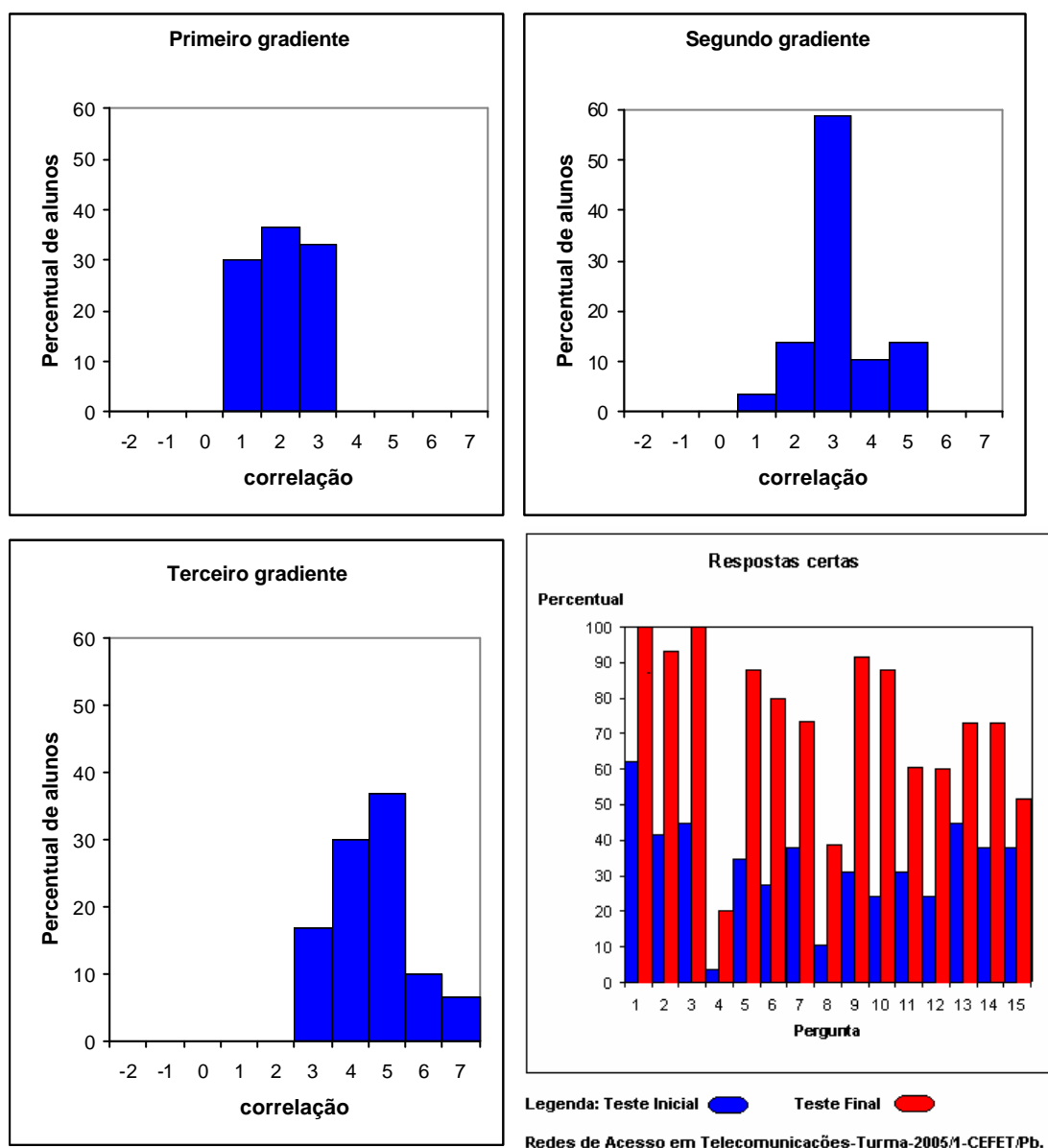
Mapeamento estatístico do desempenho dos aprendizes no teste final:



**Figura N. 19-** Gráfico percentual de acertos referentes ao teste final e Gráfico percentual das notas obtidas no teste final

Seguindo a linha de análises comparativas, a posse dos resultados do teste final oportunizou a construção de dois novos gradientes:  $\Delta_{n2}$  e  $\Delta_{n3}$  que apresentam,

respectivamente, os resultados estatísticos da evolução da posse dos conceitos da Física trabalhados no tratamento 2 e a relação diferencial entre a posse dos conceitos da Física pelos aprendizes no estado inicial e no estado final do experimento.



