

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

**“ROODA TEKTON E APRENDIZAGEM EM FÍSICA: UMA PROPOSTA
PEDAGÓGICA PELO CAMINHO DA TOMADA DE CONSCIÊNCIA”**

Silvia Ferreto da Silva Moresco

Porto Alegre

2003

Silvia Ferreto da Silva Moresco

**“ROODA TEKTON E APRENDIZAGEM DE FÍSICA: UMA PROPOSTA
PEDAGÓGICA PELO CAMINHO DA TOMADA DE CONSCIÊNCIA”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientadora: Prof^a. Patricia Alejandra Behar

Porto Alegre

2003

Para Roberto, meu companheiro e amigo nos momentos de alegria e dificuldade, sempre me incentivando no longo caminho percorrido até aqui.

Também para minha amada filha Júlia, razão do meu viver, presente de Deus que despertou em mim o verdadeiro encanto da vida, ser Mãe.

Ao concluir este trabalho, quero agradecer a todos que, de alguma forma, contribuíram para a sua construção. Em especial, agradeço...

... a Deus, onde encontrei força para vencer todos os obstáculos;

... à Professora Doutora Patrícia Alejandra Behar, minha orientadora, que foi uma incansável desafiadora, comprometida e dedicada. Pela força, pela amizade e principalmente por acreditar em mim e nas minhas idéias;

... a meu marido e minha filha, pelo amor, apoio, incentivo e compreensão;

... aos meus pais, meu irmão, cunhada, afilhada, por estarem sempre ao meu lado, amparando-me e auxiliando-me em todos os momentos deste curso;

... aos Professores Doutores Fernando Becker, Maria Luiza R. Becker e Margarete Axt, pelos desafios, pela busca da compreensão das idéias de Piaget e pelo acolhimento afetuoso nesta etapa tão importante da minha vida;

... às colegas Silvia Meirelles, Jakeline Andrade, Jaqueline Linch e Karine Souza, pelos alegres almoços, cafés, gargalhadas, confidências, discussões teóricas, pela grande amizade e atenção;

... à equipe do NUTED, Maicon, Juliano, Silvia Kist, Silvia Meirelles, Aluísio e Daisy, pela amizade e suporte tecnológico;

... ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade da realização de um grande sonho;

... aos professores do Programa de Pós-Graduação em Educação, pelos conhecimentos que construí;

... ao CNPq, agência financiadora dessa pesquisa;

... aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Educação, pela disposição em atender sempre que necessário;

... à escola que me recebeu, à professora e aos sujeitos de pesquisa, por tornarem possível a realização deste trabalho;

...ao Instituto Estadual de Educação Ernesto Alves, da cidade de Rio Pardo, onde aprendi tanto sobre o fazer pedagógico;

... aos alunos com os quais convivi, por me ensinarem tanto sobre a vida e me fazerem buscar sempre mais;

...aos parentes e amigos que torceram por mim nos bastidores;

...e a todos que acreditaram no meu trabalho e em mim!

É impossível refletir sobre o tempo e sobre o mistério da criação do mundo sem uma dolorosa tomada de consciência dos limites da inteligência humana.

A. N. Whitehead

RESUMO

A dissertação de mestrado “A Tomada de Consciência Dentro de Uma Proposta Pedagógica de Física” faz parte de uma reflexão sobre minha trajetória como aluna, educadora e pesquisadora. O trabalho empírico foi realizado em uma sala de aula informatizada, com seis alunos do Instituto Estadual de Educação Ernesto Alves, da cidade de Rio Pardo, do Estado do Rio Grande do Sul. O estudo aqui apresentado foi realizado tendo, como suporte teórico, a Epistemologia Genética e, como suporte tecnológico, o ambiente virtual ROODA. Este estudo deixa evidente a atualidade e relevância da Epistemologia Genética em relação à transformação do fazer escolar. Nele são apresentadas situações didáticas efetivamente vivenciadas e observadas pela autora, durante a convivência com seus sujeitos de pesquisa. São, também, apresentadas as análises e interpretações teóricas, sob o enfoque construtivista, buscando verificar como ocorre a tomada de consciência dos conceitos físicos. Portanto, esta pesquisa tem como objetivo verificar como ocorre a tomada de consciência dos conceitos físicos, a partir de atividades experimentais e teóricas, baseadas em desafios e apoiadas por um ambiente virtual de aprendizagem. Para isso, adotou-se o método clínico adaptado à realidade da sala de aula e à técnica de observação participante. A partir da análise dos dados coletados, verificou-se que a tomada de consciência dos conceitos físicos consiste em reconstruções, ou seja, de um esquema de ação, constrói-se um conceito. Esta definição ultrapassa a do senso comum, que a considera como uma simples iluminação que nada transforma ou acrescenta. Portanto, a tomada de consciência dos conceitos físicos consiste, basicamente, numa conceituação.

Palavras-chave: aprendizagem, Física, cooperação, tomada de consciência, adolescentes, ambientes virtuais de aprendizagem

ABSTRACT

The mastery dissertation "The Taking of Conscience Inside of A Pedagogic Proposal of the Learning of Physics" is part of a reflection on my trajectory as a student, educator and researcher. The empiric work was accomplished in a room of a computerized class, with six students of the Instituto Estadual de Educação Ernesto Alves, of the city of Rio Pardo, in Rio Grande do Sul. This study has been accomplished with theoretical Genetic Epistemology and technological support, the "ROODA" virtual atmosphere . This study leaves evident the present time and relevance of Genetic Epistemology in relation to the transformation of school actions. In fact, didactic situations, indeed lived and observed by the author, are presented during the coexistence with its subject of research. They are, also, presented by analyses and theoretical interpretations, under the constructive focus, looking to verify the taking of conscience of the physical concepts as they happen. Therefore, this research has as objective to verify as it happens the taking of conscience physical concepts, starting from experimental and theoretical activities, based on challenges and supported by a virtual atmosphere of learning. To make this happen, the clinical adapted method was adopted for the reality of the class room and the technique of participant observation. Starting from the analysis of the collected data, it was verified that the taking of conscience physical concepts consists in reconstructions, that is to say, starting from an action outline, a concept is built. This definition surpasses the common sense that considers it as a simple illumination that nothing transforms or increases. Therefore, the taking of conscience physical concepts consists, basically, of a conception.

Key-words: learning, Physics, cooperation, taking of conscience, adolescent, learning virtual environments

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	12
1	CONSTRUINDO O OBJETO DE ESTUDO ATRAVÉS DA VIVÊNCIA EM SALA DE AULA	17
1.1	PROBLEMA	18
1.2	HIPÓTESE	19
1.3	OBJETIVO	20
2	ESTADO DA ARTE	21
2.1	O ENSINO TRADICIONAL DE FÍSICA	21
2.2	O ENSINO DE FÍSICA CONTEMPORÂNEO	23
2.3	PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS – ENSINO DE FÍSICA	30
2.4	AS CONCEPÇÕES DE ENSINO DE FÍSICA E A CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA	33
2.5	O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA	36
3	TOMADA DE CONSCIÊNCIA	43
3.1	AS RAZÕES FUNCIONAIS DA TOMADA DE CONSCIÊNCIA	46
3.2	O MECANISMO DA TOMADA DE CONSCIÊNCIA	52
3.3	DADOS DE OBSERVAÇÃO E COORDENAÇÕES INFERENCIAIS	58
3.4	A EVOLUÇÃO DAS AÇÕES E OS TRÊS NÍVEIS DO CONHECIMENTO	62
3.5	OS PROCESSOS DE INTERIORIZAÇÃO E DE EXTERIORIZAÇÃO	67
4	ABSTRAÇÃO REFLEXIONANTE	71
4.1	REFLEXIONAMENTO	73
4.2	A CRIAÇÃO DE NOVIDADES, PRÓPRIA DA ABSTRAÇÃO REFLEXIONANTE	77
4.3	A FONTE DAS NOVIDADES, A EQUILIBRAÇÃO E AS RELAÇÕES ENTRE A COMPREENSÃO E A EXTENSÃO DAS ESTRUTURAS	82
4.4	ABSTRAÇÕES EMPÍRICAS E REFLEXIONANTES	89
5	INTERAÇÃO	98
6	COOPERAÇÃO	101
7	O PENSAMENTO FORMAL DO PONTO DE VISTA DO EQUILÍBRIO	104
8	O PENSAMENTO DO ADOLESCENTE	110
9	ROODA – UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM	114
9.1	SOFTWARE LIVRE	117
10	ESTUDO EXPLORATÓRIO	121
10.1	INTRODUÇÃO	121

10.2	INTERAÇÃO EM AMBIENTES VIRTUAIS	123
10.3	REFLEXÕES SOBRE O PLANEJAMENTO DE AMBIENTES VIRTUAIS PARA ADOLESCENTES.....	125
10.4	APONTAMENTOS SOBRE A INTERAÇÃO DE ADOLESCENTES EM AMBIENTES VIRTUAIS	127
10.5	CONCLUSÃO DO ESTUDO EXPLORATÓRIO	132
11	PROPOSTA PEDAGÓGICA DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA ROODA TEKTON	136
12	METODOLOGIA	156
12.1	SUJEITOS DA PESQUISA	162
12.2	COLETA DE DADOS	162
12.3	TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	166
12.3.1	QUESTIONÁRIOS ASSISTIDOS	166
12.3.2	OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE	166
13	DESCRIÇÃO DETALHADA DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS	168
13.1	EXPERIMENTO DA FUNDA	168
13.2	EXPERIMENTO DO PLANO INCLINADO	169
13.3	IMPULSO E COLISÃO DAS BOLINHAS	171
13.4	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS	172
13.5	ACOMPANHANDO A TOMADA DE CONSCIÊNCIA.....	172
13.6	AS INTERAÇÕES SOCIAIS E A TOMADA DE CONSCIÊNCIA	188
14	REPENSANDO OS DADOS	196
	CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS	200
	REFERÊNCIAS	207
	ANEXOS	211

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama do processo de tomada de consciência	48
Figura 2 – tela de entrada do site Adorofísica	131
Figura 3 – tela de entrada do Fisicanet	132
Figura 4 – Tekton chegando na sala de aula	138
Figura 5 – Rooda Tekton	139
Figura 6 – Biblioteca Virtual	144
Figura 7 – Índice da Biblioteca Virtual	145
Figura 8 – Laboratório Virtual	146
Figura 9 – Lista de Simulações	147
Figura 10 – Simulação Pêndulo	148
Figura 11 – História da Física	149
Figura 12 – Grandes Físicos	149
Figura 13 – Desafio 1	151
Figura 14 – Desafio 2	152
Figura 15 – Desafio 3	153
Figura 16 – Desafio 4	154
Figura 17 – Fluxograma da Proposta ROODA Tekton	160
Figura 18 – Representação do Plano Inclinado	170
Figura 19 – Representação do Plano Inclinado com a trajetória W	170

INTRODUÇÃO

Hoje sabemos que as novas tecnologias, especialmente o computador, se utilizado adequadamente, pode ser um importante recurso de ensino e/ou aprendizagem. A Internet possibilita a interação entre os sujeitos e favorece os trabalhos cooperativos. Isto ocorre, pois esta proporciona aos seus usuários vários dispositivos que permitem dinamizar a comunicação e, conseqüentemente, a resolução de problemas, como pode ser observado nos chats, listas de discussões, fóruns e correios eletrônicos.

Com base nesses recursos, elaborou-se uma proposta pedagógica de aprendizagem de Física. Ela oportunizou, aos alunos que participaram do processo empírico, situações desafiadoras e de vivência cooperativa, onde eles encontraram condições para produzir novas relações e construir novos conhecimentos.

Neste contexto, o presente trabalho objetivou verificar como ocorre a tomada de consciência dos conceitos físicos, a partir de atividades experimentais e teóricas, baseadas em desafios e apoiadas em um ambiente virtual de aprendizagem.

Entende-se por ambientes virtuais de aprendizagem, todos os ambientes computacionais com recursos das telecomunicações, que oferecem aos sujeitos um espaço de troca de informações, de reflexão, de estabelecimento de relações, de pesquisa e elaboração de projetos. Trata-se de uma estrutura composta de funcionalidades, interface e proposta pedagógica, enriquecida de códigos simbólicos, por representações, imagens, sons, movimentos e dispositivos de comunicação síncrona e/ou assíncrona. Todos os dados de interação dos sujeitos são registrados/disponibilizados pelo ambiente para que, tanto este quanto o

professor, possa acompanhar o seu desenvolvimento cognitivo, emocional e simbólico.

O adolescente apresenta a capacidade de refletir sobre seu pensamento e de construir teorias. Além disso, procura introduzir-se no meio adulto, integrando seu trabalho atual ou futuro na sociedade dos mais velhos. Propõe-se também a reformar essa sociedade em algum domínio específico ou em sua totalidade. Neste contexto, verifica-se que o processo de integração dos sujeitos adolescentes na sociedade adulta gera vários conflitos. Assim, trabalhou-se com esses sujeitos, devido às dificuldades que eles apresentam durante o processo de aprendizagem de Física no curso de Ensino Médio.

Foram tratados, neste estudo, somente alguns tópicos do conteúdo de Física, mais especificamente as leis de Newton, pois o enfoque usual dado a essas leis, justifica, por si só, a introdução de novas estratégias de aprendizagem para este assunto.

As dificuldades durante o processo de aprendizagem de Física e os conflitos próprios do período da adolescência são as principais razões que nortearam esta pesquisa. Este estudo pretende contribuir para a construção do conhecimento e para a integração moral e intelectual desses adolescentes na sociedade adulta.

Nesta abordagem, parte-se do fato de que a aprendizagem cooperativa privilegia a produção em grupo em detrimento do trabalho individual, levando-se em conta que várias técnicas de aprendizagem cooperativa têm se mostrado eficientes, tanto no domínio cognitivo (aumento da capacidade de aprendizado), quanto no afetivo (aumento da autoconfiança e da confiança no grupo).

Portanto, procurou-se utilizar, nesta proposta pedagógica, recursos que provocassem os estudantes a experimentar a cooperação e o trabalho integrado. Esses recursos permitiram ao professor encaminhar atividades desafiadoras, fazendo com que o aluno refletisse sobre o que foi produzido, tanto de maneira individual como em grupo.

Para atingir os objetivos desejados, incorporou-se uma proposta pedagógica de aprendizagem de Física denominada ROODA¹ Tekton, no ROODA (Rede COOperativa De Aprendizagem), um ambiente de Educação à distância baseado na Web, que disponibiliza em um só sistema várias funcionalidades que dão suporte à cooperação, comunicação e coordenação das atividades. Sua interface é centrada no usuário e no desenvolvimento de suas atividades. O ambiente possui várias ferramentas que visam auxiliar o professor e os participantes do curso a conduzirem o desenvolvimento do trabalho de maneira transparente. O sistema disponibiliza as seguintes funcionalidades a seus usuários: Publicação do webfólio pessoal, Fórum de discussões, Chat, Perfil do usuário, Finder, Produções, Sistema de acompanhamento para o professor e E-mail (em fase de desenvolvimento).

Um dos critérios levados em conta para a incorporação da proposta educacional em questão no ROODA, é que seu código-fonte é aberto para possíveis alterações, compartilhamento, cópia, aperfeiçoamento e distribuição de dados. O usuário pode baixá-lo, instalá-lo e utilizá-lo da forma que desejar, sem custos adicionais, pois o software livre é distribuído sob os termos GPL(General Public Licence). A única condição é que o usuário informe à equipe desenvolvedora do software qual parte do sistema foi modificada ou criada.

Em relação aos aspectos pedagógicos, um dos conceitos fundamentais da proposta construída é promover a interação entre os sujeitos, pois, segundo Piaget, o conhecimento não parte nem do sujeito nem do objeto, mas da interação indissociável entre eles.

Assim, o ROODA Tekton procurou romper simultaneamente com o idealismo e com o empirismo, em proveito de um construtivismo ao mesmo tempo

¹ O ambiente ROODA foi escolhido, pois foi desenvolvido na própria FACED/UFRGS pelo NUTED (Núcleo de Tecnologia Digital aplicada à Educação) e está sendo utilizado em cursos de graduação e pós-graduação da própria instituição. Outra razão pela qual foi selecionado para dar suporte à proposta de aprendizagem construída é porque este segue a política de software livre.

reflexivo e objetivante. Neste estudo, o professor assumiu o papel de um orientador/problematizador, deixando de ser o detentor absoluto do saber.

Tem-se, também, o ETC (Editor de Texto Coletivo). A partir desta ferramenta, o aluno pode construir um texto coletivo, cooperativo e interativo com seu grupo de trabalho.

Com o objetivo de fornecer uma visão geral do trabalho, apresenta-se brevemente o assunto focado em cada capítulo.

Assim, no primeiro capítulo, é apresentada a construção do objeto de estudo e, também, o problema, a hipótese e o objetivo da pesquisa.

O segundo capítulo pretende realizar uma crítica sobre o ensino tradicional de Física, as tendências contemporâneas e a introdução da tecnologia digital no processo de aprendizagem.

O capítulo terceiro desenvolve o suporte teórico com base na Epistemologia Genética de Jean Piaget. O foco considerado fundamental nessa seção foram as descrições sobre o processo de Tomada de Consciência ou a construção de um conceito através da interação sujeito-universo concreto.

O quarto capítulo desenvolve a Teoria da Abstração em Piaget. Nesse caso, as discussões são realizadas sobre as definições da abstração empírica, pseudo-empírica e reflexionante.

O quinto capítulo trata de descrever os processos interativos sujeito-objeto e sujeito-sujeito para a compreensão de como ocorre a transformação de um conceito prévio, mais restrito, em outro de maior generalidade.

O sexto capítulo discute o conceito de cooperação como instância fundamental para o desenvolvimento cognitivo de um sujeito em sociedade.

O capítulo sete discute aspectos da Teoria da Equilibração em Piaget como instrumento para interpretar, no comportamento dos adolescentes, o desenvolvimento da capacidade de construir teorias e, a partir delas, propor alternativas para a solução de problemas.

O capítulo oito discute as características do pensamento experimental dos adolescentes. A dissertação, nesse caso, é realizada sobre os experimentos realizados por Piaget e Inhelder. Esses experimentos foram desenvolvidos para estudar os processos cognitivos envolvidos na construção de operações concretas de classes, de relações e números, suas limitações e a construção da lógica das proposições no nível hipotético-dedutivo.

O capítulo nove descreve o ambiente informatizado onde ocorrem as trocas de informação e as discussões sobre as conclusões dos experimentos realizados em laboratório de Física.

O capítulo dez descreve um estudo exploratório realizado com o objetivo de construir um ambiente informatizado que atenda às exigências dos adolescentes.

O capítulo onze descreve a proposta de aprendizagem de Física ROODA Tekton.

O capítulo doze apresenta a metodologia do trabalho.

O capítulo treze apresenta a descrição dos experimentos realizados na pesquisa empírica, a análise e interpretação dos dados.

O capítulo quatorze repensa os dados obtidos no capítulo anterior. Em seguida, são apresentadas as conclusões gerais do trabalho.

A seguir, apresenta-se o processo de construção do objeto de pesquisa, a partir da vivência da autora como educadora.

1 CONSTRUINDO O OBJETO DE ESTUDO ATRAVÉS DA VIVÊNCIA EM SALA DE AULA

As atividades docentes e as experiências em sala de aula, na condição de professora da disciplina de Física no Curso de Ensino Médio, permitiram uma série de questionamentos sobre as reações dos sujeitos adolescentes durante o processo de aprendizagem. Com frequência, os alunos reclamam da dificuldade em compreender leis, conceitos e equações, bem como das dificuldades para solucionar desafios.

Em muitos momentos durante o processo de aprendizagem, devido às dificuldades e limitações encontradas em realizar as tarefas relacionadas com o conteúdo, observou-se que os sujeitos perdem o auto-respeito e a confiança neles próprios, fazendo, então, conclusões absurdas, do tipo “nós nunca iremos aprender isto”.

Sempre se desejou que os sujeitos adolescentes construíssem seus conhecimentos de Física em condições prazerosas e com respeito por eles mesmos e pelo outro.

Aos poucos, tentou-se entender o que acontece durante o processo de aprendizagem de Física. Foram percebidos vários fatores que não permitem ao sujeito estabelecer relações significativas no universo simbólico constituído de leis, conceitos, equações e procedimentos.

Segundo Moretto (2000), a escola ainda não percebeu a mudança de paradigma que se exige atualmente na educação, isto é, a necessidade de se

substituir o foco da aquisição de conteúdos para a aquisição de habilidades e competências na gerência dos conteúdos.

O que a sociedade espera da escola é que ela provoque uma alteração no nível de representação do aluno, fazendo com que ele substitua o senso comum por conceitos elaborados através de relações descritas no nível hipotético dedutivo, isto é, que o sujeito construa seu conhecimento. Memorizar conceitos, fórmulas, nomes, datas, demonstrações e definições, não é o que se deseja da escola no contexto atual, pois esses dados estão disponíveis em publicações e poderão ser encontrados por qualquer profissional, em qualquer momento da sua vida.

Observa-se que é muito importante levantar fatores que favoreçam a acessibilidade e a navegabilidade em ambientes virtuais de aprendizagem de Física, voltados para sujeitos adolescentes. Esses dois conceitos apresentados referem-se ao acesso dos usuários às ferramentas e aos conteúdos, o que interfere na interação entre os sujeitos e entre o sujeito e o conteúdo. Isso remete à facilidade de encontrar o desejado, bem como a presença de erros de programação no sistema e demora a carregar as páginas solicitadas, além de outros fatores que interferem na navegação do software.

Uma das grandes preocupações, portanto, é encontrar formas em que o aluno possa construir conceitos físicos, a partir de atividades experimentais e teóricas.

Assim, frente a esse panorama, propõe-se investigar o seguinte problema:

1.1 PROBLEMA

Como ocorre a tomada de consciência, a partir de atividades experimentais e teóricas, baseadas em desafios e apoiadas por um ambiente virtual de aprendizagem?

O problema principal pode ser desdobrado nas seguintes subquestões:

Que fatores favorecem a acessibilidade e a navegabilidade de um ambiente virtual para aprendizagem de Física, voltado a alunos adolescentes?

Como ocorre a tomada de consciência durante atividades experimentais e teóricas realizadas em grupo?

Como a tomada de consciência pode ser expressa através de ferramentas comunicacionais disponibilizadas por um ambiente virtual de aprendizagem?

Baseando-se nestas questões apresentadas, tem-se como hipótese de investigação:

1.2 HIPÓTESE

Uma proposta pedagógica de aprendizagem de Física, baseada em desafios, construída com atividades experimentais e teóricas apoiadas em um ambiente virtual de aprendizagem que apresenta recursos comunicacionais, permitirá ao professor pesquisador verificar como ocorre a tomada de consciência.

Dessa hipótese derivam outras, como é apresentado a seguir:

Levantando critérios desejáveis, referentes à acessibilidade e à navegabilidade em ambientes virtuais de aprendizagem de Física, será possível projetar um modelo de interface adequado, voltado para alunos adolescentes do Ensino Médio.

A utilização de atividades experimentais e teóricas, baseadas em desafios e realizadas em grupo, permitirá que o professor/pesquisador verifique como ocorre a tomada de consciência.

A tomada de consciência poderá ser expressa através das ferramentas comunicacionais disponibilizadas por um ambiente virtual de aprendizagem.

Logo, tem-se como objetivo deste estudo:

1.3 OBJETIVO

Verificar como ocorre a tomada de consciência, a partir de atividades experimentais e teóricas, baseadas em desafios e apoiadas por um ambiente virtual de aprendizagem.

Desse objetivo derivam outros, como é apresentado a seguir:

Incorporar à ROODA uma proposta pedagógica de aprendizagem de Física, elaborada à luz da teoria de Jean Piaget e segundo critérios preferenciais de acessibilidade e navegabilidade levantados entre sujeitos adolescentes.

Verificar como ocorre a tomada de consciência durante atividades experimentais e teóricas realizadas em grupo.

Verificar como a tomada de consciência pode ser expressa através das ferramentas comunicacionais disponíveis no ambiente virtual de aprendizagem.

Neste contexto, busca-se no capítulo seguinte, denominado estado da arte, estabelecer relações entre o ensino tradicional de Física, o ensino de Física contemporâneo e a introdução da tecnologia digital.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 O ENSINO TRADICIONAL DE FÍSICA

O presente levantamento bibliográfico pretende descrever o ensino tradicional de Física, para que possamos, posteriormente, estabelecer relações entre este e as suas respectivas tendências contemporâneas. Assim, servirão de base os “Parâmetros Curriculares Nacionais” (PCNs, 1999) e Borges (1996), pois são adotados pelo departamento pedagógico da Secretaria Estadual da Educação do Rio Grande do Sul e pelo Centro de Ciências do Rio Grande do Sul.

Segundo os PCNs, o ensino tradicional de Física tem-se realizado, quase que exclusivamente, mediante a apresentação de fórmulas, leis e conceitos, de forma desarticulada e distanciada do mundo vivido pelos alunos e professores. Esse método se caracteriza por privilegiar a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento progressivo da abstração. Essa modalidade de ensino enfatiza a aplicação de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática de seu significado físico efetivo. O aprendizado ocorre através de exercícios repetitivos e da memorização e não pela construção do conhecimento. Os programas educacionais, no ensino tradicional, apresentam uma lista bem extensa de conteúdos, dificultando, assim, uma análise aprofundada de cada tema e a instauração de um diálogo construtivo.

Borges (1996) caracteriza, também, o ensino tradicional de Física, enfocando, no primeiro momento, a memorização. O ensino por memorização considera o aluno como um recipiente capaz de armazenar informações, retendo-as na memória e depois prestando contas ao devolvê-las através de provas e/ou testes. O

conhecimento, neste caso, está centrado na figura do professor e este deve transmiti-lo aos alunos.

Esse pensamento implica numa visão epistemológica idealista, centrada no intelecto, a qual considera a inteligência como um mecanismo inteiramente formado na sua estrutura e no seu funcionamento. Isto pressupõe condições individuais inatas para a aprendizagem, ou seja, alguns sujeitos têm mais condições do que os outros para aprender. Assim, considera-se que os sujeitos que tiram as melhores notas nos testes e/ou provas são os mais inteligentes. Não se questiona a adequação ou não do método às crianças excluídas, por evasão ou repetência, nem tampouco se procuram metodologias alternativas que minimizem o problema.

Assim, neste segundo momento, Borges (1996) servirá para mostrar a concepção científica do ensino tradicional, caracterizada através do empirismo.

O empirismo, segundo Borges, supõe que o conhecimento se origina na abstração dos fatos, tendo continuidade na identificação do problema, na formulação de hipóteses e na realização de diferentes experimentos, com a finalidade de comprovar leis e teorias. Portanto, o empirismo estabelece um determinado método para os estudos científicos, ou seja, uma metodologia científica tradicional que segue as seguintes etapas: observação, problema, hipóteses, experimentação e conclusão (teoria).

A visão empirista pressupõe que os alunos, diante de evidências observacionais e experimentais, descubram ou redescubram leis e princípios científicos. Entretanto, esse olhar desconsidera as concepções prévias desses sujeitos, que podem levá-los a diferentes interpretações. Nesta perspectiva, o conhecimento ocorre de fora para dentro, ou seja, a experiência se impõe e determina o conhecimento.

Segundo Becker (2001), o ensino tradicional de Física também é marcado pela postura pedagógica fundamentada pela epistemologia apriorista. O termo Apriorismo origina-se de *a priori*, ou seja, aquilo que é colocado antes como condição necessária para aquilo que vem em seguida. Esta epistemologia considera a bagagem genética e acredita que cada indivíduo nasce com o conhecimento previamente programado, como herança genética. Dessa forma, tudo está previsto.

Somente é necessário proceder a ações quaisquer para que tudo ocorra em termos de conhecimento. A ação do meio físico ou social deve ser mínima. As ações espontâneas do sujeito farão com que ele passe por diferentes fases de desenvolvimento, que correspondem a idades cronológicas fixas, que são denominadas de estágios.

O professor que segue a epistemologia apriorista procura não intervir no processo de aprendizagem do aluno. Na maioria das vezes isso acontece de forma inconsciente. O poder que é exercido no empirismo, com legitimidade epistemológica, desaparece, sem que se perceba, nessa concepção. Essa epistemologia, que concebe o indivíduo humano como dotado de um saber hereditário, poderá conceber também um sujeito desprovido da mesma capacidade. Tem-se, então, o déficit cognitivo herdado que é epistemologicamente legitimado.

Após essa breve descrição do ensino tradicional de Física, pretende-se apontar as tendências do ensino de Física contemporâneo, com a finalidade de orientar a pesquisa e, paralelamente, ajudar a elucidar os resultados a partir dela obtidos.

2.2 O ENSINO DE FÍSICA CONTEMPORÂNEO

Esta revisão bibliográfica pretende levantar as idéias inovadoras que vêm influenciando o ensino de Física nos últimos anos, e também verificar a influência dessas tendências na realidade efetiva da sala de aula. Não cabe, neste trabalho, analisar e criticar essas tendências, apenas descrevê-las. Para isso, foram consultados os estudos de Carvalho e Vannucchi (2002).

Segundo Carvalho e Vannucchi, muitos esforços têm sido feitos, quer em nível internacional, quer em nível nacional, através da elaboração de teses e do aparecimento de grupos de pesquisa, que têm como objetivo trazer à Física contemporânea as explicações de uma tecnologia mais atual para o ensino dessa disciplina. Assim, duas linhas de pesquisa têm influenciado o ensino de Física: os trabalhos que procuram uma interdisciplinaridade e aqueles que têm o cotidiano como foco principal. Mas, apesar das duas linhas serem fundamentadas no mesmo

referencial teórico, ou seja, nos trabalhos de Jean Piaget e Paulo Freire, na prática apresentam diferenças fundamentais.

As propostas ao ensino de Física baseadas no cotidiano procuram buscar na vivência dos alunos com o mundo físico e tecnológico os temas geradores, com o objetivo de desenvolver as abstrações necessárias para a construção e compreensão dos conceitos e leis da física. Essa proposta utiliza-se de objetivos específicos “reais” para garantir a etapa de elaboração das abstrações indispensáveis à aprendizagem.

Por sua vez, as propostas ao ensino de Física provenientes da interdisciplinaridade estão mais concentradas no ensino fundamental, e têm por objetivo uma integração entre o ensino de ciências e as demais disciplinas, visando a diminuir as fronteiras entre as diferentes áreas do conhecimento. Nessa modalidade, encontramos, como ponto de partida, a realidade vivenciada pela “comunidade” onde a instituição escolar está inserida. Esse olhar voltado à vivência comunitária dos sujeitos da aprendizagem possibilita a definição de questões relevantes para essa mesma comunidade e, portanto, para o corpo docente e discente.

Nas propostas provenientes da interdisciplinaridade, os temas geradores, estabelecidos a partir da vivência comunitária, indicam os conteúdos acadêmicos pertinentes, propiciando um olhar multifacetado da realidade. Essa visão proporciona uma melhor compreensão dos fenômenos e conceitos.

As investigações sobre o ensino contemporâneo de Física vêm questionando fortemente a eficácia do ensino por transmissão de conhecimentos e têm contribuído para problematizar a aprendizagem das ciências. Esses questionamentos influenciaram e impulsionaram a busca de inovações no ensino de Física, tanto em nível metodológico como em nível curricular, abrangendo o ensino fundamental, médio e principalmente a formação de professores.

Outra característica importante das pesquisas em concepções espontâneas, maneira de como os alunos pensam e compreendem os conceitos físicos, é sua capacidade de integração com outras áreas de estudos, como, por exemplo, a epistemologia genética, a linguagem, a aprendizagem significativa e outras. É,

através desta integração, que as colocações construtivistas têm sido favorecidas e têm unido a área de ensino de ciências com as tendências educacionais provenientes de outros campos do conhecimento.

A História e Filosofia das Ciências, também, estão contribuindo para o ensino de Física contemporâneo, pois elas têm em comum a preocupação com o processo de aprendizagem. A influência da História e Filosofia das Ciências não se limita às propostas de mudança conceitual, considerando que o novo currículo nacional britânico de ciências e o projeto americano AAAS 2061 (American Association for the Advancement of Science, 1993) sofrem clara influência dessas em seus programas.

Outra tendência contemporânea no ensino de Física é a inclusão da Física Moderna nos currículos, o que indica, como objetivos de renovação do ensino de ciências, a aproximação entre a Ciência e o cidadão comum.

Em virtude dessas diferentes tendências, nos últimos anos, o ensino de Física sofreu algumas transformações consideráveis. Entretanto, não podemos deixar de considerar as transformações geradas em virtude da competição tecnológica, especificamente no domínio da informação e de uma democracia com competição de mercado. Conseqüentemente, essas tendências implicam também num ensino competitivo, visando à formação de sujeitos preparados para atuar no mercado de trabalho contemporâneo, ou seja, de mão-de-obra qualificada.

Por outro lado, as tendências construtivistas continuam influenciando o ensino, mas um construtivismo que concede uma importância considerável ao aprendizado de determinados conteúdos específicos. Essas salientam a influência do professor como um dos critérios determinantes para que a atividade construtiva do sujeito se oriente em uma outra direção.

Portanto, determinadas condições de contorno como, por exemplo, um regime democrático, tendências construtivistas e uma pretensa preocupação com o ensino de qualidade, têm grande influência no ensino de ciências contemporâneo.

As organizações profissionais, científicas e de professores universitários nacionais e/ou internacionais continuam influenciando nas proposições de

mudanças curriculares. No território brasileiro, essa influência pode ser observada através da constante parceria entre as Secretarias de Educação e as Universidades, visando à elaboração de novos currículos e de cursos de aperfeiçoamento de professores.

Considerando a ênfase dada pelo ensino de Física atual, as propostas pedagógicas de aprendizagem que integram os progressos científicos, tecnológicos e sociais, apresenta-se a seguir o trabalho realizado pelo Grupo de Pesquisas em Ensino de Física da UFSC.

Conforme Pietrocola (2001), o Grupo de Pesquisas em Ensino de Física da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) tem desenvolvido alguns trabalhos dentro do enfoque CTS (ciência, tecnologia e sociedade).

Uma das preocupações mais específicas desse grupo tem sido de investigar as possibilidades didáticas de uma abordagem denominada Aprendizagem Centrada em Eventos (ACE), concebida como um formato particular para a aprendizagem de assuntos científicos e tecnológicos na sala de aula.

Ela foi delineada como um evento em particular, ocorrência ou conjunto de circunstâncias extraídos da vida real e usados como base na elaboração de módulos para ensino. Tem-se especial interesse nos eventos ricos em oportunidades curriculares, ou seja, aqueles a partir dos quais um maior número de assuntos podem ser trabalhados. A essência da abordagem está na escolha dos eventos em torno dos quais serão baseados os materiais de ensino.

Nesta perspectiva, um evento deve ser saliente e evocativo, ou melhor, deve ser um incidente ou episódio que seja motivador, rico em interesse humano, capaz de estimular a discussão e o debate.

Segundo uma perspectiva de aprendizagem abrangente, o papel da educação formal é o de auxiliar o aluno a compreender a realidade que o cerca, tanto do ponto de vista dos fenômenos naturais quanto sociais, de maneira que ele apresente condições de participar, de forma crítica e consciente, dos debates e decisões que permeiam a sociedade na qual se encontra inserido.

No ensino tradicional, as ciências são “ensinadas” com escassas referências a respeito das suas aplicações à vida real e de sua importância à vida pessoal dos alunos. Neste contexto, o conhecimento científico é tratado como neutro, objetivo e fundamentalmente fático. Assim, a ciência passa a ser vista como um conhecimento objetivo, abstrato e impessoal, isto é, uma racionalidade técnica universal que apresenta propriedades aplicáveis a várias situações.

O “ensino” de ciências, conforme se comenta em Pietrocola (2001), tem sido criticado por diversos setores preocupados com a qualidade da aprendizagem. Esses setores defendem uma educação fundamentada na ação e na construção do conhecimento e, também, que seja cultural e socialmente contextualizada.

Desta forma, entende-se que o conhecimento físico deve estar ao lado de outros conhecimentos, deve ser inseparável das conexões social e institucional, e ser estimado não somente em função de referências à sua validade universal, mas devido à sua utilidade em resolver desafios.

Dentro desta perspectiva, segundo Pietrocola (2001), tem-se o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Ele já tem uma tradição estabelecida em países como os Estados Unidos, Canadá, Holanda, Austrália e Inglaterra. Esse enfoque consiste numa organização composta por indivíduos com o propósito comum de fazer ir adiante a questão da educação em ciência e tecnologia, como parte essencial da aprendizagem global. A aprendizagem de ciências deve incluir o conhecimento dos conceitos fundamentais da ciência e da tecnologia, o desenvolvimento da criatividade científica e tecnológica e a consciência das inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Assim, o enfoque CTS apresenta várias faces em relação às estratégias de aprendizagem. Por um lado, há, entre as pessoas que o propõem, uma significativa concordância a respeito da importância de se estabelecerem mudanças de ordem metodológica que favoreçam abordagens interdisciplinares e interativas, paralelamente às mudanças referentes aos objetivos da educação científica. Mas, por outro lado, isso tem conduzido a uma variedade de estratégias de aprendizagem, refletindo o fato de que CTS não deve ser confundido com um método particular de “ensino”.

Em cursos do tipo CTS, conforme citado em Pietrocola (2001), diversas estratégias de aprendizagem têm sido empregadas. Podem-se encontrar práticas contemporâneas de palestras, demonstrações, sessões de questionamentos, resolução de desafios, experimentação em laboratório. Essa modalidade de “ensino” inclui, ainda, jogos de simulações, jogos de desempenho de papéis, fóruns, debates, projetos individuais e de grupo, redação de cartas para autoridades, pesquisa no campo de trabalho, palestrantes convidados e ação comunitária.

Em relação às atribuições do professor, geralmente, quando ocorrem mudanças nas estratégias, muda, também, o papel do professor. Assim, ele se transforma em um tipo de administrador de classe, ou seja, gerencia o tempo, os recursos humanos e o ambiente emocional da classe, além de ser o responsável pela sala de aula.

Em relação à aprendizagem de Física, o Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da UFSC tem desenvolvido algumas propostas de trabalho com base no enfoque CTS. Convém esclarecer que o Departamento de Física da UFSC conta, desde a década de oitenta, com um Grupo de Pesquisa em Ensino de Física que tem realizado trabalhos nas seguintes linhas: Desenvolvimento Conceitual e Concepções Alternativas, Epistemologia e História da Ciência Aplicada ao Ensino de Física, Atividades Experimentais no Ensino de Física, Resolução de Problemas, Ciência, Tecnologia e Sociedade, Modelos e Modelização, Paradigmas Funcionais de Professores.

Segundo Pietrocola (2001), uma das principais preocupações desse grupo tem sido investigar as possibilidades didáticas de uma abordagem chamada Aprendizagem Centrada em Eventos (ACE), elaborada de uma forma específica para a aprendizagem de conhecimentos científicos e tecnológicos na sala de aula.

A abordagem ACE foi constituída como um evento específico, ou seja, como um conjunto de circunstâncias extraídas da vida real e utilizadas como fundamento na criação de módulos para o “ensino”. Pietrocola (2001) destaca os eventos que apresentam um currículo rico em oportunidades, isto é, eventos a partir dos quais um número significativo de assuntos pode ser trabalhado.

A base da abordagem encontra-se na escolha dos eventos em função dos quais serão baseados os materiais de “ensino”. Partindo desse ponto de vista, um evento deve ser distinto e convidativo, ou seja, deve ser motivador e capaz de despertar o interesse humano, estimulando a discussão e o debate.

A idéia fundamental da abordagem ACE, na ótica de Pietrocola (2001), é a de que os aspectos científicos e as implicações sociais de um produto tecnológico podem ser explorados em um maior grau, se a aprendizagem dos mesmos for centrada em eventos que sejam capazes de despertar o interesse do aluno. Isso ocorre porque o evento pode agir como um ponto de integração no que diz respeito à Ciência, à Tecnologia e à Sociedade.

Tal abordagem apresenta as seguintes características: ênfase na resolução de desafios reais, a responsabilidade do aluno na aprendizagem e a natureza integrada dos conhecimentos. Estabelecendo um paralelo entre as abordagens tradicionais e a ACE, observa-se que, no método tradicional, primeiro se “ensina a ciência”, para depois discutir as aplicações tecnológicas e implicações sociais, quando isso chega a ser feito. Já no enfoque ACE, o evento localiza-se no núcleo da experiência de aprendizagem, dando origem aos outros elementos.

Reportando-se, ainda, às idéias descritas por Pietrocola (2001), este salienta que o conhecimento dos sujeitos é organizado de maneira a promover o entendimento de novos conhecimentos. O conteúdo e o planejamento dos módulos são elaborados considerando a possibilidade de que os sujeitos apresentam concepções espontâneas sobre os assuntos novos que irão aprender.

Neste contexto, a abordagem ACE é considerada apropriada pelo grupo de pesquisa que a utiliza, em virtude de favorecer o aparecimento das concepções espontâneas para a sua exploração em um ambiente de discussão não castradora e, sim, construtiva.

O autor destaca, finalmente, que a ACE é claramente diferente da prática habitual na aprendizagem das disciplinas científicas, pois ela é fundamentada em atividades e não em aulas expositivas. O objetivo básico é o de integrar os conhecimentos científicos com os assuntos tecnológicos e sociais, através de uma metodologia capaz de permitir aos sujeitos tomarem decisões sobre que

informações são necessárias e de que maneira essas informações podem ser úteis aos seus propósitos. Não esqueçamos que esse processo de aprendizagem acontece sempre sob a orientação e supervisão do professor.

Finalizando, salienta-se que muitos esforços estão sendo feitos na busca de uma aprendizagem de Física de qualidade. Nota-se, claramente, a influência de duas linhas de pesquisa nesse processo. Contudo, apesar das duas linhas se fundamentarem na teoria de Jean Piaget e Paulo Freire, na prática apresentam diferenças significativas.

Assim, temos o “ensino de Física” como uma construção permanente, como um conhecimento integrado a um contexto que impõe necessidades, que cria demandas, que faz pressões, que julga e que opta, ou seja, um conhecimento socialmente elaborado.

Em relação às tendências metodológicas, recomenda-se uma metodologia baseada em pressupostos cognitivistas, tendo, na resolução de problemas, a atividade preferencial. Cabe enfatizar que este estudo será baseado nessas idéias.

A seguir, apresentam-se as tendências básicas apontadas pelo Ministério da Educação em conjunto com a Secretaria de Educação Média e Tecnológica, para promover e orientar mudanças estruturais e pedagógicas no ensino de Física ao nível de Ensino Médio.

2.3 PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS – ENSINO DE FÍSICA

O conjunto de idéias aqui apresentadas não deve ser entendido como um receituário, nem como uma listagem completa de critérios a serem seguidos, mas como tendências básicas apontadas pelo Ministério da Educação, juntamente com a Secretaria de Educação Média e Tecnológica, com o propósito de promover e orientar mudanças estruturais e pedagógicas no ensino de Física em nível de Ensino Médio.

Nos últimos anos, o Ministério da Educação, articulado com a sociedade brasileira, vem tentando transformar o sistema educacional em todo o território brasileiro. O principal objetivo é expandir e melhorar sua qualidade, para poder enfrentar os desafios do mundo contemporâneo, ou seja, a competição existente no universo capitalista.

O conhecimento de Física permite ao sujeito elaborar modelos de evolução cósmica, investigar mistérios do mundo submicroscópico, das partículas que constituem a matéria e também desenvolver novos materiais, produtos e tecnologias. Assim, esse conhecimento se tornou indispensável à formação e à sobrevivência do homem contemporâneo.

Neste contexto, é essencial que o conhecimento físico seja explicado como um processo histórico, objeto de contínuas transformações e integrado às outras formas de expressão e produção do ser humano. Considera-se necessário, também, que o ensino de Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos tecnológicos do cotidiano doméstico, social e profissional.

As tendências do ensino contemporâneo fornecem ao ensino de Física novas dimensões, ou seja, a promoção de um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem, em oposição ao ensino tradicional, que enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas equações representam de seu efetivo significado físico.

Portanto, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio (1999), o ensino de Física atual procura apresentar uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em momento posterior ao processo de aprendizagem. Uma Física que tenha um sentido real e que faça parte do seu cotidiano, que ajude a compreender fatos como os gastos da “conta de luz”, as imagens da televisão e as formas de comunicação, bem como o movimento da Lua ou das estrelas no céu; que trate do funcionamento do refrigerador, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia-a-dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões.

Para isso, é preciso considerar a realidade do aluno, seu mundo vivencial, os objetos e fenômenos com que interagem, bem como os problemas e

questionamentos que impulsionam sua curiosidade. Assim, feitas as investigações, abstrações e generalizações potencializadas pelo conhecimento da Física, em uma dimensão conceitual, o conhecimento direciona-se novamente para os fenômenos significativos ou objetos tecnológicos de interesse.

O ensino de Física deve promover a autonomia e a construção do conhecimento, deve buscar competências que possibilitem a liberdade de ação e aprendizagem permanente. Ele aponta para o desdobramento de um conhecimento em outros conhecimentos e não necessariamente um tópico a mais no fim do curso. Assim, a nível médio, o ensino de Física deve promover discussões sobre temas do contexto atual e, conseqüentemente, a compreensão dos conteúdos.

Durante o processo educacional, o adolescente deve ser estimulado a acompanhar as notícias científicas e orientado sobre os assuntos em questão, promovendo-se meios para a análise e interpretação de seus significados. Interagir com uma grande quantidade de informação, atualmente disponibilizada pelos meios de comunicação, não é uma tarefa simples e depende de habilidades específicas, para obter, sistematizar, produzir e mesmo difundir essas informações. Isso inclui ser um sujeito crítico e atento, com capacidade de obter e interpretar informações relevantes.

Apresentando um caráter altamente estruturado, o conhecimento de Física necessita de uma competência específica para interagir com o todo. Por isso, é importante desenvolver a capacidade de elaborar sínteses, articulando os diferentes conceitos, propriedades ou processos, utilizando para isso a linguagem específica.

Esse conhecimento, como construção humana, constitui condição necessária para que se promova a consciência de uma responsabilidade ética e social. Assim, será fundamental a preocupação com o todo social e com a cidadania.

Sendo a adolescência um período especial do desenvolvimento cognitivo, a aprendizagem da Física apresenta características próprias que podem favorecer a construção do conhecimento, através das abstrações e generalizações, tanto no sentido conceitual como prático.

Mesmo considerando as novas tendências do ensino de Física, precisamos rediscutir os conteúdos, metodologias e os recursos a serem utilizados, no processo de aprendizagem, para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Estamos cientes de que não existem receitas prontas para garantir um bom resultado. Entretanto, sabemos que é preciso tentar, elaborar novas propostas pedagógicas, desenvolver novas metodologias e tecnologias, com o objetivo de favorecer a construção do conhecimento.

A seguir, apresentam-se as concepções de ensino de Física existentes no ensino fundamental e médio brasileiro, bem como se apontam as características de cada uma delas.

2.4 AS CONCEPÇÕES DE ENSINO DE FÍSICA E A CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA

Segundo Carvalho Júnior (2002), existem diversas concepções de ensino de Física nos níveis fundamental e médio. Estas podem ser classificadas, basicamente, em conceitual e matematizada. Assim, a linha conceitual trabalha, fundamentalmente, a compreensão dos fenômenos físicos, por intermédio da discussão, do debate e do enfrentamento de posições. Nesse ponto de vista, acredita-se que a utilização de fórmulas matemáticas pode ajudar a quantificação dos fenômenos, mas que só devem ser utilizadas depois que os alunos compreenderem os conceitos em questão.

Entretanto, a concepção matematizada dá grande ênfase às equações que permeiam a Física. Desta forma, o mais importante, nesta concepção, é que o aluno memorize as leis e fórmulas para uma posterior aplicação na resolução de desafios. Entende-se, na concepção matematizada, a Física como um conhecimento pronto que deve ser transmitido aos alunos.

Ao longo dos anos 60 e 70, as maiores competências de um aluno, no campo da Física, diziam respeito à resolução de problemas numéricos. Neste contexto, a dificuldade não estava centrada no conceito físico, mas sim nas relações

matemáticas exigidas, nas operações realizadas e na capacidade de desenvolver expressões algébricas. O principal objetivo era alcançar o resultado correto.

Devido à ênfase ao desenvolvimento destas competências, surgiu uma mentalidade pragmática em relação à Física que, até nos dias atuais, parece ser muito intensa por parte de alguns alunos e de suas famílias.

Acrescenta-se, também, que a simples manipulação de equações sem o diálogo e questionamento permeado pela teoria física, não proporciona discussões mais elaboradas e não dá a oportunidade para o exercício da argumentação. Assim, se explica por que essa forma de ensino de Física predominou nos anos dos governos militares e, ainda, existe em escolas tradicionais, produzindo uma idéia errada do que realmente significa aprendizagem de Física.

Pode-se dizer ainda que, diante desta prática, resta ao aluno aplicar fórmulas, calcular o que foi solicitado pelo professor e apresentar os resultados corretos, muitas vezes não relacionados com a sua realidade.

Utilizando ainda a referência de Carvalho Júnior (2002), tem-se que a concepção conceitual privilegia habilidades cognitivas que seguem além da simples aplicação matemática. Em momento algum ela nega a importância da matemática ao desenvolvimento da Física. Mas, de forma contrária, pretende ressignificar o seu campo de ação.

A análise de conceitos, leis, hipóteses e de todas as relações que surgem a partir da construção dos conhecimentos, deve ser feita, nesta concepção, por meio do diálogo constante entre todos os atores envolvidos no processo de aprendizagem. Nesta concepção de ensino, o papel do professor é o de mediador entre os diversos saberes estabelecidos, considerando as particularidades, fundamentações e campos de validade de cada um. Os saberes considerados são: saber do aluno ou concepções espontâneas, científicas, escolares e sociais.

Assim, quando se dá prioridade ao diálogo constante e dinâmico, a sala de aula passa a adotar uma conotação de fórum de debates, onde os questionamentos e o choque entre os saberes produzem desequilíbrios e, conseqüentemente,

assimilações e acomodações. Dessa forma, a aprendizagem pode ser significativa e contextualizada. Esta é uma das idéias-chave em que se baseia este estudo.

O processo de construção de conceitos valoriza os conhecimentos espontâneos dos alunos e parte deles para a construção de saberes mais elaborados. Assim, é necessário um cuidadoso diagnóstico para que o professor tenha conhecimento de onde deve partir para conduzir o processo de aprendizagem com um determinado grupo de alunos.

Devido ao fato de se considerar a realidade dos alunos, não é possível se determinar, nessa concepção, um roteiro padronizado para a aprendizagem. Entretanto, é possível que cada aluno, mesmo através de forma distinta, consiga construir os mesmos conceitos e desenvolver as mesmas competências e habilidades. Segundo o INEP (2002), competências são modalidades estruturais da inteligência, isto é, ações e operações que usamos para estabelecer relações com e entre objetos, fenômenos, situações e outros seres humanos que desejamos conhecer. Por outro lado, as habilidades surgem a partir das competências adquiridas e, reporta-se ao plano imediato do saber fazer.

Neste contexto, segundo Carvalho Júnior (2002), fechando as idéias apresentadas, saber Física significa apresentar instrumentos conceituais para dialogar com o mundo em distintos níveis. Esses diferentes patamares vão desde uma melhor compreensão de informações científicas veiculadas pelos meios de comunicação, até a capacidade de levantar hipóteses e prever resultados de experimentos complexos, perpassando pela emissão de juízos de valor sobre o uso de uma determinada tecnologia que pode causar prejuízo ao planeta.

Esta maneira de conduzir a aprendizagem de Física contribui para a construção da cidadania, para a formação de sujeitos críticos, reflexivos, com fundamentação teórica para se posicionar e questionar posturas distintas.

Resumindo: diante das concepções de ensino de Física apresentadas por Carvalho Júnior (2002), conclui-se que a aprendizagem de Física não pode basear-se na memorização de equações e na utilização dessas para a resolução de desafios descontextualizados da realidade do aluno. Entende-se que a aprendizagem de Física deve estar pautada por discussões significativas, mantendo um constante

diálogo com o mundo, com a sociedade e com todos os atores do processo de aprendizagem.

Considerando a construção da cidadania, tem-se em mente que a aprendizagem deve instrumentalizar os sujeitos para que eles superem toda a ordem social preestabelecida e construam conhecimentos significativos que possam contribuir para ações sociais.

Sobre o papel do professor neste processo, entende-se que, fundamentalmente, ele deve despertar consciências, sinalizando e discutindo com seus alunos todas as sutilezas que permeiam o currículo escolar. Quando o professor adota a discussão permanente em sala de aula, ele está lutando contra as estratégias de preservação e validação da estrutura social, que produz dominados e excluídos.

Na última seção deste capítulo, apresenta-se um estudo sobre o uso das tecnologias digitais no ensino e aprendizagem de Física.

2.5 O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Considerando as novas tendências para a aprendizagem de Física, não podemos deixar de verificar a importância da introdução das novas tecnologias digitais e da indústria da informação neste contexto. Deste modo, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs, 1999), ter acesso ou não às novas tecnologias e à informação, pode constituir-se em elemento de discriminação na nova sociedade.

O uso das novas tecnologias digitais em sala de aula possui abordagens básicas: o ensino da informática por si, como uma disciplina separada, e o uso das novas tecnologias digitais como ferramentas de aprendizagem para as diferentes disciplinas, como a física ou a matemática.

Segundo Fróes (1998), a escola ainda está aprisionada ao ensino tradicional, pois privilegia a cultura da escrita, do texto estático, do conhecimento fragmentado

e “territorializado”. Esse tipo de ensino, segundo Moran (1998), vem utilizando software do tipo tutorial e do tipo exercício-e-prática como recurso computacional de ensino e aprendizagem. Entretanto, devemos considerar que o tutorial é um software limitado, pois enfatiza a apresentação de textos, lições e/ou exercícios, restringindo a ação do sujeito a somente virar páginas de um livro eletrônico ou realizar exercícios, cujo resultado pode ser avaliado pelo próprio computador. Neste contexto, o sujeito está restrito a uma determinada quantidade de informação, e o computador assume o papel de máquina de ensinar.

Um tutorial é um software no qual a informação é organizada conforme uma seqüência pedagógica particular. A informação é apresentada de maneira seqüencial, ou o sujeito pode escolher a informação conforme seu interesse. Em ambos os casos, a informação disponibilizada ao sujeito foi previamente organizada e definida. A interação entre o sujeito e o computador consiste na leitura da tela ou escuta da informação fornecida. O sujeito avança pelo material, teclando ENTER, ou escolhendo a informação desejada através do uso do mouse e/ou respondendo perguntas que são digitadas no teclado.