**Figura N. 20-**Gradientes evolutivos da posse dos conceitos

Centraremos a nossa análise nos resultados descritos no gradiente  $\Delta_{n3}$ , que permite a comparação entre os conhecimentos prévios e a posse dos conceitos da Física construídos ao longo do experimento; os resultados podem ser verificados no

eixo horizontal da tabela do gradiente. Os dados estatísticos contidos no gradiente  $\Delta_{n3}$  mostram avanços expressivos por todos os integrantes do experimento. Estas comparações oferecem o ponto de referência para a avaliação objetiva da nossa hipótese de pesquisa, o que sugere fortemente que é vantajoso utilizar as Animações Interativas como ferramentas cognitivas facilitadoras para a construção dos conceitos da Física integrantes do tema Oscilações por Aprendizagem Significativa.

Buscando validar a nossa hipótese de pesquisa de forma qualitativa, o que segundo Triviños (1987), consiste na análise das comunicações levantadas, utilizando procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição das mensagens, foi formalizado o levantamento das opiniões descritas dos participantes do experimento. A seguir, daremos destaque para algumas opiniões dos aprendizes escolhidas por retratarem de forma similar a maior parte das opiniões dos participantes:

*“Foi legal trabalhar com modelos virtuais, pois os mesmos expressam espetacularmente a rede de relações dos conceitos da Física”.*

*“O uso do Modellus como ferramenta pedagógica contribuiu para o desenvolvimento da disciplina Campos e Ondas, por facilitar o entendimento dos conceitos teóricos abordados em sala de aula”.*

*“O uso das Animações Interativas nos auxiliou na visualização das mudanças reais que acontecem quando mudamos alguns valores das equações da Física, possibilitando que tecêssemos algo muito próximo da realidade.”*

*“... quanto mais informações nós tivermos sobre determinado fenômeno, maior será nosso domínio sobre o mesmo. As animações nos permitem através de observação direta, obtermos grandes quantidades de informações sobre o que estamos estudando, mesmo sem o auxílio do professor.”*

*“O mundo está em constante transformação e vejo nesta nova maneira de ensinar e estudar Física, uma parte por demais proveitosas destas mudanças.”*

*“Sem dúvida o uso do software Modellus e a construção das Animações Interativas nos permite evidenciar a natureza em concordância com os conceitos da Física.”*

*“O que acho fantástico é como as equações da Física representam na verdade, quadros que construímos virtualmente da realidade circundante.”*

*“A nova metodologia foi significativa, pois no meu ponto de vista, teve aplicabilidade, objetividade e inovação e embora não seja expert em informática, consegui elaborar e construir com sucesso minhas animações.”*

A análise destas opiniões nos remete principalmente à elucidação do desafio de construir e participar, isto é, visa resgatar nas opiniões dos participantes, os aspectos do experimento relevantes para a construção dos conceitos da Física tendo como facilitadora as Animações Interativas. Os quais, em resumo, traduzem as concepções: como ferramenta pedagógica, sinalizam a construção do conhecimento como possibilidade de reconstrução da realidade através da modelagem computacional e como apropriação do conhecimento por Aprendizagem Signficativa, favorece de modo geral a construção dos conceitos da Física de forma dinâmica; onde novos conhecimentos potencialmente significativos interagem com os conteúdos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz propiciados na interatividade com os modelos, e assimilados na apreciação e construção das Animações Interativas. O que nos leva a concluir a relevância da nossa hipótese de pesquisa.