Entretanto, observando o comportamento do sujeito ao utilizar um software desse tipo, verifica-se que ele está agindo, mas, ainda, sem tomada de consciência das suas ações.

Neste levantamento bibliográfico, é importante destacar o uso das novas tecnologias digitais como ferramentas de aprendizagem de Física. Deve-se ressaltar que a informática por si só não apresenta nenhuma virtude educacional intrínseca. No entanto é necessária, a todos os níveis de aprendizagem auxiliados por meios telemáticos, a utilização de uma pedagogia ativa com duas características importantes: a interatividade e a construção coletiva do conhecimento. Isso se justifica pelo uso do termo “aprendizagem de Física”, ao invés do termo “ensino de Física”. Assim, esta pesquisa terá como base o trabalho de Freitas e Brandão (2001), os quais enfocam o uso da informática como “ferramenta de aprendizagem” e não como “máquina de ensinar”.

No uso da informática, como ferramenta de aprendizagem, segundo Freitas e Brandão (2001), podem-se citar diversas iniciativas, como: programas educativos

que abordam um determinado tema em ambiente de laboratório, apoio audiovisual à aula expositiva visual, sistemas multimídia em *CD-ROM* e na Internet para o ensino à distância, incluindo-se as salas de aula virtuais e grupos de discussões.

Como apoio a uma aula expositiva, o docente pode utilizar softwares de apresentação para explicar tópicos de determinados assuntos. Softwares como o *FreeLance* ou o *Power Point* são assim utilizados, podendo-se incorporar à apresentação alguns recursos gráficos de imagem e efeitos visuais que despertem uma maior atenção dos sujeitos.

Outros programas, como os softwares educativos relacionados com a aula, também podem ser utilizados na apresentação. Em relação à disciplina de Física, existe um conjunto considerável de softwares que fazem uso de recursos multimídia de imagem, vídeo e som. Esses softwares são utilizados para a apresentação de tópicos relevantes, como, por exemplo, um programa elaborado para demonstrar, com vídeos, exemplos de diversos tipos de movimentos. Esses softwares explicam, também, através da voz de um professor, conceitos de cinemática. A quantidade de softwares existente nesta categoria é imensa. Diferentes obras, como conceituadas enciclopédias, apresentam versões eletrônicas que incluem, além de informação convencional, imagens, vídeos e sons. Esses tipos de softwares proporcionam uma aprendizagem mais consistente, pois estimulam as diversas formas de percepção do aprendiz.

Vários softwares podem ser desenvolvidos pelo próprio professor, através de programas ditos de Autoria, como o *Authorware* ou o *ToolBook*. Segundo a ART&DESING (2002), o *Authorware* é um software de autoria que permite desenvolver aplicações de aprendizagem interativa, ricas em mídia, pois apresentam uma interface visual interativa. Ele permite, também, a montagem de textos, gráficos, animações, áudio e vídeo. Por sua vez, segundo a Principia Tecnologia da Informação Ltda (2002), o *ToolBook*, também, apresenta uma grande flexibilidade e recursos para a criação de aplicativos, bem como na distribuição em CD-ROM e na facilidade de gerar páginas em DHTML. Programas deste gênero permitem ao professor criar aplicações que deixam o aluno interagir com o texto e com recursos de imagem e sons.

O professor sem conhecimentos especiais de programação, mas com um razoável conhecimento de informática, pode desenvolver a seqüência de sua aula em um “*Story-board*”, como em uma história em quadrinhos, utilizando apenas esse tipo de ferramenta.

Existem, também, outros tipos de programas muito usados na aprendizagem de Física. São os softwares de simulação, que criam todo um ambiente de experiência de um determinado conteúdo na tela do computador. Eles permitem, em muitos casos, ao aluno interagir e conhecer uma série de aspectos práticos da experiência, a que só teriam acesso em um laboratório de experimentos reais, muitas vezes de alto custo financeiro.

Na área de elétrica e eletrônica, softwares de simulação de circuitos eletrônicos, como o *PCSpice* e o *Eletronics Workbench*, são bastante úteis para diversos experimentos de simulação em sala de aula, permitindo a criação e o projeto de circuitos, antes que eles sejam implementados na prática.

Alguns softwares podem interagir com circuitos elétricos reais acoplados a um computador, permitindo ao sujeito realizar experiências. São as ferramentas de Robótica, utilizadas, atualmente, como recursos pedagógicos. Essas ferramentas são capazes de simular e/ou reproduzir movimentos e outros fenômenos físicos.

Segundo ARS Consult (2002), através da Robótica, são desenvolvidos projetos educacionais que envolvem a utilização de uma linguagem de programação, como o Megalogo e a construção de maquetes, que “parecem ganhar vida”, em termos de iluminação ou movimento, controlados através de um computador e por um programa desenvolvido pelos próprios sujeitos.

Para a construção das maquetes, utiliza-se material de baixo custo, como lâmpadas, leds, motores, sonorizadores e sensores de luz, som, toque ou calor. Também se usa material de sucata, sem nenhum custo adicional. O trabalho com sucata possibilita que a visão do sujeito, ao olhar para um objeto considerado descartável, se transforme. Assim, o professor pode desenvolver e explorar a criatividade de cada aluno, na medida em que se tem a oportunidade de trabalhar com diferentes materiais, não ficando limitado apenas a modelos previamente fabricados.

A idéia básica é montar processos de simulação, onde os projetos são construídos, tanto a nível gráfico como concretamente, em forma de protótipo. A finalidade desses processos é alcançar vários objetivos e, conseqüentemente, a construção de novos conhecimentos.

Um exemplo concreto do uso da Robótica, como ferramenta de aprendizagem, é o Kit Super Robby². Esse material inclui uma interface, uma fonte de alimentação, o software de simulação do funcionamento dessa interface e alguns componentes eletroeletrônicos. Para fazer a simulação com este material, basta ligar os elementos eletroeletrônicos à interface do Super Robby que, por sua vez, é conectada ao micro, permitindo controlar os movimentos da maquete pelo programa desenvolvido no LogoWriter e/ou Megalogo.

Freitas e Brandão (2001) afirmam que as implementações de laboratórios de simulação e robótica são alternativas de baixo custo, em relação aos laboratórios práticos, utilizados tradicionalmente para a aprendizagem de Física.

Como recurso para auxiliar na aprendizagem de Física há, também, softwares que monitoram todo o processo de aprendizagem. Geralmente, esses softwares são chamados de Salas de Aula Tecnológicas ou Salas do Futuro. O *Classnet* é um exemplo, pois permite ao professor controlar todas as atividades de uma sala de aula ou laboratório, mostrando soluções diretamente na tela do aluno, quando ele deparar-se com algum problema e solicitar ajuda do professor. De seu micro, o professor poderá tomar conta da tela, teclado e mouse, mostrando a solução na tela desse aluno, de um grupo específico ou para toda a turma.

Outro recurso tecnológico de notável uso para a aprendizagem de Física é a Internet. Formada pela interconexão de milhares e milhares de redes e sistemas computacionais distintos, reunindo as mais diversas universidades, escolas e institutos de pesquisa no mundo, apresenta imensas possibilidades educacionais. A Internet disponibiliza diversas ferramentas que permitem o intercâmbio de informações através da rede, em especial, dos grupos de discussão, ou dos

² Disponível em: <http://www.ars.com.br/arshome/proprobo.htm>.

newsgroups e das listas de discussão, de onde são enviadas mensagens diretamente ao correio eletrônico de seus participantes.

Contudo, é a *Word Wide Web* que permite a utilização da Internet no contexto educacional, pois apresenta facilidade de uso e disponibiliza informações em modo gráfico e em hipertexto. O hipertexto se dá na forma de palavras indicadas de forma especial, as quais sendo “clikadas”, levam a outras páginas de informação e permitem que o sujeito se aprofunde ou não em determinados assuntos, conforme seu próprio desejo.

Segundo Freitas e Brandão (2001), diversas universidades e escolas de nível fundamental e médio disponibilizam material de pesquisa e tutoria, através da *Web*. Por exemplo, o Projeto EDUCAR da USP tem um ótimo material na área de Física Básica e Matemática Elementar. Outro exemplo é a página da NASA, que disponibiliza material para aprendizagem de astronomia.

A partir da Internet, do ensino à distância e da videoconferência, podem ser criados ambientes virtuais de aprendizagem, com a finalidade de serem usados tanto em aulas presenciais, semipresenciais como em aulas à distância. Esses ambientes de aprendizagem, normalmente *sites Web*, podem atender simultaneamente várias pessoas em localidades remotas.

O ambiente virtual, geralmente denominado sala de aula virtual, é onde o professor disponibiliza o conteúdo, as atividades, vídeos, sons e área de discussões sobre os temas em questão. Nesse ambiente o sujeito é, normalmente, identificado por uma senha, de modo que o professor possa acompanhar o progresso de cada aluno. Quando não existe a possibilidade de encontros presenciais, usa-se a videoconferência, um complexo tecnológico com câmeras de vídeo, equipamento multimídia, televisores, computadores, dentre outros.

Através da videoconferência os alunos podem, em tempo real, conversar e interagir com o professor e/ou palestrante, o qual está em outra sala de videoconferência. O palestrante e/ou professor disponibiliza as contribuições de uma pessoa de uma sala para todas as outras salas e pode, ainda, compartilhar documentos, focar uma imagem em alguns ambientes, entre outras possibilidades.

A grande jogada do uso da Internet para a aprendizagem à distância, é que ela apresenta dispositivos que permitem a cooperação/colaboração entre os sujeitos. Esse tipo de aprendizagem reflete uma mudança de paradigma, ou seja, o uso das novas tecnologias digital deve propor um programa de aprendizagem de baixo custo a médio e longo prazo, com a finalidade de satisfazer as demandas de formação que atingem países como o Brasil.

Os países em desenvolvimento apresentam um alto índice de semi-analfabetos e de professores leigos, surgindo daí grupos de excluídos, não somente da educação, mas também excluídos das novas tecnologias. Conseqüentemente, os brasileiros desempregados não conseguem sua reinserção no mercado de trabalho por despreparo tecnológico, ou, em outras palavras, por analfabetismo tecnológico. Portanto, precisamos investir na produção de recursos educacionais próprios do ensino à distância.

No próximo capítulo deste estudo, será introduzido o conceito de tomada de consciência e de como ocorre seu processo sob o ponto de vista da teoria piagetiana.

3 TOMADA DE CONSCIÊNCIA

Neste capítulo foram usadas como referência às obras de Piaget (1977) e Becker (1993). Cabe enfatizar que estas serviram como suporte para a coleta e análise de dados apresentados no capítulo quinze. Este estudo foi realizado pela autora, especialmente, em virtude da construção do seu ser como pesquisadora. Os conceitos a seguir apresentados foram interpretados e descritos pela autora.

Para Piaget (1977), a tomada de consciência constitui uma conduta em interação com todas as outras. Em outras palavras, pode-se dizer que ela é a passagem do inconsciente à consciência, é um processo de reconstruções. Portanto, segundo Becker (1993), não se trata apenas de uma simples iluminação que nada acrescenta ou transforma.

Neste contexto, a tomada de consciência de um esquema de ação o transforma num conceito, consistindo, assim, o processo de conceituação. Para que a tomada de consciência aconteça, é necessária a intervenção de atividades especiais, pois o processo depende destas atividades, na medida que vai se constituindo, tornando-se capaz de modificá-las.

Com a finalidade de esclarecer a tomada de consciência, apresenta-se, neste estudo, a experiência descrita em Piaget (1977, p. 13) sobre o andar de gatinhas. Essa, por sua vez, representa uma situação excelente, pois se refere a uma atividade que é descoberta, antes mesmo que o sujeito consiga andar somente com o auxílio de seus pés, e o único objeto necessário a sua prática é um piso imóvel que serve de apoio e não de instrumento. A experiência consiste, basicamente, em pedir aos

sujeitos para que andem de quatro e, logo em seguida, perguntar a eles como o fazem.

Piaget observou que os pequenos davam respostas incoerentes do tipo: ponho as duas mãos para frente, depois os dois pés, e de novo as duas mãos e de novo os dois pés. Já as crianças do segundo estágio respondiam da seguinte maneira: ponho uma mão para frente e depois um pé, em seguida a outra mão para frente e depois um pé. O que tinha lógica, mas não correspondia ao que haviam realizado. E as crianças maiores, do terceiro estágio, responderam: ponho o pé esquerdo com a mão direita e a mão esquerda com o pé direito.

Assim, segundo Piaget (1977), o caráter exclusivamente automático das ações analisadas no nível IA e IB, ou seja, sujeitos entre 4-6 anos de idade, evidenciam a ausência inicial de tomada de consciência dos movimentos próprios ao exercício de andar de gatinhas. Não há, também, nessas fases, tomada de consciência conceituada de uma ação realizada anteriormente. Contudo, de maneira oposta, influencia a conceituação na ação que sucede. Este fato indica que quando a criança anda de gatinhas, para só depois contar como fez, sua ação continua orientada por simples regulações sensório-motrizes automatizadas, que não são suficientes para gerar uma tomada de consciência adequada.

Nos níveis IIA e IIB, por volta de 7-10 anos de idade, verifica-se a diminuição de resistência das automatizações, e as tendências gerais orientam o sujeito para as retroações e as antecipações. Estas, por sua vez, são mais claras no conjunto das condutas do que nos níveis elementares. A partir deste ponto, o sujeito passa a substituir as deformações anteriores por uma significativa conceituação.

Dessa forma, o sujeito já consegue recorrer a coordenações inferenciais que lhe permitam orientar suas observações difíceis. Piaget também verificou que essas coordenações são naturalmente muito mais tardias na medida certa em que os dados observáveis tiverem sido, por sua vez, mais deformados.

Piaget (1977), baseado em seus diferentes experimentos, define tomada de consciência como uma verdadeira construção, que consiste em elaborar, não a consciência considerada como um todo, mas seus distintos níveis enquanto sistemas relativamente integrados. Ele define consciência utilizando os mesmos critérios

adotados por Freud para definir o inconsciente, considerando este um sistema dinâmico em permanente atividade.

Piaget distingue a consciência elementar de uma tomada de consciência, segundo os seguintes critérios: a consciência elementar estaria ligada a um dado imediato, proprioceptivo³, ou seja, informações externas que chegam ao cérebro e que vêm dos músculos e das articulações. Por outro lado, a tomada de consciência seria a passagem da ação à sua representação e comportaria sempre uma reconstituição dependendo da conceituação. É claro que a partir da função simbólica⁴, toda percepção vem sempre acompanhada de uma interpretação, o que não significa, de modo algum, que as duas se confundam e nem tampouco que a segunda aja necessariamente sobre a primeira.

A percepção, segundo Piaget e Inhelder (1998), constitui um caso particular das atividades sensório-motoras. Entretanto, ela depende do aspecto figurativo do conhecimento do real, à medida que a ação em seu conjunto é basicamente operativa e transforma o real.

Entende-se por interpretação o mesmo que Piaget (1977), isto é, uma forma qualquer de conceituação, ou melhor, conceituação do tipo verbal ou à base de imagem. Complementando, segundo Becker (1993), pode-se dizer também que tal conceituação extrai da ação a sua substância. Assim, ela melhora a capacidade de previsão da ação e possibilita a elaboração de um plano de ação, para o uso imediato, em razão de circunstâncias específicas.

Em resumo, a conceituação ou interpretação melhora a capacidade de coordenação da ação, de forma que o sujeito não necessite isolar sua prática de seu sistema conceitual.

³ Proprioceptiva é capacidade de receber estímulos originados no interior do próprio organismo. Termo criado pelo fisiologista inglês Sir Charles S. Sherrington (1857-1952) (FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda, 1999).

⁴ Piaget chama de função simbólica à nova função resultante, que surge da união dos significantes que possibilitam a evocação de objetos ausentes ao conjunto de significações que liga os objetos ausentes aos presentes. (Becker, 1993; p. 74).

É essa interpretação que possibilita integrar a percepção e que, na visão de Piaget, constitui sua tomada de consciência. Sem a interpretação, a percepção, embora consciente num grau elementar, permanece evanescente, pois existem várias outras percepções que são impostas ao sujeito pelo meio, mas que o sujeito não consegue registrar, e cuja consciência não permanece, não é interiorizada.

A percepção considerada inconsciente desempenha um papel importante nas condutas dos sujeitos em relação aos dados de observação não notados por ela, mas com certeza percebidos. Acredita-se que ela seja apenas uma percepção sem interpretação, com uma consciência elementar, mas não suficiente para atingir o campo da conceituação para, assim, ocasionar uma “tomada de consciência”.

3.1 AS RAZÕES FUNCIONAIS DA TOMADA DE CONSCIÊNCIA

Nesta seção será tratada a forma como ocorre a tomada de consciência. Segundo Piaget (1977), o que causa a tomada de consciência é o fato de que as regulações automáticas, as quais acontecem por correções parciais, positivas ou negativas, de meios já em ação, não são mais suficientes. Outra razão é a necessidade de procurar outras alternativas através de regulações mais ativas. Essas regulações são a origem de escolhas decididas que levam à consciência. Existe, portanto, inadaptção⁵, mas Piaget considera que o processo ativo das readaptações é de igual importância.

A existência de regulações indica que a tomada de consciência não se constitui somente em decorrência das inaptações. Piaget e seus colaboradores constataram a formação de tomadas de consciência tardias, mas, de maneira alguma, menos efetivas, sem que haja intervenção de nenhuma inaptação nas ações do sujeito. Todas as vezes que o sujeito se propõe a atingir um novo objetivo,

⁵ Segundo Piaget (1977), inaptações são as razões pelas quais um meio experimentado não obtém sucesso.

este é consciente, podendo ocorrer sucesso depois de várias tentativas ou de imediato. Entretanto, não se pode afirmar que a escolha de um novo objetivo é com certeza o indício de uma inadaptação.

O contexto das inaptações não é condição necessária para fundamentar as razões funcionais da tomada de consciência, entretanto seria conveniente não desprezá-las e, de acordo com Piaget, considerá-las como um caso particular. Considerando, em primeiro lugar, o ponto de vista da ação material, passando em seguida ao pensamento com interiorização dos atos, o princípio geral que parece resultar dos fatos analisados é que a tomada de consciência procede da periferia para o centro.

Dessa forma, tem-se que o percurso de um determinado comportamento define esses termos. Esse percurso inicia com a procura de um objetivo a ser alcançado, apresentando dois dados de observação iniciais, que são a consciência do objetivo a atingir e o conhecimento de seu fim como sucesso e fracasso, os quais são denominados periféricos, enquanto vinculados ao desencadeamento da ação e ao seu ponto de aplicação.

A periferia não é definida nem pelo objeto e nem pelo sujeito, mas pela reação instantânea e externa do sujeito frente ao objeto. Isto quer dizer que o sujeito utiliza o objeto, em conformidade com um objetivo, o que para o observador corresponde a assimilar esse objeto a um esquema anterior e registrar o resultado alcançado.

Neste contexto, pode-se dizer que estes dois termos - assimilar e registrar - são conscientes em toda a ação intencional, à medida que o fato de o esquema que determina um objetivo para a ação desencadeia imediatamente a utilização de meios relativamente adequados pode continuar inconsciente.

Assim, segundo Piaget (1977), a tomada de consciência parte da periferia, ou dos objetivos e resultados, orienta-se na direção das regiões centrais da ação no momento em que busca atingir o mecanismo interno desta, ou seja: reconhecimento dos meios utilizados, causas de sua escolha ou de sua mudança durante a experiência.

Entretanto, é preciso entender por que Piaget adota os termos periferia e centro; embora sendo o resultado da ação certamente periférico em relação ao sujeito, o fato de determinar um objetivo para essa ação, engloba mais fatores internos, apesar de condicionado em parte pela natureza do objeto.

O autor encontra duas razões para isso. Em primeiro lugar, esses fatores internos fogem rigorosamente à consciência do sujeito. Em segundo lugar, permanecendo no limite das reações deste último, o conhecimento não parte nem do sujeito, nem do objeto, mas da interação indissociável entre os dois. Partindo, então, do ponto P, o qual pode ser observado na figura 1, ponto efetivamente periférico em relação tanto ao objeto (O) quanto ao sujeito (S).

Assim, a tomada de consciência vai em direção aos mecanismos centrais C da ação do sujeito ou direção da consciência progressiva. Enquanto o progressivo conhecimento do objeto orienta-se para suas propriedades intrínsecas e, no mesmo sentido, são igualmente centrais C' e não mais superficiais como ainda relativas às ações do sujeito. Neste contexto, as iniciativas cognitivas que se dirigem para C' e para C, são sempre correlativas, constituindo a lei essencial da compreensão dos objetos como conceituação das ações.

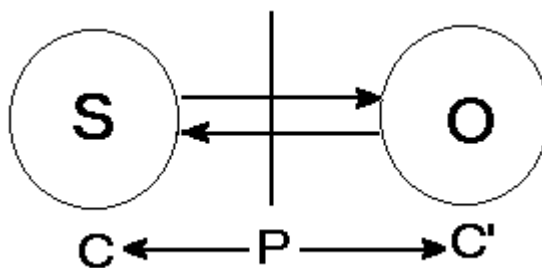


Figura 1 - Diagrama do processo de tomada de consciência.

Dar-se-á continuidade à análise das razões funcionais da tomada de consciência da ação própria, de certa forma da busca de um objetivo, quando ocorre a constatação consciente de um sucesso ou de um fracasso.

No caso de um insucesso, o sujeito procura descobrir por que ele ocorreu e este fato conduz à tomada de consciência de regiões mais centrais da ação. Assim, com base nos dados de observação referentes ao objeto, ou seja, ao resultado negativo, o sujeito tenta descobrir onde houve falha da adaptação do esquema ao

objeto. E, assim, partindo do dado de observação referente à ação, o que se pode chamar também de finalidade, o indivíduo vai concentrar sua atenção nos meios utilizados em seus ajustes ou casuais substituições.

Deste modo, através de um movimento de ida e vinda entre o objeto e a ação do sujeito, a tomada de consciência se aproxima das fases do mecanismo interno da ação e prolonga-se na direção da periferia P para o centro C.

Nesses casos, verificam-se as relações entre a inadaptação e a tomada de consciência. Pode-se, também, acrescentar que a razão dessas relações é exatamente o fato das inaptações se constituírem na periferia P da ação, o que fixa à consciência desta uma direção centrípeta, no sentido de C e, sincronicamente, ela é orientada para a compreensão do objeto em C.

Constata-se, também, que uma tomada de consciência progressiva pode ocorrer mesmo sem nenhuma inaptação, mesmo quando há sucesso na ação, sem ter ocorrido nenhum fracasso.

Partindo desta constatação, pode-se concluir que o erro ou o fracasso não é condição necessária para ocorrer aprendizagem. Em virtude disso, não devemos ter uma preocupação exagerada de evitar o insucesso, fazendo com que os alunos produzam apenas respostas certas. Piaget entende que a resposta errada é necessária para que o sujeito reflita e tome consciência da inaptação dos seus esquemas de ação e da conseqüente necessidade de construir novos esquemas e/ou reconstruir os que já existiam. Segundo Becker (1993), torna-se exagerada a preocupação “skinneriana” de evitar todo fracasso, levando o aluno a produzir somente respostas corretas.

No caso anterior, pode-se observar que o progresso da consciência não está mais vinculado às dificuldades da ação, então se percebe que esse progresso só pode resultar do processo de assimilação.

Quando o sujeito determina um objetivo para si mesmo, em função de um objeto, ele já está assimilando esse objeto a um esquema de ação. Assim, a finalidade e o resultado da ação permitem que se desencadeie a consciência, mesmo continuando generalizáveis em ações. Neste contexto, a assimilação se faz

representativa, ou seja, ocorre por evocações em extensão, e o esquema se torna conceito.

Neste contexto, toda vez que situações diferentes são comparadas umas com as outras, os problemas aparecem, e surgem questões do tipo: por que um método é mais eficiente do que o outro? Por que um objeto tem uma maior capacidade de utilização do que o outro?

Em casos como esses, o processo de assimilação, elevado à condição de instrumento de compreensão, terá paralelamente como conteúdo os objetos e as ações. Daí ocorre um movimento de vaivém contínuo entre as duas classes de dados observáveis.

Assim, não existem razões para que o mecanismo das tomadas de consciência do objeto não se amplie às tomadas de consciência da ação, considerando que a tomada de consciência depende tanto do objeto, como da ação.

Este fato não quer dizer que as inadaptações não efetuam mais nenhuma função, mas somente desempenham determinada função por um breve momento ou a título local. Já os problemas de sucesso⁶ tornam-se fundamentais com a regulação ativa no meio das tentativas. Assim, a necessidade de explicação causal não poderia ser reservada somente ao domínio dos objetos, pois estes só são conhecidos por intermédio das ações.

Em resumo, o princípio da direção da periferia (P), para os centros (C e C') não poderia ser restringido à tomada de consciência da ação material, pois, apesar de já ocorrer passagem da consciência do objetivo e do resultado à dos meios, essa interiorização da ação conduz, no patamar da ação refletida, a uma consciência dos desafios que devem ser resolvidos. Conseqüentemente, a consciência dos meios cognitivos e, não mais somente materiais, é utilizada para solucioná-los.

⁶ Segundo Piaget (1977), problemas de sucesso ou problemas positivos são as causas do sucesso, porque o êxito foi alcançado.

Esse processo pode ser observado, através das respostas das crianças, quando se pergunta como elas chegaram a solucionar um determinado desafio. Partindo desta questão, Piaget observou que as crianças pequenas, no início, apenas conseguem relatar suas sucessivas ações e reproduzi-las por meio de gestos, depois chegam a expressões do tipo “eu notei que...” “eu falei para mim mesmo então”, ou “tive então uma idéia...”, entre outras.

Esta transformação, de acordo com Becker (1993), é basicamente significativa, pois a ação que acontecia no patamar empírico encontra, daqui para frente, seu foco gradativamente deslocado para o patamar conceptual. Com o deslocamento, a ação sofrerá a mediação do abstrato, não será mais apenas ação, mas também operação, ação em pensamento.

Neste contexto, além do desenvolvimento efetivo e material, as ações podem ser cada vez mais suscetíveis de serem realizadas no plano do pensamento ou simbolicamente. Essa interiorização vem acompanhada de uma reconstrução ao nível do pensamento, que é bastante trabalhosa e grandiosa.

Em termos de aprendizagem, isso significa que o esquema, ou a generalização no patamar da ação concreta, mediante progressivas tomadas de consciência, poderá transformar-se em conceito, também no plano intelectual. Passamos então dos limites do real ao virtual ou possível e, também, do causal para o implicativo, onde as transduções se transformam gradativamente em raciocínios.

Pode-se dizer que tudo que o sujeito consegue, em virtude da experiência, passará a ser feito em função do novo nível conceptual, mas tudo será feito sem que o sujeito abandone a experiência. O que foi aprendido até o presente momento, será reaprendido em outro nível, o qual pode-se chamar de nível das ações reversíveis. Tem-se então não apenas uma tradução, mas uma reestruturação, onde essa interiorização é na realidade uma nova estruturação.

3.2 O MECANISMO DA TOMADA DE CONSCIÊNCIA

Este segundo momento reporta-se às razões funcionais da tomada de consciência, ou seja, como ela ocorre. Portanto, refere-se ao mecanismo efetivo que torna conscientes os elementos que permaneciam até aquele momento inconscientes.

Conforme Piaget (1977), o processo de tomada de consciência não se reduz de maneira alguma a uma simples iluminação, mas consiste numa conceituação, numa passagem da assimilação experimental a uma assimilação através de conceitos. Entende-se por assimilação experimental ou prática toda a assimilação do objeto a um esquema de ação.

Dentro da idéia desse mesmo autor, pode-se verificar que foram realizados vários experimentos, como o choque das bolas, plano inclinado, funda e outros, pelos quais o autor e seus colaboradores elaboraram a seguinte interpretação: quanto mais o sujeito limitar-se às reações elementares, mais ele deformará conceitualmente os dados de observação no lugar de registrá-los sem transformações.

Uma criança de quatro ou cinco anos de idade pode, sem problemas maiores, ter sucesso ao tentar atingir um alvo com uma funda, bastando soltar o projétil tangencialmente ao alvo. Contudo, caso questionada sobre como obteve sucesso, provavelmente, ela responderá que largou a funda perpendicularmente na direção do alvo. Isso acontece mesmo se a criança for convidada a recomençar o experimento e observar atentamente. O que acontece realmente, neste caso, é uma leitura de um dado de observação, uma verdadeira constatação, mas uma constatação deformada por uma inferência.

Em contrapartida, conforme Piaget (1977), tem-se que essa deformação inferencial não constitui uma característica da tomada de consciência propriamente dita. Contudo, ela resulta, a título de permanência residual, da própria inconsciência anteriormente revelada pelo sujeito e relacionada com os meios utilizados por ele para alcançar o propósito. Assim, antes que lhe perguntassem onde soltou a funda, ele sequer havia refletido sobre o assunto.

Pode-se perceber, nessa questão da funda, um problema interessante quanto às relações entre o inconsciente cognitivo e a consciência no decorrer do processo da tomada de consciência. Desta forma, observa-se que o início de uma tomada de consciência não é acompanhado por deformações tão visíveis quanto esta do experimento da funda.

Um bom exemplo disso é o que acontece no experimento do plano inclinado: quando uma moeda desliza sobre um plano inclinado, os sujeitos de 4 a 5 anos de idade (nível denominado por Piaget como nível IA) não conseguem perceber que eles imprimem a cada vez um movimento de descida da moeda. Isso acontece mesmo se a moeda segue uma trajetória oblíqua ou angulada.

Entretanto, quando em seguida percebem a característica geral dessa condição, rapidamente observada no patamar da ação material, acontece a tomada de consciência ulterior, sem deformações. Isso ocorre porque, para o sujeito, nada parece contraditório na representação mental de uma descida desse tipo.

Na realidade, é um tanto difícil de garantir-lhe a representação mental por intermédio de uma composição das inclinações longitudinais e laterais do plano inclinado feito de papelão. Essa dificuldade elucida por que a descida no começo só é percebida, desde o nível IA, em linha longitudinal. Entretanto, esse caso não se refere a uma ausência de deformação, mas, sim, a um atraso da conceituação em relação à ação.

Pensando no caso da funda, observa-se o inverso, pois, embora encontremos uma dificuldade semelhante, fazer o movimento inicial de rotação da funda com seu arremesso na direção do alvo, é atingir a representação de uma trajetória tangencial ou oblíqua. Soma-se a ela a idéia de que não é usual querer arremessar um objeto qualquer sólido na direção de um alvo sem soltá-lo em frente a ele. Assim, o sujeito percebe que a trajetória percorrida pela funda deve ser perpendicular ao alvo e não oblíqua.

Partindo desses fatos, pode-se extrair, segundo Piaget (1977), algumas conclusões de como ocorre a tomada de consciência.

A tomada de consciência supõe, desde a fase inicial, uma conceituação, pois implica nas coordenações de ações. As coordenações acontecem entre a rotação e o arremesso da funda, e entre as inclinações laterais e longitudinais na descida da moeda no plano inclinado.

A tomada de consciência não pode ser reduzida a uma simples iluminação, pois as coordenações das ações não teriam necessidade de novas construções. Isso acontece porque elas já se realizam no plano da ação material, em oposição ao conceber.

Nesse caso, comparando a consciência a um espelho, seria necessário apenas refletir objetivamente os movimentos da ação própria, que são inconscientes até então, para conseguir uma representação mental das coordenações das ações já realizadas.

Durante o processo de tomada de consciência, o sujeito visualiza suas ações e, através da sua consciência, assimila-as de uma forma relativamente correta, como se fossem ligações materiais quaisquer localizadas nos objetos. A partir daí, surge a necessidade de uma nova construção conceitual para explicar essas ações realizadas pelo sujeito. Na realidade, nada mais é do que uma reconstrução, a qual apresenta as mesmas dificuldades de uma nova construção e os mesmos riscos de esquecimentos e deformações que existiriam se o sujeito tivesse que explicar a si mesmo um novo esquema de ações exterior.

A nova construção conceitual será simples se não entrar em conflito com esquemas anteriormente construídos. Dessa forma, a tomada de consciência cria uma única realidade com essa composição progressiva. Observa-se esse processo no caso da descida de uma moeda por sobre o plano inclinado de papelão, pois essa construção é simples enquanto consiste em coordenações espaciais entre as duas direções das trajetórias correspondentes ao longo do plano retangular e de lado.

Contudo, a nova construção pode entrar em conflito com um esquema de ação anteriormente construído. Nesse caso, o sujeito deverá corrigir o esquema de ação utilizado, superando o esquema anterior e admitindo um novo esquema alternativo que soluciona o problema. No caso da funda, soma-se ao problema da composição espacial, que é necessária à compreensão da partida tangencial da funda, um

conflito entre essa construção e o esquema anteriormente construído que conduz o sujeito a pensar que, para lançar a funda em direção ao alvo, é necessário mirar e situar-se em frente a ele. Para compreender o movimento oblíquo da funda em relação ao alvo, com lançamento tangencial ao círculo descrito inicialmente pelo sujeito, em primeiro lugar, é preciso adequar o esquema anteriormente construído e aceitar o fato de que, embora o lançamento perpendicular ao alvo favoreça o sucesso, existem outras alternativas viáveis, e é possível, também, uma trajetória oblíqua.

As crianças de 4 a 5 anos de idade, portanto do nível IA, antes de corrigir esse esquema anterior consciente, recusam-se a aceitar ou a perceber o dado observado. Logo após, elas buscam uma solução mais cômoda, ou seja: deformar os dados observados de maneira semelhante ao fenômeno do recalque, sob o ponto de vista afetivo. Ocorre recalque do ponto de vista afetivo, quando uma aspiração inconsciente entra em oposição com um sistema consciente. Por exemplo, o sujeito prefere deformar os dados observados e continuar acreditando ter soltado a funda em frente ao alvo, recalcando, assim, mesmo que por pouco espaço de tempo, a causa do conflito.

O fenômeno do recalque é encontrado também na interpretação de dados de observações físicas, não dependentes da ação do sujeito. Assim, tendo o sujeito antecipado um fato de maneira incorreta, oposto a uma idéia que tinha anteriormente, o sujeito rebate da mesma forma o dado de observação imprevisto. Desta forma, ele acredita poder constatar os fatos da mesma maneira como foram antecipados anteriormente por ele. Na verdade, convém deter-se ao fato de que o dado de observação criticado pelo sujeito, não se trata de um fato físico exterior a ele, mas faz parte de sua ação, sendo do seu conhecimento. Porém, isso se dá somente em ações inconscientes e não em sua conceituação consciente. Neste contexto, pode-se verificar que a semelhança com os dados físicos não registrados é ainda mais perceptível, como se o processo de tomada de consciência acontecesse de forma parecida a um conhecimento qualquer.

Segundo Sá (1990), a percepção é o conhecimento obtido dos objetos, ou de seus movimentos, pela interação direta e atual, à medida que a inteligência é um

conhecimento subsistente quando intervém nos desvios e aumentam as distâncias espaço - temporais entre o sujeito e os objetos.

Conforme o mesmo autor, no domínio cognitivo designamos as etapas sucessivas do desenvolvimento de estágios. Cada estágio apresenta uma estrutura de conjunto que está integrada com as estruturas anteriormente construídas, num processo integrado de acabamento contínuo e preparação de novas possibilidades. Em relação à percepção esse processo não será observado, pois os efeitos primários evoluem quantitativamente de modo tão contínuo que qualquer divisão em níveis será artificial.

No domínio das percepções, o indivíduo não consegue separar os erros sistemáticos de suas percepções aproximadamente exatas. Assim, a percepção introduz deformações nos objetos da experiência sensível. Na perspectiva de Sá (1990), todo conhecimento perceptivo é, inicialmente, deformante em razão das centrações de naturezas distintas. Isso quer dizer que não ocorre estabelecimento de relações espaciais de comparação com a vizinhança do objeto considerando-se o objeto isolado do ambiente no qual está inserido. Nesse enfoque, somente as descentrações conduzem à objetividade.

Ainda na visão do mesmo autor, tem-se que as reações perceptivas apresentam distintas curvas de evolução com a idade, considerando diferentes estímulos apresentados, e podem ser enumerados como: ilusões ótico-geométricas, superestimação das dimensões de objetos centrados pela visão, exploração polarizada pelo movimento próprio dos olhos que possibilitam as relações espaciais entre objetos próximos, exploração e exercício perceptivo, sistemas perceptivos de referência, atividade de esquematização, atividade antecipadora e pré-inferência ligada à esquematização. O autor demonstrou, em sua pesquisa, que a percepção realiza transformações sobre os objetos semelhantes às descritas no espaço não - métrico, o espaço topológico. Essas transformações somente consideram as relações de vizinhança e de fronteira.

Na questão da tomada de consciência, segundo Piaget (1977) a contradição que causa o recalque não deve ser localizada na ação inconsciente. Ela atinge sucesso na coordenação motora sem problema, ou seja, sem preocupar-se em

arremessar a funda em frente ao alvo, com exceção em tentativas iniciais, ligeiramente ultrapassadas por regulações automáticas. Esta contradição não está localizada na consciência do sujeito, pois este não toma consciência do lançamento tangencial. Neste caso, é como se o sujeito levantasse uma hipótese, em certo momento, para rejeitá-la logo a seguir, em virtude de seu conflito com a idéia prévia do lançamento em frente ao alvo. Podemos verificar aqui que as concepções espontâneas do sujeito interferem no processo da tomada de consciência. Assim, considerando a fala do sujeito, notamos claramente que ele não percebe a contradição. Neste contexto, não encontramos outra solução senão situá-la no próprio processo da conceituação que distingue a tomada de consciência. Mas, surge o problema de se determinar qual é o nível de consciência que evidencia esse processo como tal, por contraposição à ação inicial inconsciente e à consciência final que o sujeito retirou de sua ação.

Com mais exatidão, o problema geral consiste em saber se somos induzidos a aceitar os diferentes níveis de consciência. Identificam-se três situações capazes de confirmar essa hipótese. Primeiramente, devemos considerar que, entre a ação de sucesso precoce e as tentativas iniciais erradas da tomada de consciência, existem intermediários. Estes se apresentam na forma de compromissos, por oportunidade das contradições observadas por Piaget (1977) nos conflitos existentes, no decorrer dos processos de aprendizagem. Neste caso, o sujeito diz ter lançado a funda nem em frente ao alvo e nem de forma tangencial, mas entre as duas maneiras, mostrando assim haver uma consciência não completa da ação. Em segundo lugar, é suspeito que uma ação que apresenta êxito, após regulações automáticas, seja de natureza completamente não consciente, mesmo no caso de êxito precoce. Finalmente, consideramos a conceituação, categoricamente, como um processo, pois não sendo instantânea e existindo processo, devem existir variações nos graus de consciência.

Os graus de consciência podem ser interpretados de uma única maneira: eles estão sujeitos a distintos graus de integração. Pode-se citar, como exemplo, o que se nomeia por subcepção e se explica como uma percepção inconsciente e que poderia assim estar junto de uma determinada consciência, no momento em que ela se origina, entretanto permanecendo momentânea porque não seria integrada nos próximos estados. Considerando as ações com sucesso precoce, mas com tomada

de consciência bem mais tardia, não seria fácil acreditar que o sujeito se limitasse a um conhecimento privativo dos objetivos e resultados, sem consciência alguma dos meios utilizados e nem de sua regulação. Contudo, como essa conquista e os ajustes sucessivos dos meios aconteceram progressivamente, os estados momentâneos de consciência breve que conseguiram caracterizá-las, não teriam originado nenhuma integração conceitual ou representativa e o sistema obtido continuaria sensorio-motor. Da mesma maneira, acontece nos casos de “compromisso” apontados por Piaget (1977), anteriormente já comentados, e que reportam muito mais a graus de integração do que a passagens bruscas do estado de não consciência a consciência.

Resumindo: o mecanismo de tomada de consciência pode ser definido como um processo de conceituação que reconstrói e depois supera no patamar da semiotização e da representação mental, o que era obtido no patamar dos esquemas de ação. Não existe, assim, nenhuma diferença de natureza, entre a tomada de consciência da sua própria ação e os conhecimentos das séries exteriores ao sujeito, admitindo os dois uma elaboração gradativa de idéias com base em um dado observado, caso este consista em critérios materiais da ação realizada pelo sujeito, caso em critérios materiais das ações que são constituídas entre os objetos.

3.3 DADOS DE OBSERVAÇÃO E COORDENAÇÕES INFERENCIAIS

Segundo Piaget (1977), o mecanismo da tomada de consciência é análogo ao do conhecimento dos objetos. Ele parte da periferia e segue para as zonas centrais da ação. Assim, o conhecimento do real só pode originar-se do fenômeno, ou melhor, do exterior aparente que ele exhibe ao sujeito, com o objetivo de seguir na direção da natureza intrínseca dos objetos e de suas conexões causais, ambas indo, além dos observáveis, em direção às zonas centrais C' , que correspondem a regiões centrais C da ação do sujeito.

Não convém desconsiderar que o conhecimento parte da periferia P da ação, que pode ser definida como periferia fenomenal dos objetos, e se dirige ao mesmo tempo para as regiões C da ação e C' dos objetos. Constata-se, assim, na própria dinâmica do trabalho de pesquisa realizado por Piaget e seus colaboradores, constantes permutas entre os progressos na direção $P \rightarrow C$ e os de direção $P \rightarrow C'$.

Existe, primeiramente, um processo funcional considerando o enfoque da equibração, dos desequilíbrios e das reequibrações que caracterizam de um modo geral o vaivém dos conhecimentos. Por outro lado, Piaget considera a existência de uma sinergia funcional, ou seja, um conjunto de energias atuando na mesma direção. E, também, da presença de uma espécie de solidariedade epistêmica entre o processo de interiorização, que conduz à tomada de consciência das ações, à conceituação das operações lógico-matemáticas e ao processo de exteriorização, que, de forma recíproca, conduz ao mesmo tempo ao conhecimento experimental e às aplicações causais.

Em relação ao processo funcional da tomada de consciência, os fatos descritos por Piaget (1977) comportam, entre outros, os seguintes ensinamentos: em cada um dos níveis do processo de tomada de consciência, dos casos analisados, encontra-se um intercâmbio entre o que fornecem os dados de observação referentes à ação própria do sujeito e ao objeto e, logo após, entre as coordenações relativas a uns e a outros.

É necessário lembrar da bipolaridade dos dois únicos elementos conscientes no começo do processo, ou seja, o objetivo almejado através da ação e o resultado atingido. Mas, sabe-se que os dois dependem ao mesmo tempo do esquema de assimilação ao qual é incorporado o objeto e das características deste objeto.

Entretanto, os meios utilizados continuam no primeiro momento despercebidos, especialmente se são desencadeados automaticamente através do esquema que prescreve o objetivo. Tem-se que a tomada de consciência acontece a partir dos observáveis referentes ao objeto, ou melhor, da análise dos resultados obtidos.

De maneira recíproca, será a análise dos observáveis referentes à ação que irá apontar as informações necessárias sobre o objeto e, passo a passo, a explicação causal de sua conduta.

Em relação a essas observações, não convém esquecer dois processos gerais: primeiramente, uma ação recíproca, mas alternada, com duração relativamente longa entre as diferentes fases do intercâmbio, dos observáveis do objeto sobre os da ação. Em segundo lugar, de maneira contrária, constata-se que, desde que são

instituídas relações entre eles, surgem coordenações inferenciais que vão além dos observáveis. Isso torna possível ao sujeito compreender causalmente os efeitos observados, mesmo levando a uma análise posterior mais precisa dos dados de observação, o que transforma o movimento posterior de vaivém.

Esse processo dialético referente aos observáveis admite um movimento relativamente veloz de acordo com as situações que se apresentam. No exemplo da bolinha de pingue-pongue⁷, Piaget (1977) constatou o fato de o sujeito não perceber que comprime com os dedos a parte posterior da bola e o fato de às vezes nem sequer observar que posiciona os dedos em cima da bola e não na parte de baixo.

Portanto, com os sucessos e semi-sucessos progressivos das crianças de 5 a 6 anos de idade (nível IB), em função do resultado em relação ao objeto, o sujeito se dá conta de que está apoiando os dedos na parte posterior da bolinha. Já nas crianças de 6 a 10 anos (nível II A), que está imprimindo com a mão um movimento de recuo.

Contudo, esse progresso da tomada de consciência da ação, devido à constatação dos efeitos sobre o objeto, não produz de imediato um progresso correlativo no registro dos dados de observação referentes ao objeto, continuando-se a pensar que a bolinha gira no sentido da translação tanto na ida como na volta.

Essa troca entre as constatações sobre o objeto e sobre a ação alcança a compreensão apenas entre crianças de 6 a 10 anos de idade (nível IIB), após várias tentativas em relação à leitura desses observáveis referentes ao objeto.

Isto acontece, também, entre crianças de 11 a 12 anos de idade (nível III), porém já de forma imediata, pois o fato de comprimir a parte detrás da bolinha com um movimento de regresso causa, desde o começo, uma rotação sem sentido inverso, que justifica o regresso.

⁷ Segundo Piaget (1977, p. 39), o experimento do movimento de volta de uma bola de pingue-pongue consiste em pedir para a criança arremessar para frente uma bola de pingue-pongue e fazê-la voltar sem tocá-la novamente e sem que ela bata contra uma parede. Após esta ação, pede-se ao sujeito que descreva com precisão o que fez.

Piaget (1977) se refere, também, a dois tipos de assimetrias solidárias que acompanham as constantes troca de informações entre a tomada de consciência da ação e o conhecimento de seu objeto. A primeira está relacionada ao fato de que, embora as duas forneçam dados de observação passíveis de esclarecer a outra e que se transmitem, assim, no sentido objeto → ação tanto quanto no sentido oposto, a essa condição somam-se coordenações inferenciais que unem esses dados de observação e só podem atuar no sentido ação → objeto.

Entende-se por dados de observação tudo aquilo que é plausível de ser registrado por uma simples comprovação empírica, ou seja, um acontecimento único, uma relação que pode se repetir, uma variação mútua regular e/ou momentânea, dando liberdade para que se reporte a uma dependência funcional ou a um princípio.

De uma maneira geral, pode-se considerar que uma função regular entre dois dados de observação ainda são dados de observação. Exemplifica-se este fato com o experimento da bolinha de pingue-pongue. Neste experimento, quando a bola de pingue-pongue parte em rotação contrária, ela retorna ao seu local de partida, depois de atingir o fim de seu deslocamento para a frente.

Para compensar, reserva-se o termo coordenações inferenciais para ligações não constatadas, porém deduzidas por composição operatória, o que significa que não são simplesmente deduzidas por simples generalização à base de extensibilidade e que vão além dos observáveis, em particular quando introduzem relações de necessidade. Por exemplo, coordenações fundamentadas na transitividade ou na conservação dos movimentos e de sua direção.

Desta forma, parece claro que os dados de observação de qualquer grau podem ser fornecidos tanto pelos objetos quanto pelas ações. Isso acontece porque uma coordenação inferencial, mesmo aplicada aos objetos, só pode ter por fonte a lógica do sujeito, a que ele extrai próxima ou remotamente das coordenações gerais de suas próprias ações.

Conforme Piaget (1977), a segunda assimetria está relacionada ao tipo de abstração empregada. Assim, ela pode ser empírica e surgir a partir dos dados observados diretamente dos objetos e de suas características materiais, e

reflexionante, quando as inferências são retiradas das próprias coordenações das ações.

O termo abstração reflexionante é utilizado porque se trata de um processo contínuo e dinâmico. Em relação à abstração reflexionante, pode-se diferenciar dois níveis: o primeiro patamar é chamado de abstração pseudo-empírica e pode permanecer inconsciente, portanto ignorada pelo sujeito, principalmente quando se encontra na base de coordenações inferenciais, conscientes, como o raciocínio, mas o sujeito não tem consciência de onde surgiu sua necessidade intrínseca. O segundo patamar se refere à abstração refletida, que se caracteriza por uma tomada de consciência, onde o sujeito compara duas iniciativas que tomou e procura estabelecer relações entre elas, verificando o que elas têm em comum.

Considerando que as assimetrias condicionam com uma maior proximidade a solidariedade epistêmica dos movimentos de interiorização e exteriorização, faz-se necessário discutir esse assunto no momento em que já tiverem sido analisadas as questões referentes à evolução das ações próprias.

3.4 A EVOLUÇÃO DAS AÇÕES E OS TRÊS NÍVEIS DO CONHECIMENTO

Na visão de Piaget (1977), paralelamente à análise do processo de tomada de consciência como tal, faz-se necessário mostrar que a ação em si mesma constitui um saber autônomo e de eficácia considerável. O autor justifica esse fato, pois, embora se refira apenas a um saber fazer e não a um conhecimento consciente no sentido de uma compreensão seguida de conceituação, ele constitui, também, a base desta última. Assim, considera que a tomada de consciência se encontra em quase todos os pontos em defasagem e, freqüentemente, de maneira muito delicada, em relação a esse saber fazer inicial ou *savoir faire*, o qual apresenta uma eficiência significativa, enquanto não ocorre a tomada de consciência.

Neste contexto, o problema consiste em entender como a ação se desenvolve através de suas relações com a conceituação que distingue a tomada de consciência.

Considerando que a tomada de consciência procede da periferia para o centro, conforme ilustra a figura 1, o desenvolvimento da ação corresponde a uma seqüência de modificações do próprio centro e, assim, o autor justifica duas possíveis soluções. Uma, é que o desenvolvimento da ação acontece por meio de construções e coordenações consecutivas e em sentido unilateral, seguindo as leis de diferenciações e de integrações, embora não exista referência a regiões centrais ou periféricas. Segundo o autor, essas últimas considerações se referem apenas às tomadas de consciência e às conceituações que se sucedem às ações em outro patamar.

Entretanto, existe uma outra possibilidade, ao mesmo tempo mais interessante e mais adequada, a respeito dos encaixes sucessivos e reconstruções por patamares característicos da maioria dos crescimentos orgânicos. É que, já no plano da ação, as construções e coordenações se sucederiam de acordo com uma ordem ao mesmo tempo progressiva e regressiva ou retrospectiva, sendo este segundo aspecto semelhante às iniciativas que conduzem da periferia para o centro, no patamar superior que é o das coordenações.

Dessa forma, conforme Piaget (1977), pode-se constatar que, no plano da ação, as primeiras reações acontecem devido a esquemas isolados de assimilação já existentes, a partir de um esforço para conectá-los a seu objeto, porém não ultrapassando as acomodações momentâneas.

De maneira oposta, o progresso na construção do conhecimento consiste em coordenações que se instauram primeiramente por assimilações recíprocas dos esquemas empregados e se dirigem, posteriormente, na direção de formas cada vez mais comuns e autônomas de seu conteúdo, caracterizando, assim, as estruturas operatórias de conjunto com seus princípios de composição, como, por exemplo, a transitividade.

Encontra-se novamente, neste ponto, um processo que se dirige da periferia para o centro, mesmo parecendo um processo muito distinto daquele que anteriormente se descreveu sobre a conceituação característica da tomada de consciência. Existe um elemento notoriamente comum que é o ponto inicial

periférico, onde a atividade do sujeito, sob sua forma acomodadora ou mais exterior, envolve-se com a superfície do objeto.

Outro elemento comum é o fato de essa atividade dirigir-se para os mecanismos coordenadores; entretanto, em se tratando da natureza destes, podem surgir algumas divergências. Assim, no caso da conceituação, esses mecanismos, pelo menos em parte, aparecem antecipadamente em plena ação, e a atividade de tomada de consciência parece limitar-se apenas a apossar-se deles. Já no caso da própria ação, de forma contrária, parece que as coordenações se elaboram, passo a passo, através de construções completamente novas e formadoras.

Segundo Piaget (1977), sobre esse ponto existe um duplo engano. Em relação ao processo de conceituação, não se trata de uma simples leitura, mas sim de uma reconstrução que acrescenta novas características do tipo de ligações lógicas, instituindo conexão entre a compreensão e as extensões.

Em relação ao plano da ação propriamente dito, as coordenações por elas construídas estão longe de ser inteiramente novas, mas são retiradas por abstração reflexionante de mecanismos anteriores. Isso acontece de tal forma que a própria ação, em relação a seu substrato neurológico, constitui um tipo de tomada de posse progressiva, com reconstrução e enriquecimento, semelhante ao que é a conceituação em relação à ação. Essa tomada de posse progressiva não pode ser considerada uma tomada de consciência, pois ela não é consciente.

Utilizando ainda a mesma referência, não é exagero falar que desde o nível da ação propriamente dita há uma passagem progressiva da periferia para o centro. Assim, torna-se claro que a periferia deve ser situada no patamar inicial de interação da ação e dos objetos, à medida que as zonas centrais devem ser localizadas nas bases orgânicas do comportamento e das próprias estruturas operatórias.

Tanto na ação como no processo de sua conceituação, o mecanismo formador é simultaneamente retrospectivo, porque retira seus elementos de estruturas construídas anteriormente. Ele é, também, construtivo, ao passo que conduz a uma nova síntese, ou seja, à formação de uma série de novos interesses que não mais se reduzem aos interesses iniciais.

Conforme Piaget (1996, p. 399), a organização viva é essencialmente auto-regulação. Ela consiste, segundo Piaget (ibid., p. 102), na construção de estruturas operatórias, a partir da coordenação geral das ações, e essa construção acontece devido a uma série de abstrações reflexivas ou diferenciações e de reorganizações ou integrações.

O processo de organização é norteado por uma auto-regulação ou equilíbrio progressiva, que presume nitidamente a interação contínua entre o sujeito e os objetos, isto é, o duplo movimento de assimilação às estruturas e de acomodação destas ao real.

O desenvolvimento das funções cognoscitivas, conforme Piaget (1996, p. 399), aparece como a constituição de órgãos especializados de regulação das trocas com o exterior. Essas trocas são inicialmente fisiológicas e dizem respeito à matéria e às energias e, posteriormente, são puramente funcionais, ou seja, interessam principalmente ao funcionamento das ações ou do comportamento.

Resumindo: esses mecanismos são semelhantes sob certos aspectos e se repetem, contudo com enormes defasagens cronológicas, em até três patamares consecutivos, precisamente hierarquizados.

O primeiro patamar corresponde ao da ação material sem conceituação, mas que já apresenta esquemas de assimilação que constituem um conhecimento bem elaborado. Esse patamar, onde as construções conduzem às estruturas operatórias essenciais em termos de coordenação de ações, porém que ainda não foram interiorizadas pela consciência do sujeito, pode representar ao psicólogo um tipo de início absoluto. Contudo, isso não vai além de uma ilusão, pois ele está unido por todos os intermediários às fontes orgânicas de que tira suas formas materiais.