## CAPÍTULO 6

### 6-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma reflexão sobre o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação, nos leva a um cenário que vem se ampliando significativamente nos últimos anos. A emergência das “tecnologias da inteligência” (LÉVY, 1999) das quais as ferramentas computacionais são o exemplo mais marcante, começam a ganhar espaço nas atividades educacionais, aonde os computadores pouco a pouco vão sendo introduzidos na sala de aula, como recursos que representam a possibilidade de dinamização das práticas pedagógicas para se alcançar melhorias na construção do conhecimento científico no âmbito escolar. A tendência para simplificação do computador, a crescente difusão da Internet e o surgimento de uma nova geração de professores e alunos familiarizados desde cedo com as famosas máquinas (P. C.), tem gerado fontes de inspirações para a alteração das práticas pedagógicas e para uma literacia mais ampla, em que o uso de “ferramentas cognitivas computacionais” é determinante. Mas há um fator essencial que não pode ser menosprezado: o acompanhamento dessas novas práticas integrado com a investigação educacional, tornando possível analisar de forma mais profunda, o processo de recepção e construção do conhecimento face à utilização destas novas ferramentas.

Em nosso trabalho o interesse volta-se para dois aspectos: o primeiro referente às condições efetivas de mudança e aplicabilidade, estando implícito melhorar perspectivas para a melhoria do ensino-aprendizagem de Física, tanto no plano empírico quanto no plano teórico. No plano empírico, considerando o que atualmente vem-se verificando na prática, marcada por um número significativo de trabalhos implementados (sistematização de aplicabilidade, investigação) que estabelecem indicativos da emergência de metodologias inovadoras para o ensino de Física, particularmente aquelas advindas dos progressos da Tecnologia da Informação e Comunicação, as quais podem ser adotadas como referencial para mudanças da prática educativa. Um outro dado indicativo da possibilidade de mudanças no ensino-

aprendizagem de Física é a produção crescente de trabalhos nesta área que mostram resultados positivos no seu ensino (trabalhos apresentados em nível regional, por exemplo, nos Encontros de Físicos do Norte e Nordeste e em nível nacional nos Encontros Brasileiros de Ensino de Física). No plano teórico, o que verificamos é a possibilidade da justificativa de como pode vir a ser o ensino de Física e o espaço aberto para se expressar de maneira crítica sobre os modelos atuais, destacando suas fragilidades e potencialidades e, ao mesmo tempo, desvendando as possibilidades existentes para a implementação de modelos mais eficazes e efetivos.

O segundo aspecto apresenta uma visão das possibilidades de se ensinar Física de maneiras diferentes, com o desenvolvimento de novas metodologias, tendo como meta principal levar o aprendiz a equilibrar processos de aquisição do conhecimento com o desenvolvimento de habilidades de pensar (processo meta cognitivo), evitando metodologias inadequadas que contribuem para o “reino do cálculo” invadindo o mundo dos conceitos da Física, levando na maioria das vezes ao empobrecimento da aquisição das idéias da Física, sem percebê-las ancoradas no universo observável; onde o nível do desempenho do aprendiz se resume a resultados numéricos a serem obtidos na solução de problemas que constituem as numerosas listas de exercícios analíticas e pragmáticas, contidas nos mais conhecidos livros-texto. Entretanto, ressaltamos a importância destas listas de exercícios não como fins, mas como meios do aprendiz utilizar e desenvolver suas funções cognitivas de organização, conduta planejada, quantificação e qualificação, relações significativas entre dados que levem a uma melhor compreensão dos conceitos da Física, subjacente às equações a serem usadas na solução de problemas.

Portanto, foi nossa intenção foi estruturar e implementar um experimento onde outras abordagens são efetivadas, centradas no interesse e predisposição do aprendiz e do professor voltados para a Aprendizagem Significativa dos conceitos da Física.