O segundo patamar diz respeito à conceituação, que extrai seus elementos de ação em virtude de suas tomadas de consciência, porém a esses esquemas se somam as novas construções, o conceito em relação ao esquema.

O terceiro patamar surge juntamente com as operações formais, por volta dos 11 a 12 anos de idade e corresponde ao nível das abstrações refletidas. Assim, segundo Becker (1993, p. 120), o pensamento liberta-se das contingências do real e

passa a operar no plano dos possíveis, ou seja, o real passa a ser uma entre várias possibilidades. A abstração refletida consiste em uma abstração reflexionante que passa por uma tomada de consciência, como já foi definido anteriormente.

Pode-se concluir, assim, analisando o mecanismo formador das abstrações refletidas, que esse processo consiste em operações na segunda potência, todavia em operações novas realizadas sobre as estruturas anteriormente construídas. Este fato significa que estamos nos referindo a abstrações a partir do patamar precedente, contudo formadas e engrandecidas de acordo com combinações não realizadas até aquele período.

Neste contexto, deve-se acrescentar que, embora em cada um desses três patamares se elabore gradativamente uma série de coordenações por assimilação recíproca dos esquemas de ação, existem outras. Assim, além dessas assimilações que Piaget denomina transversais, existem as assimilações recíprocas longitudinais com ação de volta no patamar precedente do que é construído no seguinte.

Dessa forma, a conceituação do nível II retira seus elementos das ações realizadas no nível I. Entretanto, num certo patamar, ele atua retroativamente sobre as ações, conduzindo-as em parte e determinando-lhes planos de conjunto e, também, a idéia de formas novas que a ação vai encaixar segundo suas próprias regulações. Assim, de forma mais racional, o mesmo processo acontece em relação aos efeitos retroativos das aquisições do nível III sobre as construções dos níveis II e I.

Entretanto, as questões de identificar quando começam essas assimilações recíprocas influenciadas pelas estruturas superiores sobre as inferiores e, também, em que condições, só conseguem ser analisadas nos casos em que a ação é acompanhada de sucessos precoces totais, mas nas quais suas coordenações de ações se constroem por fases e em níveis iguais de idade que as conceituações.

Conforme o que foi discutido, torna-se claro que essas ações de regresso só são possíveis quando se trata de ações já aprimoradas e do mesmo espaço de tempo das conceituações que podem atuar sobre elas.

3.5 OS PROCESSOS DE INTERIORIZAÇÃO E DE EXTERIORIZAÇÃO

Nesta abordagem serão definidos, utilizando como referência Piaget (1977), os termos interiorização e exteriorização. Para tanto, adotaremos a significação epistêmica dos processos dependentes, mesmo que de sentidos opostos, que orientam a tomada de consciência da periferia P para zonas centrais da ação C e dos objetos C', que Piaget denomina processos de interiorização, quando a tomada de consciência dirige-se da periferia (P) para as zonas centrais da ação (C); e de exteriorização, quando a tomada de consciência dirige-se da periferia (P) para os objetos (C').

Piaget afirma que um desses processos conduz à construção das estruturas lógico-matemáticas, enquanto o outro à organização das explicações físicas ou o que entendemos por causalidade. Ele considera, também, que a relação entre esses dois processos é diretamente proporcional, pois o progresso de um deles torna possível o progresso do outro. Na verdade, pode-se dizer que existe, neste ponto, mais uma série de reciprocidade do que uma simetria precisa, devido aos fatores de assimetria que formam as dualidades diferenciais dos conhecimentos verdadeiros e das inferências e, também, das formas de abstração empírica e reflexionante.

Considerando o nível da ação material, o processo de interiorização se dirige dos limites entre o sujeito e os objetos a assimilações recíprocas de esquema e a coordenações cada vez mais próximas do centro (C), na medida que são vizinhas das coordenações comuns de base orgânica.

Para Piaget, estas conduzem à construção de uma espécie de lógica dos esquemas, que surge antes da linguagem e do pensamento e que já contém em si, de forma atuante, os grandes tipos de conexão que são as relações de ordem, as correspondências, as intersecções, os encaixes de esquema, uma certa transitividade, a associatividade dos monóides, etc., enfim, os principais componentes das futuras estruturas operatórias.

Prosseguindo, em relação ao processo de exteriorização, Piaget descreve que ele é assinalado, desde os níveis sensório-motores, por acomodações de grau

superior dos esquemas de assimilação aos objetos, finalizando com a construção das condutas instrumentais, ou melhor, com o uso de um instrumento, de estruturas físicas espaço-temporais e de uma causalidade objetivada e espacializada.

Dessa forma, os progressos, tanto no sentido da periferia em direção ao centro da ação (C), como da periferia em direção aos objetos (C'), são dependentes, de acordo com as duas significações a seguir. Em primeiro lugar, o poder acomodador dos esquemas não é indefinido e pode-se falar, em relação a cada um deles, numa norma de acomodação. Essa norma de acomodação apresenta uma certa dependência das coordenações entre esquemas de ação. Portanto, quanto mais um esquema contém relações com outros, mais maleável ele se torna em suas aplicações aos objetos. Contudo, de maneira inversa, quanto mais ele multiplica suas acomodações, mais essas modificações proporcionam as assimilações recíprocas.

Em segundo lugar, as estruturas espaço-temporais de grupo, a permanência do objeto, a espacialização da causalidade, entre outras, são o produto das coordenações da lógica dos esquemas. Entretanto, nessas situações concedidas aos objetos, de maneira idêntica aos problemas de cinemática e de dinâmica impostas aos sujeitos pela experiência dos objetos, surgem desafios produtivos na construção dessa lógica das ações.

No que se refere ao nível da conceituação, Piaget afirma que o movimento de interiorização é indicado por um processo geral de tomada de consciência da ação do sujeito. Desta forma, então, pela interiorização das ações materiais através de representações semiotizadas, como a linguagem, imagens mentais e outras. Porém, desde a fase inicial e, na medida em que acontecem os progressos da própria ação, essa tomada de consciência assume posições opostas em consequência dos dois tipos possíveis de abstrações, as quais Piaget denomina abstração empírica e abstração reflexionante.

Neste contexto, a abstração empírica produz uma conceituação de determinada maneira descritiva dos observáveis verificados nas características materiais da ação. Isso acontece à medida que a abstração reflexionante retira das coordenações da ação o indispensável para construir as coordenações inferenciais

que, no nível da conceituação, consentem ligar e interpretar tais dados de observação, através de trocas permanentes com os objetos.

Dessa forma, a conceituação passa a ser operatória, entretanto não podemos deixar de considerar a seguinte restrição: mesmo que tenha condições de engendrar raciocínios e estruturações, como seriações, número, classificações e outros, de forma operatória, as estruturas implícitas que permitem essas aplicações continuam inconscientes, tal qual o próprio mecanismo de abstração reflexionante.

Em relação ao movimento de exteriorização, Piaget afirma que ele gera dois processos distintos. Em uma destas perspectivas, a abstração empírica, a partir dos objetos, proporciona a representação de seus dados de observação, começando por eventos ou acontecimentos únicos e até as funções, relações que são sujeitas de repetição e legalidade em geral.

Sob uma outra perspectiva, a abstração reflexionante que, quando direcionada a C, é responsável pelas estruturações de formas operatórias, admite, conseqüentemente, uma interpretação dedutiva dos eventos na direção dos objetos (C'), onde ocorre a formação das explicações causais por atribuição das operações aos próprios objetos, elevados, desta forma, à categoria de operadores eficazes. Deve-se salientar que essas atribuições continuam inconscientes, na perspectiva do próprio sujeito, da mesma forma como o são as estruturas operatórias como tais em suas inferências lógico-matemáticas.

Por fim, no nível das abstrações refletidas (de 11 a 12 anos), como resultado das abstrações reflexionantes que passaram por uma tomada de consciência, a situação sofre transformações significativas, pois a tomada de consciência passa a ser também uma reflexão do pensamento sobre si mesmo.

No âmbito lógico-matemático, ou seja, em relação ao processo de interiorização, isso quer dizer que o sujeito constrói estruturas que lhe permitem teorizar. Colocado de outra forma, o sujeito consegue, nesta fase, levantar hipóteses e não mais somente operar no patamar de raciocínios concretos, apesar de estruturados logicamente, e isso pode ser explicado através de sua nova capacidade de elaborar operações sobre operações.

Sob o âmbito da exteriorização, o sujeito se torna capaz de modificar os critérios em seus experimentos e considerar os diferentes modelos possíveis para a explicação de um fenômeno, podendo subjugá-los ao controle dos acontecimentos. Desse modo, a dependência dos dois processos de interiorização ou lógico-matemático e de exteriorização ou físico e causal estreita-se ainda mais do que nos patamares anteriores, devido aos progressos da abstração. Em consequência deste paradoxo comum, segundo o qual a adaptação aos dados concretos da experimentação está diretamente relacionada ao caráter abstrato dos quadros relativos ao pensamento que favorecem sua análise e também sua compreensão.

Concluindo, pode-se dizer que, segundo Piaget, a tomada de consciência se insere na perspectiva geral da relação circular entre o sujeito e o objeto, sendo que o sujeito só aprende a conhecer a si próprio através da ação sobre os objetos, ao passo que os objetos só se tornam cognoscíveis em consequência do progresso das ações exercidas sobre eles.

Apresentam-se a seguir, os conceitos da abstração reflexionante, com a finalidade de compreender melhor como ocorre a tomada de consciência dos conceitos físicos e, também, de dar suporte à coleta e análise de dados.

4 ABSTRAÇÃO REFLEXIONANTE

Neste capítulo foram usados como referência as obras de Piaget (1995), Piaget (1996) e Becker (2001). Cabe enfatizar que, juntamente com os conceitos da tomada de consciência, os conceitos da abstração reflexionante serviram como suporte para a coleta e análise de dados apresentados no capítulo quinze. Salienta-se, ainda, que grande parte desta fundamentação teórica foi realizada mais para a construção pessoal como pesquisadora. Os conceitos apresentados foram interpretados pela autora e descritos a seguir.

Este estudo diz respeito ao conjunto dos problemas da abstração e às relações entre a abstração empírica e a abstração reflexionante descritos por Piaget (1995). Neste contexto, denomina-se por abstração empírica aquela abstração que tem como base os objetos físicos ou os aspectos materiais da própria ação como, por exemplo, os diferentes movimentos.

Piaget considera que, mesmo em suas formas mais elementares, as abstrações empíricas não podem ser consideradas apenas simples leituras, pois, para que o sujeito possa abstrair a partir de um objeto, qualquer propriedade, como sua cor, seu peso, sua textura, sua forma, é indispensável empregar já no início instrumentos de assimilação. Isto é, estabelecer relações, significações e outros processos provenientes de esquemas sensório-motores ou conceptuais não fornecidos por este objeto, construídos anteriormente pelo próprio sujeito.

Mas, por mais imprescindíveis que sejam estes esquemas à abstração empírica, em termos experimentais, ela não se refere a esses termos, contudo almeja alcançar o dado que lhe é exterior. Isso significa que ela visa a um conteúdo

em que os esquemas se restringem a incluir formas que possibilitarão compreender tal conteúdo.

A abstração reflexionante, na visão de Piaget (1995) sustenta-se sobre tais formas e sobre todas as atividades cognitivas dos sujeitos, isto é, sobre seus esquemas anteriormente construídos ou coordenações de ações, operações, estruturas e outros processos, para delas extrair determinadas peculiaridades e empregá-las em outros fins, tais como novas adaptações e novos desafios.

Dessa forma, ela é reflexionante em dois sentidos complementares, designados da seguinte maneira: primeiramente, ela retira dados de um patamar inferior e transfere para um patamar superior; pode-se citar como exemplo quando o sujeito conceitua uma ação. Assim, denomina-se essa transferência ou essa projeção através do termo reflexionamento. Em segundo lugar, é indispensável que ocorra uma reconstrução sobre o novo patamar B do que foi extraído do patamar inferior A, ou, ainda, relacionar os elementos retirados do patamar inferior A com os já instalados no patamar superior B. Assim, essa reorganização, imposta pelo processo de abstração reflexionante, denominar-se-á reflexão.

Para Piaget (1995), a abstração reflexionante, juntamente com seus dois componentes de reflexionamento e reflexão, pode ser observada em todas as fases do desenvolvimento, pois desde os níveis sensório-motores a criança já apresenta capacidade para resolver um novo desafio e utiliza determinadas coordenações de estruturas anteriormente construídas, com a finalidade de reorganizá-las em virtude de novos dados.

Contrariamente, nos patamares superiores, quando a reflexão é resultado do pensamento, é imprescindível diferenciar também seu processo enquanto construção de sua temática retroativa, ou seja, relativa ao passado, que se transforma, assim, em uma reflexão sobre uma reflexão. Desta forma, denomina-se essa reflexão na segunda potência de abstração refletida, ou também, de pensamento reflexivo.

Utilizando a mesma referência, acrescenta-se, ainda, uma última diferenciação. Nos níveis ainda pré-operatórios, porém já representativos, da mesma forma como no nível das operações concretas, sucede de o sujeito

apresentar somente condições de efetuar construções que, posteriormente, se tornarão puramente dedutivas, amparando-se constantemente sobre seus resultados verificáveis como, por exemplo, o uso de material concreto para as primeiras operações numéricas.

Neste contexto, usa-se a denominação abstrações pseudo-empíricas, pois considerando que a leitura de tais resultados acontece a partir de objetos materiais concretos, como se fossem abstrações empíricas, as características essenciais constatadas são, na verdade, incorporadas nestes objetos por atividades próprias do sujeito. Verifica-se, então, uma variedade de abstração reflexionante, mas com ajuda de observáveis, ao mesmo tempo exteriores e construídas devido a ela.

De maneira oposta, as características sobre as quais trata a abstração empírica já estavam presentes nos objetos antes de qualquer constatação do sujeito. Neste contexto, observa-se que, enquanto a abstração reflexionante adquire cada vez mais autonomia, pois ela consegue operar na lógica e matemática pura, a abstração empírica só avança porque está apoiada na reflexionante.

4.1 REFLEXIONAMENTO

Na visão de Piaget (1995), o primeiro problema é o dos graus e da natureza dos reflexionamentos. Apontam-se a seguir patamares que parecem muito comuns. Primeiramente, tem-se o reflexionamento considerado pelo autor como mais elementar, isto é, aquele que transporta das ações sucessivas à sua representação atual, de um movimento sensório-motor a um início de conceituação que o reúne num todo, assim como seus antecessores próximos. Pode-se citar como exemplo desta primeira questão, quando um sujeito fala: “Agora eu coloco uma ficha amarela”, numa série de fichas em que a amarela vem depois da vermelha.

O segundo patamar apontado por Piaget é o da reconstituição da seqüência das ações, do início ao fim, e que consiste em reunir as representações em um todo coordenado. Esse segundo patamar pode se apresentar com ou sem narrativa.

O terceiro patamar é o das comparações; nele a ação total, reconstituída, é comparada às demais, semelhantes ou diferentes. Piaget não tem dúvidas de que, na vida cotidiana, as comparações podem ser espontâneas, que vários sujeitos as fazem por si próprios, antes de serem questionados a este respeito.

Sendo assim, na medida que, através destas comparações, ressaltam-se as estruturas comuns ou incomuns, inicia-se um quarto patamar e, depois, novos patamares de reflexionamentos, caracterizados por reflexões sobre reflexões antecedentes, atingindo, finalmente, vários graus de meta-reflexão ou de pensamento reflexivo, possibilitando ao sujeito verificar as razões da conexão, apenas constatadas. Com certeza, a partir destas reflexões elevadas à segunda potência e à enésima potência, o essencial torna-se a reflexão em si mesma, por oposição ao reflexionamento.

Contudo, conforme afirma Piaget (1995), é óbvio que, psicologicamente, cada nova reflexão pressupõe a formação de um patamar mais elevado de reflexionamento, onde o que estava no patamar inferior, tendo o papel de instrumento a serviço do pensamento em seu processo, passa a ser um objeto de pensamento e é, assim, tematizado, em lugar de permanecer no estado instrumental ou de operação. Pode-se citar o fato de um sujeito refletir sobre a multiplicação, depois de ter usado esta operação para resolver algum problema. Neste caso, o sujeito transforma o processo multiplicativo em um novo objeto do pensamento. Dessa forma, novos patamares de reflexionamento vão sendo construídos, sem cessar, com a finalidade de gerar novas reflexões.

Em relação à natureza de tais reflexionamentos, Piaget considera que, inicialmente, trata-se de um deslocamento dos observáveis, em função de sua conceituação progressiva pela tomada de consciência, ou seja, pela interiorização das ações. Porém, em um sistema de conceitos, é necessário diferenciar dois aspectos fundamentais: forma e conteúdo.

Assim, o conteúdo se refere apenas aos observáveis, enquanto a abstração empírica constrói a forma, que consiste em reunir objetos em um todo, alicerçando-se sobre relações de equivalência, em virtude de suas qualidades gerais, pressupondo a intervenção de uma abstração reflexionante. Esse processo, tendo

como base a assimilação sensório-motora dos objetos em um esquema ainda inconsciente de sua extensão, permite avançar à assimilação dos mesmos objetos entre si, o que é formador do conceito enquanto classe.

Observa-se que o primeiro tipo de reflexionamento, diferenciado na passagem anterior, já indica uma abstração reflexionante, em termos de reflexão; contudo, relacionada com uma forma muito básica do tipo formação de conceitos, que pode ser estendida a qualquer conteúdo, permitindo, desta maneira, o reflexionamento dos observáveis conceitualizados.

O autor revela que os patamares seguintes, referentes a reconstituições e, sucessivamente, a comparações entre situações semelhantes, contêm uma parte maior de abstração, em termos de reflexão, em relação às formas que correspondem à instituição de uma ordem de sucessão ou de um conjunto de relações cada vez mais complexas. Contudo, essa generalização ocasiona mais uma vez o reflexionamento dos observáveis antecedentes sobre novos patamares.

Nesta perspectiva, a união da reflexão e do reflexionamento forma novos patamares, sendo estes sucessivos e não apenas fonte das projeções ou generalizações que se dirigem de um nível ao outro. É importante salientar que cada novo patamar difere qualitativamente e em grau do patamar que o antecede.

Em conseqüência, a constituição de cada um desses novos patamares gera novas reflexões, pois consiste em reconstruir sobre o novo plano o que foi projetado com base no patamar anterior. Como exemplo desse processo, pode-se dizer que a coordenação de duas ações não é da mesma origem que a de suas representações conceitualizadas, o que remete a uma reconstrução. Em suma, pode-se dizer que acontece uma alternância, sem ruptura, de reflexionamentos → reflexões → reflexionamentos e ou de conteúdos → formas → conteúdos reelaborados → novas formas e outros, de âmbito cada vez mais abrangente, sem fim e, especialmente, sem começo absoluto.

Piaget (1995) diz que essa espiral objetiva atingir formas cada vez mais complexas e, conseqüentemente, mais significativas em relação ao conteúdo. Considerando o conteúdo, pode-se dizer que o desenvolvimento progressivo das formas ocasiona um resultado que se divide em dois processos diferentes. O

primeiro trata de um aprimoramento progressivo das abstrações empíricas, abastecidas de novos instrumentos de assimilação; e o outro, de um conjunto cada vez mais extenso de abstrações pseudo-empíricas, visto que os objetos são cercados de uma quantidade cada vez mais numerosa de propriedades, estabelecidas pelas reflexões do sujeito.

Partindo desse fato, verifica-se que, nos patamares superiores, é a reflexão que orienta cada vez mais o processo em relação aos reflexionamentos, diminuindo, assim, as tematizações, isto é, as operações que se transformam em objetos do pensamento, na medida em que, nos patamares inferiores, o motor fundamental era constituído pelos reflexionamentos.

Esclarecendo, pode-se dizer, também, que o desenvolvimento da abstração reflexionante produz, de uma forma mais intensa, a construção de formas em relação aos conteúdos. Essas formas podem dar espaço à elaboração de estruturas lógico-matemáticas e a atribuições aos objetos e a suas conexões, nas quais consistem as explicações causais.

Para Piaget, as abstrações refletidas situam-se nos distintos níveis do reflexionamento, fazendo de cada nível um setor especial, proporcionando, de maneira direta, uma possibilidade de novas reflexões.

Entretanto, deve-se ressaltar seu desenvolvimento em comparação ao desenvolvimento das abstrações pseudo-empíricas. Assim, as abstrações pseudo-empíricas apresentam um papel indispensável nos patamares básicos, isto é, um papel fundamental durante toda a fase das operações concretas, papel tão importante que o sujeito, para fazer uma composição operatória e, posteriormente, julgar seus resultados, precisa observá-las em objetos.

Verifica-se, então, que a abstração pseudo-empírica serve de base e de ajudante fundamental às abstrações reflexionantes. Com certeza, esse fato não exclui a formação de múltiplas abstrações refletidas, referentes aos resultados desses processos, entretanto pode acontecer com determinado atraso.

Contudo, com o desenvolvimento da abstração reflexionante, o pensamento pode afastar-se dessas bases concretas, ou ainda apresentar determinado poder

sobre elas de um patamar mais elevado. Dessa forma, a abstração refletida desempenha uma função cada vez mais relevante, até tornar-se, ao nível das operações formais, coextensiva; em determinados casos, do próprio processo dos reflexionamentos e das reflexões.

Sem excluir, de nenhuma maneira, sua coexistência possível, o desenvolvimento das abstrações pseudo-empíricas e refletidas é, assim, caracterizado por esta inversão de suas proporções, ou seja: as primeiras, perdendo seu valor relativo, sem em momento algum desaparecer, mesmo no cientista. Já as segundas, contrariamente, aumentando o seu valor relativo, sem que, devido a isso, estejam ausentes nos patamares elementares.

4.2 A CRIAÇÃO DE NOVIDADES, PRÓPRIA DA ABSTRAÇÃO REFLEXIONANTE

Para Piaget (1995), a questão da crescente riqueza das formas ou da criatividade própria da reflexão é o problema essencial da abstração reflexionante.

Convém lembrar que cada novo reflexionamento impõe uma reconstrução sobre o patamar superior que já existia no patamar anterior. Essa reconstrução é indispensável, pois as relações entre as mesmas ações A, B, C e outras, não são iguais, na verdade, são ações materiais sucessivas, onde ocorre o esquecimento das anteriores, de uma representação que as segue, permitindo que essas ações se unam cada vez mais umas às outras e possam ser reconstituídas através de uma narração.

Assim, quando o sujeito reconstrói os elementos A, B e C, mesmo que estes possam continuar os mesmos para ele, não há exigência de um menor número de instrumentos distintos e novos, pois quando a questão é reconstruí-los, a representação soma uma determinada simultaneidade, no local onde as ações continuam consecutivas, durante o período em que a ordem de sucessão das ações contínuas não-conscientes. Piaget (1995) classifica esses engrandecimentos progressivos da seguinte maneira:

A abstração reflexionante pode ser considerada uma espécie de operação que extrai determinadas coordenações de seu meio, conservando-as e eliminando o que

ainda não tem estruturas para assimilar. Pode-se dizer o mesmo, em determinado sentido, sobre a abstração empírica. Entretanto, deve-se ter consciência de que na abstração empírica esse processo ocorre em menor grau, pois ela se restringe a selecionar, entre os observáveis que são percebidos, aqueles que servem de resposta a uma determinada questão.

Já a abstração reflexionante apresenta uma atividade contínua, que pode continuar não consciente, a iniciar pelas coordenações sobre as quais ela influi, mas cujas realizações atingem, a partir de um determinado patamar, tomadas de consciência complexas.

Em suma, pode-se dizer que o primeiro resultado das abstrações reflexionantes é, portanto, gerar, seja a diferenciação de um esquema de coordenação com a finalidade de usá-lo de uma nova forma, aumentando assim a capacidade do sujeito, seja a objetivação de um processo coordenador, que passa a ser objeto de representação ou de pensamento, o que aumenta o leque de conhecimentos do sujeito, estendendo os limites de sua consciência e engrandecendo sua conceituação.

Se a coordenação transferida através do reflexionamento, do patamar da ação para o patamar da conceituação, não sofrer modificações, mesmo nessa condição, esse reflexionamento produz uma nova correspondência entre a coordenação conceptualizada e as situações empíricas, nas quais a ação coordenada se repete. Dessa forma existe, neste caso, uma construção mais bem elaborada do que pode aparentar, considerando que a tomada de consciência se encontra exposta a diversas deturpações, e sua adaptação pode se tornar muito difícil.

Esse terceiro engrandecimento trata da questão de ordem, pois, em todas as suas formas, ela é um ótimo exemplo de construção, oriunda da abstração reflexionante. Justificamos essa afirmação porque, mesmo para constatar empiricamente uma ordem em uma série qualquer de objetos, o sujeito deve utilizar ações anteriormente já ordenadas, tais como o deslocamento do corpo, do olhar e outras.

A partir destes esquemas de ordem são extraídas, no nível pré-operatório, estruturas de caráter geral que devem ser consideradas como novas construções.

Contudo, em consequência das abstrações reflexionantes, as estruturas de caráter geral são extraídas, também, nesse nível, de um patamar mais elevado do que os antecedentes.

Fala-se, neste primeiro momento, das estruturas de qualificação ordinal, as que ainda não apresentam medição, tampouco avaliação das extensões de classe. Entretanto, se fundamentam na ordem dos pontos de chegada, na superação de um comprimento, como quando para a criança mais longe corresponde a mais longa ou a superação de um movimento em relação a outro.

Em um segundo momento, na perspectiva de Piaget (1995), vem à idéia de função como dependência orientada. O autor aponta, como exemplo, o fato de que o meio de uma série é função de seu alongamento. Assim, na condição de co-variação, a função parece ser devida somente a abstrações empíricas; entretanto, existe nessa função muito mais do que esse processo de variações que dependem dos observáveis, isto é, existe a noção de uma dependência, ainda geral, de um único sentido. Como exemplo, pode-se citar um par ordenado, segundo uma de suas definições ou uma aplicação que, segundo Piaget, não é suficiente por si só para produzir a reversibilidade.

Neste contexto, não é fácil compreender a relação de dependência ordenada como retirada de outro processo que não seja o das coordenações da própria ação, considerando o fato de que os observáveis físicos produzem apenas variações que precisam ser conectadas novamente de distintas formas. É neste ponto que entra a função, pois parece que ela cria uma ligação entre os dois esquemas de ordem, inerentes às relações assimétricas e aos da implicação significativa.

Mais uma inovação interfere para enriquecer o conjunto de esquemas do sujeito, pois, assim que a conceituação consciente das coordenações que envolvem o processo provoca comparações com outras coordenações semelhantes, não acontecem somente simples repetições da primeira em novas situações.

Na perspectiva de Piaget (1995), a diferença pode parecer tênue entre uma mesma coordenação, apresentando somente uma simples mudança de conteúdo e uma coordenação semelhante em um outro desafio, considerando que, para um observador concentrado nas estruturas, existe identidade.

O autor comenta, também, a respeito de quanto o sujeito, apesar de efetuar narrações corretas dos dois tipos de ações associadas, apresenta dificuldade em estabelecer comparações entre elas. Desta forma, primeiramente, apenas insiste nas diferenças de conteúdo e, somente mais tarde, passa a estabelecer correspondências entre as ações, isto é, novas aplicações de um conjunto de ações sobre o outro; e, só mais tarde, concentra-se nas semelhanças de estrutura.

Assim, nada torna mais clara a realidade operativa e a construtividade próprias da abstração reflexionante do que a diversidade e a vagareza de sucessão dessas etapas, aparecendo, via de regra, tardiamente, as abstrações refletidas, fundamentais para o estabelecimento das comparações.

As comparações comentadas anteriormente conduzem, em determinados casos, à abstração de estruturas qualitativas gerais, com o objetivo de ajudar na solução de vários desafios. Piaget (1995) fornece um bom exemplo sobre a utilização de indícios polivalentes, com explicitação das implicações significantes em jogos de dados: “se x então ou y ou z”, etc. Contudo, esta estrutura inferencial, cujo exemplo citado por Piaget, no capítulo cinco, mostra a precocidade e a generalidade, permanece qualitativa e não escapa do domínio da compreensão, malgrado as relações de extensão que aí intervêm implicitamente, sem que possam ser libertas pelo sujeito.

Essa etapa também registra um certo enriquecimento da construtividade. Ela se refere à generalização das negações ou inversões, ao passo que a primeira inclinação é caracterizada por uma preferência sistemática das afirmações ou das características positivas. Assim, como foi elaborado anteriormente, os observáveis instantâneos são apenas positivos, considerando que não se percebe um aspecto negativo, uma falta de propriedade, ao menos que seja por referência a uma antecipação não confirmada.

De maneira oposta, nas estruturas em compreensão, do tipo “... se x então ou y ou z...”, as propriedades y ou z não são enunciadas por negações ($y = \text{não } z$). Mas são, sim, enunciadas por suas qualidades positivas, tendo consciência da única diferença que contém uma negação implícita, a qual ainda não é considerada explicitada. A abstração intervém direcionando, com a finalidade de passar da

ligação de “y diferente de z” para a negação parcial: “os portadores de y apresentam a característica x, entretanto não apresentam a característica z”.

Dessa forma, poderá ocorrer a construção de classes e de subclasses $B(x) = A'(z)$, onde temos que “ $A' = \text{os } B \text{ não} - A$ ”. O fato se repete com as seriações, pois, segundo Piaget, existe neste processo uma dificuldade de coordenar uma ordem direta do tipo $A < B < C$...com a sua inversa $C > B > A$. Em suma, pode-se verificar que a negação exige uma construção nova, que deve ser retirada através da abstração reflexionante da compreensão das diferenças.

Neste item fala-se sobre a etapa fundamental de construtividade, que é a quantificação das extensões, no que diz respeito às classes e de diferenças, quando se trata das relações assimétricas e das seriações, as quais são descobertas através da representação, contudo, ainda não reguladas quantitativamente.

Na visão de Piaget (1995), ela surge a partir da construção da negação por abstração, no patamar das formas e não apenas dos conteúdos empíricos, como, por exemplo, as expectativas frustradas ou previsões erradas. Assim, para julgar que $B > A$, no caso de uma inclusão de uma subclasse A em B, é indispensável ter capacidade de subtrair $B - A' = A$, devido à insuficiência da operação direta $B = A + A'$, em virtude da ausência de conservação da totalidade B, no momento em que ele é subdividido.

Pode-se dizer, também, que a quantificação, considerando a continuação sobre as operações numéricas e métricas, é extraída, através do processo de abstração, das composições das operações diretas e inversas, sendo que essa reversibilidade só é viável com a generalização ou abstração construtiva das negações.

Sabe-se que essas operações não são compreendidas de maneira imediata e precoce, visto que é necessária sua correspondência sistemática com as afirmações, para garantir a reversibilidade operatória.

Piaget (1995) afirma que, a partir da construção das quantificações e da reversibilidade, já é viável o desenvolvimento das estruturas operatórias concretas em seu grupo, incluídas neste todo as conservações que sua reversibilidade

estabelece e suas capacidades de composições dedutivas. Na condição lógico-matemática, tais estruturas são retiradas das atividades do sujeito. No patamar em que essas estruturas são construídas, é indispensável salientar que com certeza a abstração refletida, em que a formação estava freqüentemente atrasada em relação à ação dos processos reflexionantes, começa a se agregar e, devido a isso, a fazer o papel de ponto de partida ou de trampolim para novas construções.

Segundo Piaget (1995), as estruturas propriamente operatórias já construídas, podem tornar-se possíveis reflexões sobre reflexões antecedentes, ou ainda, a construção de operações sobre operações. Já influenciando no desenvolvimento das mensurações e dos sistemas de coordenações, essas operações, que chegam à segunda ou até à enésima potência, se transformam em norma no patamar das operações hipotético-dedutivas ou formais, dando origem a uma meta-reflexão sistemática, ou seja: tem início o desenvolvimento de um pensamento reflexivo que surge através de hipóteses e conexões necessárias entre elas e suas conseqüências.

Finalmente, Piaget (1995) aponta a última forma de atividade construtiva diretamente ligada à abstração reflexionante que deve ser salientada. Esta começa com as operações concretas reforçadas pelos poderes da meta-reflexão. Entendemos por meta-reflexão a capacidade de deduzir as causas das coordenações até então empregadas, sem justificação intrínseca. A meta-reflexão procura a razão das coisas. Por exemplo: razões lógicas para as coordenações operatórias e razões causais, quando têm relação com objetos. Neste contexto, essa procura constitui a distinção mais significativa que opõe a abstração reflexionante à abstração empírica.

4.3 A FONTE DAS NOVIDADES, A EQUILIBRAÇÃO E AS RELAÇÕES ENTRE A COMPREENSÃO E A EXTENSÃO DAS ESTRUTURAS.

Através dos estudos descritos em Piaget (1995), pode-se verificar que cada atitude de abstração reflexionante contém em si o deslocamento e a utilização de coordenações, que já estão em ação desde a fase inicial do processo, contudo com a adição de novas estruturas derivadas de uma construção criadora.

Nesse estudo, Piaget trata da atividade criadora, própria da abstração reflexionante, alicerçando-se sobre os processos de equilíbrio.

Nesse contexto, segundo Piaget (1995), o equilíbrio cognitivo é semelhante a estados dinâmicos, onde esses estados são estacionários, mantendo intercâmbios capazes de construir e conservar uma determinada ordem estrutural e funcional em um sistema aberto⁸ afastado da zona de equilíbrio termodinâmico, isto é, da zona de repouso com destruição das estruturas.

Também se pode dizer que o equilíbrio cognitivo não se trata de um estado sem atividade, mas de constantes trocas que mantêm a conservação do sistema, na condição de ciclos de ações ou de operações independentes, mesmo que cada uma delas possa estabelecer relações com o meio exterior. Piaget exemplifica esse sistema, através da seguinte simbologia: $A \times A' = B$; $B \times B' = C$; ...; $Z \times Z' = A$. Considerando um organismo vivo, os termos A, B, C, ..., Z representam um ciclo fechado em suas composições, mesmo que a atuação de cada unidade se nutra através de elementos exteriores A', B', ... Z', de forma que o sistema seja, assim, considerado aberto. O autor aponta três condições para que ocorra o processo de equilibração.

Em primeiro lugar, ele se refere à existência de uma capacidade persistente de acomodação dos esquemas aos objetos exteriores ou de pensamento, que levam a uma distinção progressiva de tais esquemas, distinção que engrandece e ao mesmo tempo mantém seu estado anterior, sem que ocorra extravio, nem produção de esquemas totalmente novos.

Em segundo lugar, reporta-se à ocorrência de uma assimilação recíproca dos esquemas em subsistemas e de subsistemas entre subsistemas, que alcança determinado tipo de coordenações que se mantêm, engrandecendo-se mutuamente.

⁸ Um organismo, conforme diz Bertalanffy, é um “sistema aberto”, no sentido precisamente de não conservar sua forma senão através de um fluxo contínuo de trocas com o meio. Ora, um sistema aberto é um sistema incessantemente ameaçado, Piaget (1996, p. 395).

Finalmente, remete-se o processo de integração de subsistemas em totalidades individualizadas através de seus princípios de composição, com conservação desses subsistemas, ao passo que suas propriedades distinguidas podem ser reconstruídas, com base no sistema total. Não convém deixar de comentar que, no nível do pensamento formal, essas estruturas equilibradas contêm, em todos os níveis, uma perfeita compensação entre negações e afirmações.

O equilíbrio cognitivo nunca é atingido, a não ser em alguns casos da matemática pura. No âmbito do pensamento natural e quando se volta aos níveis básicos, deparamos-nos incessantemente com situações de desequilíbrios. Essas situações apresentam as seguintes razões:

Conflitos entre o sujeito e os objetos, em virtude da incapacidade de acomodação, devido a previsões que não se confirmaram durante a empiria, ou pelos atrasos temporais entre as acomodações a distintos domínios.

Conflitos entre subsistema, devido à ausência instantânea de coordenação, ou seja, reciprocidade entre assimilação e acomodação, em especial quando há defasagem temporal entre suas respectivas construções.

Falta de equilíbrio entre a distinção e a integração, onde inicialmente esta continua incapaz. Cita-se, ainda, uma outra razão sistemática de desequilíbrio que ocorre pelo atraso das negações em relação às afirmações, de onde surge uma ausência inicial e bastante geral das compensações.

Desse modo, na visão de Piaget (1995), as inovações em virtude da abstração reflexionante existem devido ao processo geral de equilíbrio, comentado no item anterior, o qual mantém sua validade, sob a forma de tendência e, especialmente, na seqüência dos reequilíbrios, organizando os desequilíbrios e procedendo por meio de regulações ordinárias, antes de alcançar tais regulações completas que produzem as operações.

Em suma, pode-se afirmar que cada inovação endógena consiste na realização de possibilidades abertas pelas elaborações do patamar antecedente. Assim, ao passo que a acomodação de um esquema a objetos exteriores causa sua distinção, de modo não planejado, pelo fato de ser exógena, em virtude de a existência de

propriedades destes até aquele espaço de tempo ser desconhecida, a assimilação recíproca dos esquemas é um processo permanente e lógico, mas não instantâneo.

Cada coordenação dá condições a novas assimilações recíprocas, com acomodações mútuas que distinguirão os esquemas a coordenar. Essas distinções, como as integrações solicitadas em troca, são possibilidades abertas pelas coordenações anteriores, antes de terem condições para se atualizar.

Dessa forma, inicialmente são construídos os diferentes níveis do reflexionamento. Através de seus estudos, Piaget constatou que já no nível sensorio-motor, a imitação alcança um certo grau de virtuosidade, ela adquire a capacidade de atuar sob formas distintas e, logo em seguida, interiorizadas, surgindo um começo de representação, primeiramente através de gestos simbólicos e, sucessivamente, através de imagens mentais. Essa representação é reforçada por meio da aquisição da linguagem e tornada viável neste contexto de imitação ampliada. O autor afirma que toda nova capacidade gera a necessidade de utilizá-la e, assim, pode-se verificar que o nível das representações se sobrepõe ao das ações.

Da mesma forma, em um processo cognitivo no qual, inicialmente, o sujeito só tem consciência do objeto e do resultado, a tomada de consciência das estruturas que fazem a mediação constitui uma possibilidade aberta pelas variações casuais das situações, de onde a tematização das operações empregadas como instrumentos passam a ser objetos do pensamento.

A passagem de estruturas, de um nível inferior para o nível seguinte de reflexionamento, é a razão de vários desequilíbrios em virtude de novas dimensões, tais como a simultaneidade, além das sucessões, novos objetos tematizados e outras que devem ser consideradas, gerando a necessidade de novas acomodações e assimilações. Portanto, o mistério dessas novidades pode ser encontrado no equilíbrio das diferenciações e das integrações.

Em resumo, Piaget afirma que a abstração consiste numa diferenciação, pois ela aparta uma característica para levá-la de um lugar para outro, de forma que uma nova diferenciação gera a necessidade de integração em novos conjuntos, sem os quais a assimilação não obtém êxito. Surge então a lei geral da criação de novidades, que diz: a abstração reflexionante leva a generalizações,

conseqüentemente construtivas e não apenas indutivas ou extensivas como a abstração empírica.

Na visão de Piaget (1995), a fonte das novidades está na necessidade de um equilíbrio entre a assimilação e a acomodação e no fato de ser esta a causa de diferenciações, tanto endógenas quanto exógenas. Essas transformações consistem, simultaneamente, em construções e em compensações.

Nos patamares iniciais, as compensações podem consistir simplesmente em eliminar o obstáculo, não o considerando ou deformando a representação. Este fato já pode ser considerado um início de construção, levando-se em conta que uma reação negativa é um esboço de negação.

De forma inversa, a compensação consiste em transformar o esquema de assimilação e é construtiva, no sentido de uma diferenciação, exigindo esta, em seguida, novas integrações.

Se as novidades, em virtude do equilíbrio, não são imediatas, mas presumem uma duração mais ou menos longa de elaboração e uma ótima velocidade, compreende-se bem a diversidade dos planos dos reflexionamentos. Mas também se entende que o esquema comporta, de acordo com seu nível, uma norma de acomodação.

Assim, na ótica de Piaget, um esquema não é passível de qualquer acomodação, pois, se a acomodação é relativamente nova, pode causar o deslocamento desse esquema, evitando, assim, o fechamento do seu ciclo.

Tem-se o seguinte exemplo: considerando o ciclo $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$, pode ocorrer que não aconteça o retorno a A se B ou C sofrerem transformações muito profundas. Em contrapartida, se as acomodações já são conhecidas, não existe mais atividade, pois o conhecimento requer uma alimentação dos esquemas, incessantemente renovada.

Conforme Becker (2001), o equilíbrio cognitivo é um estado de constantes trocas. Ele é atingido devido ao fato de que essas trocas asseguram a conservação do sistema. De forma aparentemente circular, pode-se dizer que, se não existem

trocas, não existe conservação do sistema e, se não ocorre conservação do sistema, não são viáveis as trocas do organismo com o meio.

Essas trocas são responsáveis pela conservação do ciclo de ações ou de operações interdependentes. Isso significa que efetuam a conservação do sistema. Na ausência da realimentação deste ciclo não acontecem novas trocas. Isto significa que o processo de assimilação pára e, desta forma, sem assimilação, não ocorre acomodação, tornando irrealizável o equilíbrio.

Neste contexto, Piaget afirma que:

Existe, pois uma assimilação conceitual, no mesmo sentido da assimilação sensório-motora dos objetos aos esquemas de ação do sujeito, porque essas ações prosseguem em operações. E em todos os níveis, esses esquemas diferenciam-se incessantemente por acomodação contínua dos novos dados, adaptação resultante do equilíbrio entre essa acomodação e essa assimilação.

No entanto, se em sua origem a inteligência é adaptativa e assimiladora, no mesmo sentido em que as estruturas orgânicas sensório-motoras, esta adaptação cognoscitiva de ordem superior chega a resultados muito mais completos e a estruturas mais estáveis. A adaptação orgânica tem de ser continuamente reajustada sob a coação do meio variável e das novas acomodações. (PIAGET, 1996, p. 211).

Segundo Becker (2001), o processo de abstração, que é o mesmo que o processo de construção de conhecimento, dá-se por reflexionamento sobre um nível superior daquilo que foi tirado de um nível inferior. Esse movimento de retirada, que pode ser observável ou não, é complementado por uma reflexão. Pode-se dizer também que a reflexão é o ato mental de reconstrução e reorganização sobre o nível superior daquilo que foi assim transferido do inferior.

O sujeito retira do nível inferior aquilo que seu esquema de ação permite retirar. A abstração é limitada pelo esquema de assimilação disponível no momento. O esquema disponível é a síntese das experiências anteriores, isto é, das abstrações empíricas e reflexionantes passadas.

Contudo, o sujeito tem condições de modificar este esquema através do processo de acomodação. Desta forma, ainda segundo Becker (2001), logo que um

esquema de ação é insuficiente, para vencer os problemas ao nível das modificações do real, o sujeito concentra-se em torno de si mesmo, causando modificações nos esquemas que não estão dando conta de resolver o problema em questão.

Depois de reconstruído, o esquema tem condições de realizar novas assimilações ou abstrações empíricas e, também, reflexionantes. Caso ocorram novos problemas e novas dificuldades de assimilação ou de abstração, o sujeito reagirá mais uma vez, a partir de um novo nível, devido à acomodação, e assim consecutivamente.

Segundo Piaget (1995), quando ocorrem assimilações que mantêm sua seqüência e acomodações habituais, o esquema anterior é estendido por acréscimo de novos elementos em seu ciclo e esse esquema anterior passa a ser considerado um caso especial do segundo. Isto significa que ele conserva seus poderes anteriores, ao passo que consegue outros mais extensos.

Esse processo explica uma qualidade básica da abstração reflexionante, quando atinge a capacidade de deduzir formas bastante separadas dos conteúdos. Isto é, a compreensão de uma estrutura torna-se compatível à extensão dos conteúdos que ela autoriza inventar, ao passo que no patamar da abstração empírica a relação estabelecida é inversa.

Piaget (1995) apresenta como exemplo a seguinte questão: no momento em que se abstrai de maneira empírica dos Mamíferos o fato de apresentarem vértebras e, posteriormente, também, as reencontra nos Peixes, Répteis, etc., a classe dos Vertebrados se engrandece, ou seja, aumenta em extensão, contudo empobrece em compreensão em relação à dos Mamíferos. Neste caso, devemos considerar que não se pode deduzir da existência de vértebras a viabilidade de surgirem mammas.

Segundo o autor, é preciso diferenciar as extensões e as compreensões referentes às formas ou estruturas de um lado, e dos conteúdos de outro. Nesses casos, a relação é inversa, tanto na situação das primeiras, como na situação das segundas. Apenas quando consideramos as abstrações empíricas, as formas, mesmo que elaboradas com a atuação da abstração reflexionante, são adaptadas conforme os conteúdos e estes são oferecidos na experiência e não produzidos por ela.

Entretanto, quando estamos nos referindo a puras abstrações reflexionantes, como no caso da construção dos números, novos conteúdos são produzidos pelas formas operatórias. Desse modo, o aumento concomitante das propriedades das formas e da extensão dos conteúdos é duplamente construtivo, pela razão de que os posteriores são produzidos em virtude dos anteriores.

O mesmo não se dá com a abstração empírica, pois o engrandecimento das formas é estabelecido pelo aumento dos conteúdos observados, com a dependência dos anteriores em relação aos posteriores.

Resumindo: segundo Piaget (1995), a causa dessa desigualdade é devida ao fato de que a generalização vinculada às abstrações empíricas é somente em extensão e consiste em descobrir, em objetos novos, uma propriedade que eles já apresentavam, análoga àquela que se retirou dos objetos no início.

De forma contrária, a abstração reflexionante consiste em atribuir a objetos novas propriedades que eles não apresentavam, devido ao fato de sua reorganização conseguir construir novas formas que se produzem, ou seja, novos conteúdos. Esse fato nos leva a estabelecer uma comparação geral das duas variedades de abstrações.

4.4 ABSTRAÇÕES EMPÍRICAS E REFLEXIONANTES

Segundo Piaget (1995), tanto as abstrações empíricas quanto as reflexionantes existem em todas as etapas do desenvolvimento, desde os níveis sensório-motores e orgânicos, até os patamares mais complexos do pensamento científico. Considerando o plano biológico, as abstrações empíricas estão relacionadas com as intervenções do meio, enquanto as abstrações reflexionantes então relacionadas com as reconstruções convergentes acompanhadas de superações. Piaget refere-se a essas reconstruções da seguinte maneira:

Depois do rompimento do instinto, uma nova evolução cognoscitiva começa assim, e recomeça mesmo a partir do zero, porque as montagens inatas do instinto desaparecem e porque, por mais hereditário que sejam o sistema nervoso cerebralizado e a inteligência, como capacidade de aprender e de inventar, o trabalho que deve ser fornecido é de agora em diante fenotípico. É, aliás, porque essa evolução intelectual recomeça a

partir do zero que se percebem em geral muito pouco suas relações com a organização viva e, sobretudo com as construções, apesar disso tão notáveis, do instinto. Há nisso um belo exemplo do que chamamos as “reconstruções convergentes com avanço”. (Piaget, 1996, p. 415).

Neste contexto, Piaget (1995) explica que, nos níveis sensório-motores, a abstração empírica extrai informações diretamente dos objetos e das características materiais ou observáveis das ações, à medida que a abstração reflexionante extrai as informações das coordenações dos esquemas.

Sobre isso, o autor afirma que as diferenças entre as ações e suas coordenações, isto é, entre forma e conteúdos, são muitos menores nas fases iniciais do desenvolvimento humano do que nos níveis superiores. As formas geralmente não se diferenciam, no período que antecede o nível IIA, que se caracteriza pelo aparecimento das primeiras operações concretas. Pode-se verificar que o limite entre as abstrações empíricas e as abstrações reflexionantes não é muito claro e, também, que não apresenta mais estabilidade durante essas fases de formação do que nas fases posteriores.

Segundo Piaget (1995), em todos os patamares a diferenciação entre os dois tipos de abstrações vai depender de três critérios relativos, sem contradições absolutas.

Em primeiro lugar, pode-se dizer, que as abstrações empíricas influem sobre os observáveis, e os reflexionamentos sobre as coordenações. Assim, uma característica não é, nela própria, observável ou não.

Em segundo lugar, no ramo da Física, na condição de as medidas serem aplicadas em cima de grandezas astronômicas ou em situações experimentais como, por exemplo, em um jogo de molas, sabe-se que as massas, as forças e as acelerações podem ser objetos de comprovações, ou ainda, serem inferidas somente por coordenações dedutivas.

Finalmente, o autor confirma a existência de vários degraus de generalidade nas coordenações das ações. O primeiro degrau parte das coordenações mais restritas, como por exemplo, as relacionadas com a visão e a apreensão, em torno da idade dos 4 a 5 meses, até as mais básicas, como as relacionadas à ordem, aos

encaixes, às correspondências e outras. Não se pode negar que a abstração se torna cada vez mais reflexionante, quanto mais próxima se encontra dessas formas gerais que estão na base das estruturas lógico-matemáticas.

Piaget adiciona a esses fatores a relatividade das funções de forma e conteúdo. Dessa maneira, toda forma torna-se conteúdo para aquelas que a reúnem num todo, existindo a possibilidade de surgirem numerosas e variadas abstrações pseudo-empíricas.

Assim, torna-se claro que o desenvolvimento dos dois tipos de abstrações conterà em si um determinado grau de complexidade e, acima de tudo, uma visível falta de simetria.

Dessa forma, a abstração reflexionante aprimora-se constante e progressivamente, devido ao seu próprio mecanismo de reflexão sobre reflexões. Por outro lado, a abstração empírica não apresenta condições de progredir em refinamento e em objetividade, a não ser que se alicerce cada vez mais intensamente sobre o apoio necessário da abstração reflexionante.

Partindo, assim, da abstração reflexionante, Piaget (1995) confirma que seus inícios orgânicos e sensório-motores conservam-se ainda muito precários, em virtude da inconsciência que os individualiza e pela sensível diferenciação que ela apresenta para dissociar as formas de seus conteúdos.

Pode-se dizer que o patamar inicial da abstração reflexionante é aquele que apresenta como função indispensável à capacidade de construir quadros assimiladores, considerando a abstração empírica, isto é, formas moldáveis a seus conteúdos extralógicos.

A partir dos níveis próprios da representação, seus progressos tornam-se constantes e, a partir de um segundo nível, ela consegue produzir funções e operações.

Mas isso só acontece sob a condição de se alicerçar por um longo tempo sobre abstrações pseudo-empíricas, de maneira que os resultados dos reflexionamentos e das reflexões continuem materializados nos objetos modificados e enriquecidos pelas atividades do sujeito.

Em relação à abstração refletida, ela continua organizadamente em atraso em relação ao processo reflexionante até o terceiro nível, momento em que se transforma em instrumento indispensável das reflexões sobre a reflexão antecedente. Assim, permite-se a elaboração de uma meta-reflexão ou pensamento reflexivo, possibilitando a formação de sistemas lógico-matemáticos de cunho científico.

Neste contexto, tem-se a formalização como uma das formas finais alcançadas pela abstração reflexionante. Ela é o caso limite no qual a forma consegue emancipar-se dos conteúdos, mesmo encontrando algumas barreiras conhecidas, com uma mudança permanente das fronteiras.

Para Piaget (1995) a evolução da abstração empírica acontece de uma maneira bastante distinta, pois, sem exceção, e em todos os patamares, seu funcionamento necessita da utilização de esquemas assimiladores cuja função surge, ao menos parcialmente, da abstração reflexionante.

Entretanto, torna-se evidente que, proporcionalmente, nos patamares iniciais as ações da abstração empírica são muito mais numerosas que as intervenções da abstração reflexionante. A questão fundamental que controla o desenvolvimento da mais básica destas duas formas é, portanto, o fato de que nas fases anteriores, a proporção vira em sentido oposto, de maneira progressiva e em número relativo.

Dessa forma, a abstração empírica está subordinada de maneira crescente às abstrações reflexionantes, pois, às custas destas, intensifica suas capacidades e alcança progressos significativos, tanto em quantidade quanto em qualidade, adaptando-se ao real.

Pode-se constatar, conforme Piaget (1995), que esse aumento, em número absoluto e em exatidão, das abstrações empíricas, alicerçando-se sobre as abstrações reflexionantes, já pode ser observado claramente na seqüência das fases. Nos patamares iniciais, em que as abstrações reflexionantes se mantêm mínimas e em que a abstração empírica é quase totalmente dominante, fica restrito a ela registrar as características mais visíveis e mais gerais dos objetos. Com os progressos da conceituação, das estruturas lógico-matemática de maneira global e do desenvolvimento da métrica espacial e dos sistemas de referência, quantidades

crescentes das propriedades dos corpos e das ações passam a ser observáveis após terem sido, anteriormente, deixadas de lado ou sistematicamente modificadas.

Entretanto, é no âmbito do pensamento científico que a manifestação chama mais a atenção. Estabelece-se um paralelo entre o conjunto de nossos conhecimentos experimentais até os tempos atuais, em escalas microfísicas ou astronômicas e cósmicas; da mesma forma em escalas medianas, o progresso, em número absoluto, de novas descobertas é, com certeza, considerável.

Mas, cada uma das medidas obtidas incluídas aqui em nossa escala, ao se aproximar dos limites do que pode ser medido, presume um mundo de elaborações teóricas indispensáveis, tanto no que se refere ao enunciado das questões postas à natureza quanto à construção dos dispositivos necessários.

De fato, as questões aqui mencionadas não se reportam apenas aos modelos explicativos, embora estes desempenhem um papel relativamente significativo na descoberta de novos observáveis. Mas remetem também à própria leitura dos acontecimentos do experimento, ou seja, a esta parte da abstração empírica que continua tanto na base da determinação dos dados quanto no domínio das hipóteses dedutivas.

Na visão de Piaget (1995), é de certa forma claro que, se as abstrações empíricas foram capazes de prosperar com a ciência dos tempos atuais, é porque foram envoltas por uma camada tão espessa de abstrações reflexionantes que as tornou viáveis. Assim, o cientista mergulhado nas imagens que quer reproduzir, é, muitas vezes, conduzido a esquecer a questão do contato indispensável entre o sujeito e as propriedades do objeto. Essas propriedades já existiam antes de sua incorporação e engrandecimento pelas estruturas lógico-matemáticas de origem reflexionante. As estruturas lógico-matemáticas fornecem até mesmo a essência das explicações causais e, assim, novamente é determinada a realidade objetiva dos fenômenos que devem ser explicados.