Dentre as várias possibilidades de uso da informática no ensino-aprendizagem de Física, como forma de contribuir significativamente para a metodologia utilizada neste experimento, optamos pelo que versa a nossa hipótese de pesquisa onde admitimos que: as Animações Interativas são facilitadoras da Aprendizagem Significativa dos conceitos da Física, levando-se em conta que são consideradas como ferramentas

cognitivas potencializadoras a integrar o processo de construção do conhecimento científico neste trabalho, objetivando que o aprendiz construa os conceitos científicos da Física a partir da interação entre idéias relevantes estabelecidas na sua estrutura cognitiva, e novas informações e conhecimentos que são compartilhados, processados e distribuídos em tempo real. Na verdade os indivíduos possuem habilidades que às vezes não conseguem usar, talvez por falta de ousadia ou, principalmente de uma mediação adequada que lhes possibilitem desencadear um processo construtivista (deliberado e intencional) de suas idéias e ações. Desta forma nos foi possível desvincular o ensino-aprendizagem de Física dos modelos tradicionais e envolver professores e aprendizes em um processo que propicia uma ação conjunta: que é conhecer cada vez mais o mundo que nos rodeia a partir da exploração das reproduções virtuais dos fenômenos da natureza e através da construção de modelos científicos efetivados na forma das Animações Interativas, ir construindo de forma dinâmica os conceitos da Física necessários para alcançar o maior grau de compreensão dos fenômenos que ocorrem ao nosso entorno. Considere o melhor dos nossos esforços para dar uma contribuição positiva para atingir este objetivo.

## 7-REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. S. **Um estudo sobre o desempenho de alunos de Física, usuários da ferramenta computacional *Modellus* na interpretação de gráficos em Cinemática.** 2002, 111 p. Dissertação (Mestrado em Física). Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Editora Plátano, 2003.

AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology: A Cognitive View.** Nueva York: Holt, Rinehart & Wiston, 1968.

AUSUBEL, D. P. **Psicología educativa: un punto de vista cognitivo.** México: Ed. Trilhas, 1978.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

AXT, R. **Conceitos intuitivos em questões objetivas aplicadas no concurso vestibular unificado da universidade federal do Rio Grande do Sul.** Ciência e Cultura, 33, pp. 444-452, 1986.

BRENNAND, Edna G. de G. **Admirável mundo virtual.** João Pessoa: Laboratório de Desenvolvimento de Material Instrucional/ CIED/UFPB, 2002.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de Ensino-Aprendizagem.** Petrópolis: Editora Vozes, 1998.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. **Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching.** In: GAGE, N. L. (Org.). **Handbook of research in teaching.** Chicago: Rand McNally, 1963.

CASTELS, M. **A Sociedade em rede.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999.

CHASSOT, A. I. **A ciência através dos tempos.** São Paulo: Editora Moderna, 1994.

COHEN, I. B. **O Nascimento de uma Nova Física.** Lisboa: Gradiva, 1998.

COLLINS, A. **The role of computer technology in restructuring schools.** Phi Delta Kappan, 73, 28-36.

DE CORTE, E.; VERSCHAFEFEL, L; LOWICK, J. **Computers and learning.** In: HUSEN, T.; POSTLETHWAIT, T. N.; CLARK, B. R; NEAVE, G. R. (Eds), **Education: The Complete Encyclopedia (CD-ROM).** Oxford: Pergamon Press, 1998.

De KLEER, J.; BROWN, J. S. **Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models**. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Eds). **Mental models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, p. 155-190, 1983.

DEPRESBITERIS MARTINS, A. M. de S.; L.; MACHADO, O .T.M. **A mediação como princípio educacional bases teóricas das abordagens de Reuven Feuerstein**. São Paulo: Editora SENAC, 2004.

FEUERSTEIN, R. **ENSEIGNER, aprender, compreende**. Mimeo: Colóquio Nathan, 1991.

FEUERSTEIN. R; FEUERSTEIN, S. A. **Mediated Learning Experience (MLE) Theoretical Psychosocial and Learning Implications**. Londres: Freund Publishing House, 1994.

FEYNMAN, R. P. **Física em seis lições**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

FIORENTINI, Leda M. R. **Questões pedagógicas e curriculares da formação continuada de professores à distância**. Boletim do Salto para o Futuro, PGM-1-Formação à distância em audiovisual, jun.2002. Documento, 1995.

FIORENTINI, Leda M. R.; MORAIS, R. A. **Linguagens e interatividade na educação à distância**. Rio de Janeiro: DP&A editora, 2003.