Em resumo, se o desenvolvimento da abstração reflexionante é o de uma purificação progressiva tentando atingir a conquista das formas, em contrapartida, o da abstração empírica determina uma dependência crescente à abstração reflexionante, em virtude da integração gradativa dos conteúdos nas formas. Este

fato ocorre, porque quanto mais as formas se enriquecem, melhor se adaptam à apreensão dos conteúdos, à incorporação de observáveis que não eram assimiláveis até o presente momento, mesmo em termos de simples constatações.

As relações gerais que existem entre a assimilação e a acomodação são as responsáveis pela assimetria entre a abstração reflexionante e a abstração empírica, pois a primeira passa a atuar em estado quase puro, à medida que a segunda não progride senão apoiada na primeira. Piaget (1995).

O autor afirma que a abstração reflexionante tem participação nas coordenações da assimilação recíproca dos esquemas de ações ou de operações, o que pressupõe uma supremacia da assimilação. Essa assimilação recíproca dos esquemas apresenta uma porção que não pode ser deixada de lado de acomodação mútua. Essa acomodação mútua realiza a diferenciação de um ou dois esquemas de ação, até consentir a integração, na série de um de certos elementos e, de outro, ou até integrar todos em uma nova série global. Na verdade, segundo o mesmo autor, este caso específico de equilíbrio entre a diferenciação e a integração é a característica mais significativa e mais geral da abstração reflexionante.

Conforme os estudos realizados por Piaget (1995), pode-se verificar que a acomodação se mantém endógena e não exógena, como ocorre quando é imposta pelos acontecimentos exteriores. Já em relação à abstração empírica, tem-se exatamente o oposto, pois ela se reporta aos observáveis e se apóia sobre a acomodação dos esquemas aos objetos. Esses objetos podem ser exteriores ou podem fazer parte do próprio corpo que interfere no aspecto material das ações. Assim, a acomodação continua sempre, mesmo neste caso, a de um esquema de assimilação e que por sua própria natureza lhe é subordinada, sem poder jamais funcionar em estado puro.

De forma oposta, a recíproca só está certa em parte, pois, para Piaget, a assimilação de um objeto físico a um esquema de ação presume uma acomodação desse esquema. Essa acomodação pode, assim, transformá-lo em diferentes graus de profundidade, considerando determinados limites.

Contudo, em relação à assimilação própria dos esquemas lógico-matemáticos e às suas coordenações, considerando como ponto de partida as formas mais gerais,

apresenta um tipo de acomodação constante aos objetos. Essa acomodação se dá no sentido de que, se um esquema de ação, entre os demais, não necessita ser aplicado a tal ou qual situação, não são de maneira alguma ignorados pelos fatos empíricos.

No que se refere à abstração pseudo-empírica, quando o sujeito descobre, nos objetos, propriedades inseridas neles por sua ação, podem surgir dificuldades de leitura, necessitando de uma acomodação. Entretanto, essa acomodação, devido ao contexto é, precipitadamente, subordinada à assimilação. Em suma, generalizando, é essa ausência de reciprocidade entre a acomodação aos objetos e a assimilação lógico-matemática, que sustenta a assimetria sistemática das abstrações empírica e reflexionante.

Complementando, tem-se que, em virtude dessa independência e, acima de tudo, em função do fato de que a abstração reflexionante vem a desencadear as razões intrínsecas das coordenações que reconstrói e engrandece devido aos seus reflexionamentos, alcança este considerável resultado, ou seja, um novo produto da reflexão não poderia refutar os antecedentes.

Neste contexto, em Matemática, um teorema demonstrado há pouco tempo não poderia tornar falsos os teoremas anteriormente justificados; assim, o erro só poderia ser atribuído ao seu grau de generalidade. Piaget (1995) cita como exemplo o caso da geometria euclidiana, em que o erro se caracterizava apenas em acreditar que era a única viável, mas que não perdeu nada de sua própria realidade quando foi limitada ao nível de caso específico da métrica geral.

Compreendido adequadamente, pode ocorrer que a descoberta de opiniões que parecem contrárias ao senso comum como, por exemplo, a teoria dos conjuntos, conduza a refinamentos nas demonstrações, ou ainda, que esses refinamentos surjam devido ao fato de serem questionados por determinados pensadores de raciocínios considerados evidentes por outros.

Pode-se dizer, ainda, que os limites vicariantes⁹ da formalização revelam que esta se trata de um processo e não de um estado estável. Entretanto, essas distintas restrições não evitam caracterizar o desenvolvimento progressivo do pensamento reflexivo por uma conexão crescente e constante, sem problemas que tornem necessário eliminar uma parcela do que parecia adquirido.

Dessa forma, mesmo nas fases elementares, os conflitos entre subsistemas surgem em virtude da ausência de simultaneidade na sua elaboração e, assim, uma vez encontradas razões das composições operatórias, estas continuam a seguir sem contradições.

Considerando a abstração empírica, verifica-se que sua situação é bem distinta, visto que um acontecimento recente, em virtude dela inferido, pode ir em sentido contrário a um modelo explicativo até que este seja completamente eliminado. Como exemplo, Piaget (1995) cita o experimento do éter e o vento de éter, realizado por Michelson e Morley e também o caso da medida do perihélio de Mercúrio, que acabou por contradizer um sistema de leis anteriormente construído. Convém explicar que, neste último caso, as leis da mecânica newtoniana continuam verídicas, em um primeiro momento a uma determinada escala de medidas, semelhante ao que ocorre na geometria euclidiana, ao passo que se retiram as curvas.

Entretanto, as duas situações são, na realidade, muito distintas, pois a mecânica newtoniana encontra sua parte verdadeira em razão da negligência de fatores cuja influência persiste, mas em proporções mínimas, nas velocidades distanciadas da luz, na medida em que a geometria euclidiana mantém sua realidade total, no caso particular em que as paralelas e os ângulos de um triângulo apresentam determinadas propriedades não variáveis, sem negligenciar os fatores secundários.

⁹ O termo vicariante refere-se a duas espécies intimamente ligadas sob o aspecto filogenético, e que habitam áreas geograficamente distintas. Refere-se, também, a determinado órgão que compensa a insuficiência funcional de outro, ou de função que se processa em lugar de outra. (Ferreira, Aurélio Buarque de Holanda, 1999).

Em resumo, existe uma distinção, tanto psicológica quanto formal, entre a abstração empírica e abstração reflexionante, considerando que uma pode conduzir a contradições, ao passo que a outra retira tal possibilidade. Junta-se a este fato que a primeira continua constantemente integrada em um quadro espaço-temporal, à medida que a segunda, devido ao jogo das reversibilidades crescentes, alcança a construção de estruturas atemporais.

O capítulo seguinte apresenta o conceito de interação, que se encontra totalmente vinculado à relação sujeito-sujeito, que faz parte da relação sujeito-objeto. Enfoca-se, portanto, a interação como condição à tomada de consciência dos conceitos físicos.

5 INTERAÇÃO

No presente estudo, adotar-se-á o referencial teórico da Epistemologia Genética, a fim de explicar as interações e as construções coletivas em ambientes virtuais de aprendizagem. Portanto, será importante assumir uma postura interacionista e construtivista, uma vez que todo conhecimento é uma construção resultante das ações do sujeito sobre os objetos.

Para uma melhor compreensão do conceito de interação, precisa-se esclarecer o significado dos termos sujeito e objeto na perspectiva piagetiana. Assim, segundo Franco (1999, p.16), sujeito e objeto são dois pólos de uma diáde dialética, ou seja, é como se o sujeito fosse a tese e o objeto a antítese. Portanto, o objeto é o mediador entre o sujeito atual e o sujeito que se constrói, a partir da interação sujeito/objeto.

Piaget considera insuficiente a concepção empirista, que afirma que o conhecimento se origina de fontes externas, e também a concepção apriorista, a qual defende que a origem do conhecimento é interna ao sujeito.

Nesta perspectiva, segundo Piaget (1973), uma sociedade é essencialmente um sistema de atividades em que as interações elementares consistem em ações se modificando umas às outras, de acordo com determinadas leis de organização ou de equilíbrio. Assim, poderemos verificar vários tipos de interações indispensáveis ao equilíbrio do sistema social, como as ações econômicas de produção, ações morais e jurídicas de colaboração ou de coação e opressão, ações intelectuais de comunicação, de pesquisa em grupo ou de crítica mútua.

Portanto, é do estudo dessas interações, no comportamento individual e interindividual¹⁰, de cada uma das condutas do sujeito em sociedade, que se explicam as representações coletivas ou interações que modificam a consciência dos indivíduos.

Nesse sentido, segundo o mesmo autor, toda conduta supõe interações que modificam a consciência do sujeito. Elas atuam do exterior e são indissociáveis uma da outra. São as interações entre o sujeito e o objeto.

Dessa maneira, a relação entre sujeito e objeto transforma, ao mesmo tempo, o sujeito e o objeto através da assimilação feita pelo sujeito em relação ao objeto, e pela acomodação do sujeito ao objeto.

Considerando que a interação entre o sujeito e o objeto os modifica, torna-se evidente que a interação entre os sujeitos individuais modificará, também, os sujeitos uns aos outros. Cada interação entre o sujeito e outros sujeitos constitui uma totalidade¹¹ nela mesma, produzindo novas características e transformando a estrutura mental do indivíduo.

Dessa maneira, devido à interação entre sujeito e outros sujeitos, a totalidade criada aparece não como uma soma de indivíduos nem de uma realidade superposta aos sujeitos, mas como um sistema de interações, transformando os sujeitos em questão em sua própria estrutura.

Segundo Bringuier (1977), Piaget considera que todas as estruturas se constroem e que o fato fundamental é esse desenvolvimento da construção. Para

¹⁰ Denominam-se interações interindividuais as relações entre o sujeito e outros sujeitos, Piaget (1973, p. 35).

¹¹ A totalidade social poderia ser constituída por uma composição aditiva de todas as interações em jogo. Ela poderia, pelo contrário, consistir numa “associação”, no sentido probabilista do termo, entre as interações, com interferências complexas, a resultados mais ou menos prováveis. A totalidade social poderia, finalmente, ser em parte composta, e permanecer em parte no estado de associação estatística, Piaget (1973, p. 40).

ele, as estruturas não são acrescentadas antecipadamente; portanto, a cada fase, a cada nível, corresponde um conjunto de estruturas. Assim, cada conjunto de estruturas é necessário ao aparecimento do seguinte.

Neste contexto, poderemos adotar também o conceito de interação utilizado por Franco, que diz:

Interação não é, portanto, um processo de “toma lá-dá-cá”. Só pode ser entendida como um processo de simultaneidade e, portanto de movimento entre dois pólos que necessariamente se negam, mas que, conseqüentemente, se superam gerando uma nova realidade. Franco (1999, p. 15).

Dessa maneira, pode-se dizer que o objeto é a negação do sujeito, enquanto o sujeito construído é a negação da negação. Segundo Piaget (1973, p.14), o conhecimento não parte nem do sujeito, nem do objeto, mas da interação indissociável entre eles, para evoluir em uma dupla direção de exteriorização objetivante e de uma interiorização reflexiva.

Considerando os objetivos do presente trabalho, cabe caracterizar, também, a cooperação, segundo a visão de Jean Piaget, como conceito chave que embasa este estudo.

6 COOPERAÇÃO

Segundo Piaget (1973, p.22), na sociologia, ao contrário da psicologia, o “eu” é substituído pelo “nós” e, assim, as ações e operações se completam pela soma da dimensão coletiva e interações, ou seja, condutas se modificando umas às outras, ou formas de cooperação. Assim, Piaget define a cooperação da seguinte maneira: “... *quer dizer operações efetuadas em comum ou em correspondência recíproca*”.

Nesse sentido, a cooperação consiste em um sistema de ações, ações estas interindividuais e não simplesmente individuais. Essas ações são, conseqüentemente, submetidas a todas as leis que as caracterizam, incluindo também as leis de equilíbrio. Assim, as ações interindividuais somente alcançarão seu equilíbrio quando atingirem igualmente o estado de sistemas compostos e reversíveis.

Deve-se pensar que o equilíbrio só pode acontecer se houver cooperação, mas considerando que o equilíbrio atingido pelas trocas cooperativas de pensamento consiste em um sistema de operações recíprocas, no qual o sujeito encontra condições para construir seu conhecimento. Piaget (1973).

É necessário salientar que o conceito de cooperação é fundamentado na reciprocidade e não na autoridade de um sujeito sobre o outro. Para tanto, as ações dos indivíduos uns sobre os outros, em que consistem as relações sociais, no campo das trocas de pensamento, tendem a uma forma de reciprocidade, que acarreta uma dinâmica reversível. Cooperar, portanto, é efetuar operações em comum, sem coação por parte de nenhum dos sujeitos envolvidos.

Segundo Inhelder e Piaget (1976), na medida em que os sujeitos pensam em comum, procuram se compreender e aprendem a discutir. Conseqüentemente, certas regras de objetividade e de coerência impõem-se a eles e constituem a lógica. Portanto, é a cooperação, sob o aspecto intelectual e não somente moral, que modifica a inteligência humana e faz dela um instrumento de verdade. A cooperação é contrária ao pensamento individual, que é, na verdade, uma busca de satisfação pessoal.

Desde a idade de 8 a 9 anos e a partir de 10 ou 11 anos, segundo Inhelder e Piaget (1976), pode-se constatar que os sujeitos não somente adquirem a capacidade de cooperação intelectual, mas também preferem o trabalho em comum, nas instituições escolares que proporcionam espaço para este tipo de atividade. Em relação à técnica de intercâmbio de idéias, observa-se o desenvolvimento gradual dos procedimentos de discussão, de controle recíproco e de compreensão em relação ao pensamento do outro. A cooperação permite a prática da discussão e da crítica mútua; portanto, atividades cooperativas são de suma importância para o desenvolvimento cognitivo.

Em resumo, quando os sujeitos trabalham em equipe, eles tomam consciência da solidariedade intelectual dos indivíduos e paralelamente constroem a sua própria razão, através das discussões entre iguais. Pode-se dizer que a cooperação é efetivamente criadora ou que ela constitui a condição indispensável para a constituição da razão.

Outro fator relevante das técnicas de cooperação intelectual é que, devido às discussões entre iguais, todo elemento de autoridade e de submissão é excluído. Desse modo, a cooperação desenvolve o senso crítico e constitui a melhor educação da objetividade. Finalmente, pode-se dizer que o intercâmbio de pontos de vista permite a construção de uma lógica das relações e a reciprocidade intelectual.

De acordo com Inhelder e Piaget (1976), o senso de justiça só se desenvolve à medida dos progressos da cooperação e do respeito mútuo. No início acontece a cooperação entre crianças, depois cooperação entre crianças e adultos, sendo que na

medida em que o sujeito se torna adolescente, considera-se cada vez mais como igual aos adultos.

Nesta perspectiva, Piaget define também a cooperação como um processo de novas realidades e não apenas de simples trocas entre sujeitos totalmente desenvolvidos. Portanto, é importante que as instituições escolares estimulem as atividades cooperativas, pois o ensino verbal tradicional não é suficiente para que o sujeito construa seu conhecimento.

Assim, a fim de melhor compreender as interações e as construções coletivas dos adolescentes em uma sala de aula apoiada por um ambiente virtual, torna-se necessário também conhecer, em termos gerais, o pensamento formal do ponto de vista do equilíbrio.

7 O PENSAMENTO FORMAL DO PONTO DE VISTA DO EQUILÍBRIO

Com o objetivo de fundamentar esta pesquisa e viabilizar o seu desenvolvimento, buscar-se-á um embasamento teórico que permita estabelecer conexões entre o conhecimento a ser aprendido e as condições cognitivas do grupo de alunos que vai construir seu conhecimento.

Dentro desta perspectiva, é necessário compreender, através do estudo do pensamento formal do pré – adolescente e/ou adolescente, como estes são capazes de construir hipóteses e, assim, resolver problemas e desafios. Na seqüência do trabalho, primeiramente, será descrito o pensamento operatório concreto, com a finalidade de ilustrar melhor e permitir comparações com o pensamento formal.

Portanto, segundo Inhelder e Piaget (1976), o pensamento operatório concreto se caracteriza por uma extensão do real na direção do virtual. Neste nível do pensamento o sujeito é capaz de classificar, seriar, igualar, colocar em correspondência, etc. Entretanto, essas possibilidades intrínsecas às operações concretas não permitem ainda a criação de hipóteses.

O campo de equilíbrio das operações concretas é limitado e se caracteriza pela compensação dos trabalhos virtuais, que apresentam compatibilidade com as ligações do sistema. Tais ligações são limitadas, paralelamente, pela forma como apresentam as operações em jogo e pelo conteúdo das noções que se empregam.

Em relação à sua forma, as operações concretas consistem na estruturação direta dos dados reais, ou seja, introduzem um conteúdo específico, como o peso, largura e/ou comprimento, um conjunto de relações que se limitam a organizar esse conteúdo sob sua forma real e atual.

Neste estágio do desenvolvimento cognitivo, o possível se resume a um simples prolongamento virtual das ações ou operações empregadas nesse conteúdo dado. Assim, depois de ter seriado, classificado ou efetuado qualquer outro tipo de operação concreta com alguns objetos, o sujeito tem consciência de que poderia continuar com outros, devido ao mesmo esquema antecipador de seriação, ou qualquer outra operação concreta que lhe permitisse realizar a operação real.

Em relação ao conteúdo, o pensamento concreto apresenta a particularidade limitadora de não ser imediatamente generalizável a todos os conteúdos, mas de instaurar domínio por domínio, com uma distância cronológica que às vezes atinge vários anos entre a estruturação de um conteúdo. Assim, é mais difícil seriar, igualar, etc., os objetos qualificados por um caráter menos desagregável da ação pessoal, como, por exemplo, o peso, do que executar as mesmas operações a um domínio mais velozmente objetivado, como o domínio do comprimento.

Ainda do ponto de vista do conteúdo, as transformações virtuais que podem coexistir com as ligações do sistema, as quais delimitam a margem das operações possíveis, contrariando as operações reais, são mais limitadas do que se imagina na forma de operações em jogo. Dessa maneira, esse fato pode ser considerado a segunda razão para que o possível, que individualiza as operações concretas, constitua apenas um prolongamento do real.

Sob outro ângulo, segundo Inhelder e Piaget (*ibid.*, p. 188), embora cada domínio de estruturação concreta atinja as formas estáveis de equilíbrio, o estado de instabilidade surge novamente com a coordenação dos domínios. Assim, não existe constituição concreta geral, pois após ter classificado, seriado, igualado, etc., uma composição de conteúdos ou estabelecidas relações entre seriações referentes a dois ou mais domínios diferentes, o pensamento concreto não consegue resolver todos os desafios propostos.

Esse fato acontece devido à interferência de operações heterogêneas ou pela intersecção dos domínios como tais. Pode-se exemplificar isso através do processo de comparação de um deslocamento em altura e de um peso. Neste caso, o sujeito é capaz de determinar, por intermédio desta intersecção, a existência de um trabalho; ele é capaz de fazer a seguinte composição: se for mais pesado e mais alto, será preciso realizar mais trabalho.

Da mesma maneira, o sujeito pode, através desta intersecção, estabelecer uma composição que permanece indeterminada, como por exemplo: é mais pesado e mais alto, então poderá dar mais ou menos trabalho, ou o mesmo trabalho.

Conclui-se, assim, que o pensamento concreto permanece basicamente ligado ao real. O sistema operatório concreto, que compõe a forma final de equilíbrio do pensamento intuitivo, atinge somente um conjunto limitado de modificações virtuais, e, portanto, uma noção do possível, que é apenas uma modesta parte do real.

Neste segundo momento do trabalho, será descrito o pensamento formal. Para tanto, usar-se-ão os trabalhos de Inhelder e Piaget (1976).

No pensamento formal ocorre uma inversão de sentido entre o real e o possível. Em vez de o possível revelar-se simplesmente sob a forma de um prolongamento do real ou das ações executadas na realidade, acontece exatamente o contrário: o real acaba por se subordinar ao possível. A partir deste momento, os fatos são compreendidos como o setor das realizações permanentes, no contexto de um universo de transformações possíveis, pois não apresentam explicação e, nem tampouco são considerados como fatos, senão após uma verificação que se refere ao conjunto das hipóteses conciliáveis com a situação proposta.

O pensamento formal é para os autores essencialmente hipotético-dedutivo. Neste nível a dedução não mais está ligada a realidades percebidas, mas a proposições que se referem a hipóteses. Assim, a dedução consiste em estabelecer relações entre essas suposições e delas deduzir suas conseqüências necessárias, inclusive quando sua realidade experimental não vai além do possível.

Neste contexto, o sujeito em vez de simplesmente introduzir um início de necessidade no real, como ocorre nas conclusões fundamentadas na transitividade das inclusões de classes ou de relações [Veja-se este exemplo: Maria é mais alta do que Paula, e Paula e Maria são mais baixas do que Vanessa. Qual é a mais baixa das três?], faz desde o princípio a síntese entre o possível e o necessário. Assim, ele deduz rigorosamente as conclusões de premissas, cuja verdade inicialmente é aceita somente por hipótese, indo, desta forma, do possível para o real.

Segundo esses autores, é possível caracterizar o pensamento formal por propriedades mais simples do que o recurso à hipótese do possível. Assim, segundo Piaget (1972), a primeira característica das operações formais é a de poder referir-se a elementos verbais, a de poder recair sobre hipóteses e não mais apenas sobre objetos. Esta capacidade cognitiva aparece, no sujeito, por volta dos onze anos de idade.

Entretanto, essa propriedade implica uma segunda característica, tão importante quanto a primeira. Tal característica considera que as hipóteses não são objetos, mas sim proposições, e seu conteúdo consiste em operações intraproposicionais de séries, classes, relações e outras.

Conseqüentemente, a operação dedutiva que conduz das hipóteses às suas conclusões, não é mais da mesma forma, é agora interproposicional e consiste em uma operação efetuada sobre operações, ou seja, uma operação elevada à segunda potência. Esta característica constitui a lógica das proposições ou a lógica de elaborar relações entre relações, e também a lógica de coordenar dois sistemas de referência.

Esta capacidade de formar operações sobre operações, segundo Piaget (ibid., p. 49), permite ao conhecimento ir além do real, formular hipóteses e abrir o caminho dos possíveis, através da operação combinatória. Dessa maneira, o sujeito se liberta das elaborações por aproximação, as quais continuam submetidas às operações concretas.

Segundo Inhelder e Piaget (1976), a noção de operação de segunda potência exprime a característica geral do pensamento formal. Esta característica consiste em ir além do conjunto das transformações que se referem diretamente ao real, subordinando-as a um sistema de combinações hipotético-dedutivas, ou seja, sistema de combinações possíveis. Neste contexto, Piaget se refere ao real como operações de primeira potência.

Em resumo, através destes estudos, pode-se concluir que a lógica das proposições tem como característica principal, não a questão de ser uma lógica verbal, mas de comportar necessariamente uma operação combinatória. Assim, as operações de combinação são, com certeza, as operações de segunda potência, isto é: as permutações são seriações de seriações, as combinações são multiplicações de multiplicações e assim por diante.

Entretanto, a oposição entre as operações combinatórias e as operações não combinatórias pode ser resultado da diferença entre o possível e o real. Mas apenas uma combinação dá o conjunto dos possíveis e, no contexto experimental, a pesquisa das combinações novas é certamente o que caracteriza a hipótese.

Neste contexto, segundo Piaget (1985, p. 7), o possível é algo não observável, mas produto de uma construção do sujeito, em interação com as propriedades do objeto. Entretanto, inserindo essas propriedades em interpretações resultantes das atividades do sujeito, são elas que determinam, concomitantemente, a abertura de novos possíveis, cada vez mais numerosos, cujas interpretações são cada vez mais ricas.

Em relação aos novos possíveis, segundo Leite e Medeiros (1992), o que interessa não é seu aspecto dedutível, mas sim o processo de formação das possibilidades, a abertura para os novos possíveis que o sujeito descobrirá por si mesmo. Como exemplo, tem-se ordenar diversos objetos de todas as maneiras possíveis. Logo, a construção ou criação do que existia somente em um estado virtual do “possível” deverá ser atualizada pelo sujeito.

Outra concepção, na visão destes autores, referente aos novos possíveis, é que esses estão constantemente em devenir e não aceitam características estáticas. Desta maneira, um possível “torna-se possível” quando atinge a fase do atualizável ou quando é concebido e/ou compreendido em suas condições de atualização.

Sendo assim, neste último momento, é preciso entender o pensamento do adolescente, para melhor caracterizar os sujeitos da pesquisa e, a partir daí, elaborar uma proposta pedagógica de aprendizagem de Física capaz de satisfazer às necessidades dos adolescentes.

8 O PENSAMENTO DO ADOLESCENTE

A fim de compreender como os adolescentes pensam, os trabalhos de Inhelder e Piaget (1976) servem de referencial teórico porque se referem ao pensamento experimental de adolescentes. Esses adolescentes foram submetidos a enfrentar aparelhos que os levaram, simultaneamente, à ação e reflexão.

Os resultados obtidos por Inhelder e Piaget nesses experimentos parecem comportar uma conclusão que distingue claramente o adolescente da criança. A criança chega apenas a lidar com operações concretas de classes, de relações e números, cuja estrutura não vai além do nível dos agrupamentos lógicos elementares ou dos grupos numéricos aditivos e multiplicativos. Ela consegue utilizar as duas formas complementares da reversibilidade, a inversão para as classes e os números e a reciprocidade¹² para as relações. Entretanto, a criança não consegue fundi-las em um sistema único e totalizante, característico da lógica formal.

Segundo Inhelder e Piaget (ibid., p. 250), o adolescente apresenta uma tendência geral para construir teorias e utilizar as ideologias do contexto em que

¹² A reciprocidade é caracterizada pela equivalência das operações, o que pode ser observado numa conversa em que mensagens são respondidas numa construção mútua. Assim, a mensagem não tem um único sentido, podendo ser respondida. Porém, é necessário conservá-la para poder respondê-la. Inhelder e Piaget (1976); Piaget (1973).

vive. Essa tendência natural da adolescência só pode ser explicada através das transformações do pensamento e da integração na sociedade adulta. Não podemos esquecer que a integração na sociedade adulta inclui uma reestruturação total da personalidade, na qual o aspecto intelectual acompanha ou complementa o aspecto afetivo.

Assim, parece evidente que o desenvolvimento das estruturas formais da adolescência está ligado ao desenvolvimento das estruturas cerebrais. Entretanto, esta ligação apresenta uma certa complexidade, considerando que a constituição das estruturas formais também depende do meio social. Portanto, para que o meio social atue realmente sobre os cérebros individuais, é necessário que estes apresentem condições de assimilar os subsídios desse meio. Assim, há necessidade de uma maturação suficiente dos aparatos cerebrais do sujeito.

Como consequência desse processo, que caracteriza as trocas entre o sistema nervoso e o meio social, derivam duas consequências. Em primeiro lugar, as estruturas formais não seriam inatas da compreensão, e seriam escritas previamente no sistema nervoso. Não seriam, também, representações coletivas que existem totalmente elaboradas fora e acima dos sujeitos, mas formas de equilíbrio que se estabeleceriam gradativamente no sistema de trocas entre os sujeitos e o meio físico, e no sistema de trocas entre sujeitos. Esses dois sistemas consistiriam em apenas um, que poderia ser visto sob duas perspectivas diferentes.