GALAGOVSKY, L. R. **Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 1. El modelo teórico**. Enseñanza de Las Ciencias, vol. 22, n. 2, p. 229-240, 2004.

GANDIN, D. **Planejamento como Prática Educativa**. São Paulo: Edições Loyola, 1983.

GENTER, D.; GENTNER, D. R. **Flowing waters of teeming crowds: mental models of electricity**. In: GENTNER, D. and STEVENS, A. L. (Eds). **Mental Models**. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

GÓMES, S.; LATORRE, A; SANJOSÉ, V. **El Modelo de Ausubel en la Didáctica de la Física: Una Aproximación Experimental ao Processo de E/A de Contenidos que Presentan Constructos Poco Elaborados por los Aprendices**. Enseñanza de las Ciências. Madrid, v.11, n. 3, 1993.

GOWIN, D. B. **Educating Ithaca**. N.Y., Cornell University Press. 1981.

GRECA, I.; MOREIRA, M. A. **The kinds of mental representations- models, propositions, and images** – used by college physics students regarding the concept of field. Aceito para publicação no International Journal of Science Education, 19 (6), p. 711-724, 1997.

GRECA, I.; MOREIRA, M. A. **Un estudio piloto sobre representaciones mentales respecto al concepto de campo electro magnético en alumnos de Física General**,

- estudiantes de postgrado y físicos profesionalnais.** *Investigação em Ensino de Ciências*, 1, (1), p. 95-108,1996.
- GUTIERREZ, R.; OGBORNE, J. **A causal framework for analysing alternative conceptions.** *International Journal of Science Education*, 14 (2), p. 201-220, 1992.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **FUNDAMENTOS DE FÍSICA: Gravitação, Ondas e Termodinâmica.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A, 2000.
- HALLOUN, I. **Schematic modeling for meaningful learning of physics.** *Journal of Research in Science Teaching*. New York, v. 33, n. 9, pp. 1019-1041, 1996.
- HARRISON, A.; TREAGUST, D. **Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for teaching Chemistry.** *Science Education* 80 (5), pp. 509-534, 1996.
- HELLMAN, W. **Conceptual versus nonconceptual questions in the grading of physics students, The Physics Teacher.** Vol. 26(5), pp. 383-386, 1989.
- HESTENES, D. **Modeling Methodology for Physics Teachers-** Proceedings of the Internacional Conference on Undergraduate Physics Education (Collegy Park), 1996.
- IANNI, Octávio. **Teorias da Globalização.** Rio de janeiro: Civilização Brasileira, 1999.
- ISLAS, S. M.; PESA, M. A. **¿Qué rol asignan los profesores de Física del nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado?**.Departamento de Formação Docente. Facultad de Ciencias Exatas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina: Campus Universitario, 2003.
- JONASSEN, D. H. **Computers in the classroom: mindtools for critical thinking.** Columbus (OH): Pretice-Hall, 1996.
- JOHSON-LAIRD, P. **Mental models. Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness.** Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
- KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. **FÍSICA vol. 1.** São Paulo: MAKRON books do Brasil Editora Ltda, 1997.
- LÉVY, Pierre. **Cibercultura.** São Paulo: Ed. 34, 1999.
- LIPMAN, M. **Pensar na Educação.** Petrópolis: Vozes, 1995.
- LOPES, E. M. T.; GALVÃO, A. M. O. **História da educação.** Rio de Janeiro: DP&A, 2001.

LORD, F. M.; NOVICK, M. R. **Statisticals theories of mental test scores**. London: Addison-Wesley, 1968.

LUCENA JR, Alberto. **Arte da animação - técnica e estética através da história**. São Paulo: Editora SENAC, 2002.

LUNA, G. **Novas perspectivas para a melhoria do ensino de Física no nível médio da rede pública e privada de João Pessoa**. 2002, p. 41. Monografia (Especialização em Metodologia do Ensino Superior). CEFET-PB. João Pessoa, 2002.

MARTINS, I. **Explicações, apresentações visuais e retórica na sala de aula de Ciências**. In MORTIMER, Eduardo Fleury. **Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula** / organizado por Eduardo Fleury Mortimer e Ana Luíza Bustamante Smolka. Belo Horizonte: Autêntica, pp. 139-150.

MOREIRA, M. A . **ENSINO E APRENDIZAGEM ENFÓQUES TEÓRICOS**. São Paulo: Editora Moraes, 1985.

MOREIRA, M. A. **Modelos mentais**. In MORTIMER, Eduardo Fleury. **Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula** / organizado por Eduardo Fleury Mortimer e Ana Luíza Bustamante Smolka. Belo Horizonte: Autêntica, pp 189, 220, 2001.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Editora Centauro, 1982.

MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. **Instrumentos de pesquisa em ensino-aprendizagem: a entrevista clínica e a validação de testes de papel e lápis**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1993.

MOREIRA, M.A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica universitária, 1999.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula** / organizado por Eduardo Fleury Mortimer e Ana Luíza Bustamante Smolka. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

NICKERSON, R. S. **Can Technology help teach for understanding ?** In Perkins , D. N.; Shawarts, M. M.; Wiske, M. S. **Software goes to school**. NY: Oxford University Press. 1995.

NORMAN, D. A . **Cognitive artifacts**. In Carrol, J. M. (Ed), **Desinging interaction: Psychology at the human- Computer Interface**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

- NOVAK, G. M.; PATTERSON, E. T.; GAVRIN, A. D.; CHRISTIAN, W. **JITT- Just In Time Teeaching. Blending Active Learning with Web Thecnology.** Prentice Hall: Upper Saddle River, 2003.
- NOVAK, J. D. **Learning, Creating and Using Knowledge.** New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.
- NOVAK, J. D. **Teoria y práctica de la educación.** Madrid: Ed. Alianza Universidad, 1988.
- NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação.** São Paulo: Livraria Editora Pioneira, 1981
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender.** Lisboa: Editora Plátano, 1996.
- OSBORNE, R. J.; WITTRUCK, M. C. **Learning science: A generative process.** Science Education, 67 (4), pp. 489-508.
- PALMERO, Maria L. R. **LA TEORIA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO.** Spain: Eds. Pamplona, 2004.
- PARENTE, A. **O Hipertextual.** In: **O virtual e o hipertextual.** Rio de Janeiro: Pazulim, 1999.
- PIAGET, J. **A tomada da consciência.** São Paulo: Melhoramentos, 1978.
- PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento. Equilíbrio das estruturas cognitivas.** Lisboa: Dom Quixote, 1975.
- PINO, A. **“O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano”.** Caderno CSDDES, 24, 3<sup>a</sup> ed, p. 38-51, 2000.
- POZO, J. I. **Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje.** Madrid: Alianza, 1996.
- POZO, J. I. **Teorias cognitivas de aprendizagem.** Porto alegre: ArtMed, 2002.
- SACRISTÁN, J. G. **Comprender e transformar o ensino.** Porto Alegre: ArtMed, 1997.
- SANTOMÉ, J. T. **Globalização e interdisciplinaridade. O Currículo Integrado.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- SANTOS, J. N. S.; TAVARES, R. **Animação interativa como organizador prévio.** Publicado no livro de Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física. Curitiba, 21-26/ma/2003.

SANTOS, Milton. **Por uma outra globalização- do pensamento único à consciência universal**. Rio de Janeiro: Record, 2003.

SEARS; ZEMANSKY. **Física II Termodinâmica e Ondas**. Hugh D. Young; Roger A. Freedman; colaboradores T. R. Sandin, A. Lewis Ford; tradução e revisão técnica Adir Moysés Luis. São Paulo: Addison Wesley, 2004.

SILVEIRA, L. F.; MOREIRA, M. A; AXT, R. **Habilidad em Preguntas Conceptuales Y em Resolución De Problemas De Física. Enseñanza de las Ciências**. Madrid, v.10, n.1, p. 58-62, 1992.

TAVARES, R. S.; LUNA, G. R. **Mapas Conceituais: Uma ferramenta pedagógica na consecução do currículo**. In: I Colóquio Internacional de Políticas Curriculares, 2003, João Pessoa, Pb.

TAVARES, R. S.; LUNA, G. R.; ROCHA, N. **Modelagem Computacional: uma aproximação entre artefatos cognitivos e experimentos qualitativos**. XXII EFNNE – Encontro de Físicos do Norte e Nordeste – Feira de Santana – Bahia, 2004.

TAVARES, R.; SANTOS, J. N. **A animação interativa como organizador prévio**. Anais do XV Simpósio Nacional do Ensino de Física. Curitiba, 2003.

TEODORO, V. D. **Learning Physics With Mathematical Modelling**. 2002, (Doutorado em Ciências e Tecnologia) PhD Thesis. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

TEODORO, V. D. VEIT, E. A.; **Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. Revista Brasileira do Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 86 – 96, Jun. 2002.

TEODORO, V. D.; VIEIRA, J. P.; CLÉRIGO, F. C. **Modellus, interactive modelling with mathematics**. San Diego: Knowledge Revolution, 1997.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Saraiva, 1987.

VELLOSO, F. C. **Informática: conceitos básicos**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

VOSNIADOU, S. **Capturing and modelling the process of conceptual change**. Learning and Instruction, 4, p. 45-69, 1994.

VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

WELLS, M.; HESTENES, D. SWACKHAMER, G. **A Modeling Method for High School Physics Instruction** – American Journal of Physics, v. 63, 608, 1995.

WILLIAMS, M. D.; HOLLAN, J. D. STEVENS, A. L. **Human reasoning about a simple physical sistem.** In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Eds). **Mental models.** Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

## REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

ABREU, S. **Teorias da Aprendizagem.** Curso Megalogo on-line. Projetos usando Animação 1. [Documento eletrônico disponível em: <<http://www.cnotinfor.com.br>>], acesso em 29/02/2001.

BALLONE, G. J. **Conceitos e Realidade** – in: PsiqWeb, Internet, [Documento eletrônico disponível em: <<http://www.psiqweb.med.br/cursos/conceit.html>>] revisto em 2003, acesso em 8 de fevereiro de 2005.

FENDT, W. [Documento eletrônico disponível em: < <http://www.walter-fendt.de/ph14s/>>], acesso 5 em março de 2004.

FIORENTINI, Leda M. R. **Questões pedagógicas e curriculares da formação continuada de professores a distância.** Boletim do Salto para o Futuro, PGM- 1- Formação a distância em audiovisual, jun. 2002. [Documento eletrônico disponível em: <<http://www.tvebrasil.com.br/salto/tedh/tedhtxtla.htm>>], acesso em 5 de Dezembro de 2004.

GARCÍA, A F. [Documento eletrônico disponível em: < <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>>], acesso em 2 de março de 2005.

HWANG, F. [Documento eletrônico disponível em: < <http://www.cepa.if.usp.br/fkw>>] , acesso em 5 de dezembro de 2004.

NOVAK, G. M.; PATTERSON, E. T.; GAVRIN, A. D.; CHRISTIAN, W. **JITT- Just In Time Teeaching. Blending Active Learning with Web Thecnology.** Prentice Hall: Upper Saddle River, 2003. [Documento eletrônico disponível em: <<http://www.Webphysics.iuoui.Edu/jitt.html>>], acesso em 24/04/2004.

REDDY, B. S. [Documento eletrônico disponível em: < <http://surendranath.tripod.com>>], acesso em 5 de dezembro de 2004.

SIQUEIRA, H. S. C. **Nova Cidadania- um conceito Pós-Moderno** [Documento eletrônico: [política pós-moderna](http://www.angelfire.com/sk/holgonsi) disponível em: <<http://www.angelfire.com/sk/holgonsi>>], acesso em 13 de maio de 2004.

TAVARES, R.; SANTOS, J. N. [Documento eletrônico disponível em: < <http://www.fisica.ufpb.br/prolicen>>], acesso em março de 2004.

TEODORO, V. D. [Documento eletrônico disponível em: <  
<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>>], acesso em 5 de dezembro de 2004.

## **8-APÊNDICES**