Em segundo lugar, deve-se considerar que, entre o sistema nervoso e a sociedade, existe uma atividade individual, um conjunto de experiências e atividades realizadas pelo sujeito, com o propósito de adaptar-se paralelamente ao meio ambiente e ao social. Portanto, se as estruturas formais são leis de equilíbrio e se existe uma atividade funcional característica do sujeito, espera-se que o adolescente apresente uma variedade de manifestações espontâneas que traduzam esta construção das estruturas formais. Isto garantirá sua integração no contexto social dos adultos.

Dessa maneira, segundo Inhelder e Piaget (ibid., p. 253), ao contrário do que acontece com a criança, que se considera inferior e subordinada ao adulto, o adolescente começa a considerar-se igual aos adultos e a julgá-los num plano de igualdade e de completa reciprocidade.

O adolescente não se satisfaz mais em viver somente as relações interindividuais proporcionadas por seu ambiente, nem com o uso de sua inteligência para solucionar os problemas atuais. Esse sujeito vai mais além, procurando interagir de um modo participativo das idéias, dos ideais e das ideologias de um grupo mais amplo. Então, se aproveita de um certo número de símbolos verbais que funcionam como mediadores do processo de interação e que o deixavam indiferente quando criança.

A capacidade de reflexão, que permite ao adolescente fugir do concreto atual na direção do abstrato e do possível, explica por que ele constrói teorias. Entretanto, além de construir suas teorias, o adolescente adota outras já existentes, reconstruindo-as. Além da necessidade de participar das ideologias do contexto adulto, ele deseja atingir uma concepção de coisas que lhe viabilizem criar e afirmar-se, bem como lhe garanta um êxito superior aos seus antecessores.

Segundo Inhelder e Piaget (ibid., p. 255), com a elaboração do pensamento formal, o universo do adolescente sofre uma amplificação e, com isto, uma forma específica de egocentrismo se manifesta, apontando uma das características relativamente constantes da adolescência. Essa forma de egocentrismo característico da adolescência se manifesta por um tipo de messianismo, onde as teorias estão centradas na atividade reformadora que o sujeito pretende desempenhar no futuro.

Entretanto, em seqüência dessa fase egocêntrica, acontece naturalmente um processo de descentração, que permite que o sujeito se liberte de seus pensamentos idealistas e atinja novamente o real. O sujeito abandona a adolescência, entrando finalmente na vida adulta. Essa descentração se realiza paralelamente no plano social e no plano intelectual, de forma semelhante, como no nível das operações concretas.

A vida social e o trabalho são fatores importantes no processo de descentração do adolescente. É através das discussões em grupo que o sujeito descobre os limites de suas teorias, deixando de ser idealista e reformador, para ser um realizador.

Finalmente, para Inhelder e Piaget (ibid, p. 257), as aquisições intelectuais do período da adolescência são paralelas às aquisições afetivas. Assim, para a formação da personalidade, considerar-se-á as transformações do pensamento e, como consequência, a construção das estruturas do pensamento formal.

Neste contexto, o círculo das ciências não aceita nenhum tipo de linearidade, entretanto surge daí o acordo do pensamento e do real, já que a ação descende das leis de um organismo que é, ao mesmo tempo, um objeto físico que coexiste entre outros, e a fonte do sujeito que age e depois reflete sobre sua ação.

Apresenta-se a seguir, o ambiente virtual ROODA que serviu de suporte tecnológico à proposta de aprendizagem de Física ROODA Tekton.

9 ROODA – UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

Dando seqüência ao levantamento bibliográfico, será descrito o ambiente ROODA (Rede COOperativa de Aprendizagem), por se tratar de uma alternativa viável à aprendizagem de Física. O ambiente está disponível em: <http://rooda.edu.ufgrs.br>. Esse ambiente, como já mencionado inicialmente, é um produto desenvolvido pelo Núcleo de Tecnologia Digital Aplicada à Educação – NUTED, da Faculdade de Educação FAGED, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Ele é resultante de um primeiro passo frente às mudanças do paradigma educacional tradicional.

De acordo com Behar (2002), o ROODA procura buscar novas soluções para integrar o ensino médio e superior do país em uma única rede cooperativa. O ROODA é um ambiente virtual, onde os sujeitos da aprendizagem podem realizar contínuas interações, trocar idéias e refletir sobre algum tema e, conseqüentemente, construir conhecimento.

Segundo a autora, o projeto de pesquisa ROODA aborda uma área de conhecimento interdisciplinar que integra a Tecnologia Digital com a Educação. O principal objetivo do trabalho é a construção de um ambiente de educação à distância, que vise ao desenvolvimento cognitivo, sócio-afetivo e profissional dos tele-aprendizes. O termo tele-aprendizes é utilizado para designar os sujeitos que vivenciam interações, produzem novas relações e constroem seus conhecimentos em ambientes virtuais de aprendizagem. O ambiente disponibiliza aos usuários diversas funcionalidades, com o objetivo de promover a comunicação, interação,

cooperação entre os sujeitos, bem como a produção e a publicação de materiais através da *Web*.

Portanto, o ROODA busca a qualificação do processo de aprendizagem, rompendo com o paradigma de ensino cartesiano (linear) e fechado, que ainda se apresenta em vários ambientes educacionais contemporâneos, tanto presenciais como virtuais. Ele é um ambiente para a educação à distância, baseado na *Web* e está licenciado sob GPL, com base na política de Software Livre.

Este software foi programado com uma série de *scripts* que são executados através de um *Browser* em um servidor ligado à Internet ou a uma rede. A plataforma Linux foi adotada para o desenvolvimento do ambiente e sistema operacional do servidor, por se tratar de um Software Livre. Para a programação dos *scripts*, utilizou-se a linguagem de programação PHP4, que roda como um módulo do servidor http Apache. O motivo de escolha dessa linguagem de programação é a sua grande flexibilidade e fácil compreensão, o que possibilita que pessoas com noções básicas de programação possam realizar pequenas alterações no sistema. Outro fator determinante foi que, tanto a linguagem PHP4 quanto o Apache, estão disponíveis na maior parte das distribuições Linux.

Para a construção do ROODA, levou-se em conta alguns aspectos pedagógicos considerados essenciais, segundo Behar (2001). Portanto, é necessário definir o significado dos conceitos que envolvem o próprio nome, ou seja, Rede, Cooperação e Aprendizagem. Rede está se referindo a uma interconexão de computadores e de pessoas, com características próprias, que fazem parte deste mundo. Neste contexto, é necessário proporcionar formas de “encontros virtuais” e de espaços de convivência por meio do ambiente, para que, através do trabalho cooperativo, o sujeito possa construir o conhecimento.

A proposta visa a formar um sujeito autônomo, educado dentro de uma totalidade, considerando as dimensões do corpo, mente, sentimentos, o individual, o grupal e o social. Em relação ao papel do professor, considera-se este como um parceiro, facilitador da aprendizagem, aquele que possibilita a construção do conhecimento, mostrando os possíveis caminhos, sem aprisionar a imaginação e

sem estabelecer relações por ou para seus alunos. Portanto, a cooperação e a interação entram como os conceitos chaves que fundamentam o ROODA.

O ROODA apresenta, segundo Behar (2001), funções sofisticadas, visando a favorecer a interação e, conseqüentemente, a cooperação entre os tele-aprendizes. Entre estas funcionalidades podemos citar: uma Interface amigável, Área de publicação do *webfólio* do tele-aprendiz, Fórum, Chat, Diário de bordo, Produções, ROODA Finder, Sistema de administração do ambiente e Sistema de acompanhamento do professor. Além dessas funcionalidades, também está sendo desenvolvido o E-mail.

A presente pesquisa tem como foco principal a interação entre os sujeitos. Portanto, é preciso descrever as ferramentas disponibilizadas pelo ambiente ROODA que favorecem esse processo através da comunicação síncrona e/ou assíncrona e que foram utilizadas pelos sujeitos da pesquisa no momento em que lhes foi apresentada a proposta pedagógica de Física. São elas:

- Fórum: é um local onde os alunos ficam sabendo o que está acontecendo no ambiente e o que seus colegas estão fazendo. Esse recurso é um espaço livre, onde todos os usuários podem se manifestar e debater diversos assuntos.
- Chat: é um sistema de comunicação distribuída em tempo real. Com essa ferramenta, os alunos podem debater um tema proposto, conversando com diferentes colegas em uma sala de bate-papo.
- Produções: mecanismo que permite aos tele-aprendizes elaborar trabalhos. Esses trabalhos podem ser construídos de forma individual ou em grupo. Os sujeitos podem ver as produções de seus colegas e, se for do seu interesse, cooperar/colaborar com os mesmos.
- ROODA Finder: através dessa ferramenta, o sujeito pode enviar e receber mensagens on-line. É uma interface, com uma lista que contém o nome de todos os colegas da disciplina que estão conectados no ambiente. Para

enviar ou receber mensagens on-line basta clicar sobre o nome da pessoa escolhida, digitar a mensagem e clicar “enviar”.

O ROODA, por ser um software livre, pode ser utilizado por qualquer instituição de ensino, sem nenhum custo adicional, pois não existe uma pessoa e/ou um grupo de pessoas que é dono do conhecimento sobre como o ambiente foi feito. Esse princípio, juntamente com os recursos que potencializam o trabalho cooperativo oferecido pelo ambiente, foi considerado chave para a incorporação da proposta pedagógica de aprendizagem de Física.

A seguir apresenta-se, brevemente, mas de forma detalhada, a filosofia de software livre e alguns projetos que já existem no país.

9.1 SOFTWARE LIVRE

Segundo o Projeto Software Livre – RS (2002), “Software Livre” é uma questão de liberdade, não de preço. Para uma melhor compreensão do conceito, deve-se pensar em liberdade de expressão. Portanto, o termo “Software Livre” se refere à liberdade de os usuários executarem, copiarem, estudarem, modificarem e aperfeiçoarem um software. Os usuários do software podem executar o programa para qualquer propósito, estudar como o programa funciona e adaptá-lo para as suas necessidades, pois o acesso ao código-fonte é um pré-requisito para essa liberdade.

A política do Software Livre permite aos seus usuários redistribuir cópias, de modo que se possa ajudar o próximo e se aperfeiçoe o programa, beneficiando com isto toda a comunidade.

O Projeto Software Livre – RS (2002), disponível em <http://www.softwarelivre.rs.gov.br>, é uma parceria do Governo do Estado do Rio Grande do Sul com instituições públicas e privadas do Estado. Tem como principal objetivo a promoção do uso de Softwares Livres, como alternativa econômica e tecnológica ao mundo proprietário, o qual tem, desde sempre, estabelecido as regras de custo e de desenvolvimento do setor em todo o mundo. Esse projeto pretende

investir na produção e qualificação do conhecimento local, a partir de uma nova perspectiva: a questão tecnológica no contexto da construção de mundo, com igualdade de acesso aos avanços sociais e inclusão social.

Em meio às iniciativas do Projeto Software Livre – RS, está a implantação de uma Rede de laboratórios em empresas e universidades, para o estudo do GNU / LINUX e demais software livres; a estruturação de um curso de suporte para a área; a criação de um Consórcio Editorial para a publicação de livros, manuais, apostilas e a realização de um Evento Anual para a divulgação do GNU / LINUX e demais softwares.

No projeto Software Livre – CCUEC – UNICAMP (2002), as universidades têm um importante papel na criação e disseminação de informações e conhecimentos. Elas vêm se utilizando dos softwares livres para cumprir esse dever. Eles fornecem uma plataforma para o desenvolvimento de praticamente qualquer tipo de solução. Essas soluções podem ser administrativas ou ferramentas para a pesquisa científica.

O mundo acadêmico utiliza o software livre de longa data. Ele se tornou uma alternativa viável ao sistema proprietário. Existem, atualmente, sistemas completos de gestão universitária e para pesquisa, baseados em softwares livres. São criados e mantidos com custo muito menor do que os sistemas proprietários.

Os sistemas proprietários apresentam um custo muito elevado de aquisição de licenças e de manutenção. Cada nova atualização no sistema representa um novo gasto. Assim, esse tipo de plataforma constitui grande obstáculo de inovação para as universidades e outras instituições de ensino.

Com a opção pelo software livre, a liberdade de criar é total, pois um bom número desse tipo de software está disponível na Internet a custo zero. Com o código-fonte disponível, basta apenas um pouco de conhecimento para adequar o que existe às necessidades da comunidade em questão.

Em relação aos sistemas proprietários, não se pode deixar de comentar a questão dos descontos e ofertas generosas que empresas de software fazem para as universidades e instituições de ensino. Essa generosidade, entretanto, pode ter conseqüências negativas, pois às vezes são sistemas ambiciosos, que visam a converter toda uma base de conhecimento para um sistema proprietário. Assim, passados alguns anos, quando a dependência da instituição é completa, é feita uma reavaliação dos termos de licenciamento. Então, nenhuma alternativa é deixada para a instituição que, para manter o sistema, deve pagar um preço considerável.

Portanto, uma grande economia pode ser feita com a opção por alternativas baseadas em software livre. Entretanto, a economia não é o fator principal e, sim, a liberdade de se poder escolher, criar e inovar. O uso de software livre é um fator importante para a economia de nosso Estado, nosso País, e para a melhoria de nossa qualidade de vida.

Em virtude das funcionalidades tecnológicas e das vantagens econômicas que o ROODA apresenta, por ser um Software Livre, bem como de sua capacidade em auxiliar na aprendizagem cooperativa, permitindo a incorporação de uma proposta pedagógica em sua estrutura material, justifica-se o uso deste ambiente de aprendizagem na presente pesquisa.

Portanto, foi uma primeira experiência levando a aprendizagem de Física para um ambiente virtual, mas a idéia é divulgar esse material para que seja utilizado por outras instituições educacionais.

Procura-se romper com o paradigma tradicional de ensino, promovendo a interação, a comunicação e a cooperação entre os sujeitos, com a finalidade de produzir novas relações e, conseqüentemente, a construção de conhecimentos.

Nos próximos dois capítulos, serão apresentados um estudo exploratório e outro piloto. O estudo exploratório foi feito para levantar fatores referentes às preferências de adolescentes, quanto à acessibilidade e navegabilidade em ambientes virtuais de Física disponíveis na Internet. Foram entrevistados neste estudo noventa sujeitos, visando apenas a uma pesquisa quantitativa. Já o estudo

piloto foi realizado com um número reduzido de sujeitos, ou seja, com um pequeno grupo de quatro crianças, com o objetivo de verificar como ocorre a tomada de consciência em indivíduos de diferentes idades. Este estudo também foi importante para que a autora compreendesse o método clínico.

10 ESTUDO EXPLORATÓRIO

10.1 INTRODUÇÃO

Este estudo foi elaborado a partir do Projeto de Dissertação de Mestrado da autora, com o objetivo de planejar e desenvolver o design da proposta de aprendizagem de Física. Deseja-se, através desta proposta, acompanhar a tomada de consciência dos conceitos físicos de sujeitos adolescentes, em aulas presenciais apoiadas por um ambiente virtual. Fez-se um levantamento com os respectivos sujeitos, buscando acompanhar as interações destes com a estrutura de ambientes virtuais de Física disponibilizados na Internet. A partir destes levantamentos, foram suscitados questionamentos presentes na construção de um ambiente, privilegiando os aspectos referentes às preferências dos participantes, bem como a acessibilidade e navegabilidade. Também foram observados como estes sujeitos eram instigados e sensibilizados ao navegarem e quais os fatores que influenciam nas suas escolhas.

Para isso, foram apresentados diferentes endereços de sites predeterminados e dado um tempo para que os mesmos fossem explorados. Nesta primeira etapa, foi observada a reação dos sujeitos diante da estrutura dos sites. Em seguida, foi feita uma entrevista estruturada com os sujeitos, buscando construir parâmetros sobre o que eles gostaram de fazer e o que gostariam de encontrar na Web. O instrumento para a coleta de dados está disponível no capítulo 13. Os sites selecionados foram os seguintes:

1. <http://www.professor.pro.br/fisica.htm>
2. <http://www.angelfire.com/hi/guarany/page1.html>

3. <http://www.scite.pro.br/>
4. <http://www.adorofisica.com.br/>
5. <http://www.geocities.com/>
6. http://www.unijui.tche.br/~martinelli/im_fae.htm
7. <http://www.moderna2000.com.br/fisicaonline/>
8. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>
9. <http://www.terra.com.br/fisicanet/>
10. <http://www.bisquolo.hpg.com.br>
11. <http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/index.html>
12. <http://br.geocities.com/jcc5000/>

O levantamento foi realizado com um total de noventa sujeitos que cursavam o 1º ano do Ensino Médio do Instituto Estadual de Educação Ernesto Alves, da cidade de Rio Pardo e com sujeitos do 1º, 2º e 3º anos do Ensino Médio da Escola EDUCAR-SE, escola de aplicação da UNISC (Universidade de Santa Cruz do Sul), no período de agosto a novembro de 2001. Esses dados fazem parte da fundamentação teórico-metodológica que embasa a estruturação de uma interface direcionada para adolescentes, a ser incorporada no ambiente ROODA.

Através do relato dessas experiências, quer-se apresentar como os adolescentes interagiram com os ambientes virtuais de Física acessados, o que pensam e como gostariam que eles fossem.

Com este estudo foi possível traçar o perfil do usuário e o tipo de interface que é do seu agrado. Considera-se que uma interface elaborada com base nas preferências desta faixa etária, sensibilizará o sujeito a interagir com as funcionalidades do ambiente, favorecendo as interações entre o sujeito e o ambiente virtual, bem como as interações interindividuais.

10.2 INTERAÇÃO EM AMBIENTES VIRTUAIS

Ao focar as interações de adolescentes em ambientes virtuais, salienta-se a importância de explicar como é entendida esta expressão. Neste contexto, considera-se ambiente virtual todo o ambiente computacional com recursos para suporte às interações interindividuais e os sujeitos que participam deste. Sua estrutura é formada pela interface e dispositivos de comunicação síncrona e/ou assíncrona. O ambiente virtual pode ser explorado dentro de propostas voltadas à aprendizagem, ao ensino, ao entretenimento e/ou fins comerciais. Contudo, neste estudo, são enfocadas as questões referentes à aprendizagem.

Este estudo em torno das interações tem como pressuposto a pesquisa de Piaget (1973). Para o autor, interação é um processo complexo de trocas e significações, a partir do qual sujeito e objeto se transformam.

Dentro da perspectiva que privilegia as interações interindividuais, reporta-se ao desenvolvimento e implementação da estrutura de um ambiente virtual, acreditando que ela interfere na vivência das mesmas, podendo restringir ou ampliar as possibilidades de os sujeitos se comunicarem e construir conhecimento de forma coletiva. Entende-se nesta abordagem que a estrutura do ambiente, através de sua interface e seus dispositivos comunicacionais, pode oportunizar interações entre os sujeitos, favorecendo a constituição da coletividade. Neste pressuposto, tem-se também a valorização da maneira como as ferramentas são disponibilizadas e qual a linguagem usada no ambiente para ampliar essa aproximação entre os sujeitos que o acessam.

Para possibilitar a interação entre os sujeitos, valorizando as trocas e a construção feita pelos mesmos, é necessário disponibilizar ferramentas que operacionalizem a comunicação. Essas ferramentas podem ser síncronas ou assíncronas, porém a proposta de trabalho e o modo como os sujeitos a utilizam vai depender de cada um, isto é, do significado que se dê a essa ferramenta. Por exemplo, uma ferramenta assíncrona, como o fórum, pode ser usada de forma síncrona, assemelhando-se a um *chat*.

As ferramentas que possibilitam as interações interindividuais podem ser divididas¹³ em: um-um (a mensagem é emitida por uma pessoa e recebida por outra que pode respondê-la, como no ICQ) e todos-todos (várias pessoas dialogam, como no fórum e no chat). Com elas, a mensagem não fica restrita ao envio, caracterizando a relação que se forma entre as pessoas durante sua construção, numa perspectiva que valoriza a atitude responsiva. Nem todos os recursos da Internet possibilitam essa postura, alguns ficam restritos à visualização de páginas; porém, ao serem integrados, abrem-se novos espaços para que as pessoas possam se posicionar e responder às mensagens recebidas. Isso amplia as possíveis interações entre os indivíduos. Ressalta-se a importância de um ambiente virtual integrar suas ferramentas de forma que não dificulte o compartilhamento das mensagens e possibilite que essas sejam respondidas. Desse modo, vários espaços e formas de comunicação podem coexistir, não sendo necessário que os sujeitos participantes usem todas as ferramentas durante sua interação no ambiente.

A possível interação entre os sujeitos que acessam o ambiente é influenciada pela navegabilidade e acessibilidade do mesmo. Ao referir-se a estes conceitos, reporta-se ao acesso às ferramentas e conteúdos, interferindo na interação e na construção coletiva. Isso coloca em questão se o internauta encontra o desejado com facilidade, se o ambiente apresenta erros de programação ou se demora muito para baixar as páginas solicitadas, entre outros aspectos presentes no manuseio do ambiente.

¹³ Essa divisão tem como referência o dispositivo comunicacional descrito por Lévy (1999, p. 63) como o que “designa a relação entre os participantes da comunicação”.

10.3 REFLEXÕES SOBRE O PLANEJAMENTO DE AMBIENTES VIRTUAIS PARA ADOLESCENTES

O planejamento da estrutura de um ambiente virtual que favorece as interações interindividuais entre adolescentes não se resume ao aspecto lúdico ou a uma linguagem própria desta faixa etária, numa pretensa tentativa de se aproximar desses sujeitos. Os usuários de um ambiente têm suas preferências e estas devem ser privilegiadas, de modo que a sua proposta possa instigá-los a participar, sensibilizando-os. A construção de um ambiente virtual requer que se leve em conta o sujeito participante e sua caminhada para se constituir como tal, o que inclui cultura, língua, gostos e opiniões. Lévy (1993) salienta a importância de se valorizar as particularidades da espécie humana, hábitos adquiridos com outras tecnologias e práticas cristalizadas. Para tanto, acrescenta-se que é imprescindível direcionar estes aspectos à idade dos sujeitos e à proposta do ambiente. Esta idéia influencia na sua interface e nas ferramentas.

Para que um ambiente virtual possibilite a interação entre seus usuários, é necessário considerar através de que ferramentas ela pode ocorrer. Também é importante a clareza nos atalhos que levam a essas ferramentas, o que inclui suas mensagens, ícones e denominações. A valorização das mais variadas contribuições e da transversalidade favorece a construção coletiva e o trabalho cooperativo, contribuindo para o exercício do diálogo entre os sujeitos participantes e valorizando as pessoas que constituem o ambiente.

Nesta perspectiva tem-se, tanto no desenvolvimento das ferramentas quanto da interface, uma dialética. Ou seja, dependendo de como o ambiente for implementado, pode restringir ou ampliar as interações interindividuais. Esse processo de construção é polifônico¹⁴ e remete a ouvir sobre interesses e gostos do público que se quer trabalhar. Ele é marcado pela constante descentração de quem o está planejando, tentando descolar-se entre os diversos olhares possíveis. Numa perspectiva bakhtiniana, entende-se como a busca pela exotopia, vista como

compreensão ativa na qual não se renuncia a si mesmo, nem ao seu tempo e cultura, mas busca-se um deslizamento para o outro ponto de vista, sem perder a noção de que essa tentativa está sendo influenciada pelas próprias vivências e encontrando a possibilidade de formular novas perguntas. Trata-se de um adulto construindo algo para adolescentes, com todas as idealizações desta faixa etária e todos os seus momentos vividos. O adulto não terá a mesma leitura que o público que acessará o ambiente, mas pode buscar essa aproximação com os sujeitos que deseja trabalhar.

Os adolescentes devem ser ouvidos nesse processo, dialogando com a equipe desenvolvedora do software e mostrando o quanto é importante sua participação. Esse diálogo entre quem planeja e quem acessa o ambiente virtual favorece a busca por novas perspectivas diante do que está sendo construído, ampliando os canais de interação entre os participantes.

Faz parte desta escuta em relação à faixa etária para a qual está sendo construído o ambiente, o estudo do desenvolvimento cognitivo, buscando acompanhar as argumentações e sugestões feitas e facilitando o acesso às ferramentas. Questões como reversibilidade, conservação e autonomia¹⁵ são de extrema relevância para o planejamento da maneira como as ferramentas e conteúdos podem ser disponibilizados. Se o ambiente abre várias janelas ao mesmo tempo ou é preciso deslocar-se do local onde está o enunciado para o local em que se envia a contribuição, essas ações podem dispersar e dificultar a construção coletiva.

Se por um lado é preciso disponibilizar diferentes caminhos aos usuários para que estes cheguem pelos seus próprios meios à informação desejada, por outro, é muito difícil projetar e construir um ambiente que comporte esse tipo de ação. Mas, ao restringir os caminhos de acesso, limita-se a navegabilidade e se interfere na

¹⁴ A expressão polifonia é usada com base em Bakhtin (2000) para caracterizar a multiplicidade de vozes.

¹⁵ Os conceitos reversibilidade, conservação e autonomia são usados com base em Piaget (1973).

interação interindividual. A valorização da diversidade dos sujeitos que o acessam remete também à disposição dos atalhos.

Porém, é necessário cuidar para não exceder nos links e ferramentas, levando à dispersão. Logo, vive-se constantemente em um paradoxo entre não fechar em demasia as possibilidades de interação, nem ampliá-las a ponto de confundir os sujeitos com excesso de recursos. O que faria um adolescente com vários fóruns e bate-papos para ler e responder, tendo que entrar em muitas janelas toda vez que acessa o ambiente? Este questionamento deve permear o processo exotópico no decorrer desta construção.

Dentro deste paradigma e com o intuito de desenvolver o design de uma proposta de aprendizagem de Física que sensibilize e desafie os adolescentes, serão relatadas a seguir as pesquisas referentes à identificação de alguns fatores que favorecem a acessibilidade e navegabilidade dos sujeitos adolescentes em ambientes virtuais.

10.4 APONTAMENTOS SOBRE A INTERAÇÃO DE ADOLESCENTES EM AMBIENTES VIRTUAIS

Neste estudo exploratório, primeiramente, os sujeitos utilizaram, individualmente ou em dupla, cada computador. O processo de exploração e análise dos sites aconteceu da seguinte forma: (1) os adolescentes acessaram cada um dos sites selecionados e exploraram seus recursos e conteúdos, analisando sua interface; (2) posteriormente fizeram comparações entre os recursos, conteúdos e a interface dos diferentes sites explorados; (3) através das comparações feitas, os sujeitos estabeleceram relações entre o que cada site oferecia em termos de recursos, conteúdos e interface e suas preferências individuais; (4) finalmente, cada sujeito registrou suas observações, conclusões e preferências em um instrumento de coleta de dados, na forma de um questionário. Esse questionário foi assistido pelo pesquisador, ou seja, dialogou-se com os sujeitos durante a fase de registro dos dados esclarecendo dúvidas quanto ao preenchimento do mesmo e/ou em relação às análises e conclusões de cada sujeito.

Os questionários assistidos contemplaram questões referentes a: apresentações estruturadas (textos, tabelas, listas, etc.); cores que usaria na elaboração de um site; utilidades dos vídeos, sons e animações; pertinência das figuras e dos textos decorativos; coisas que não gostou nos sites; familiaridade com os ícones; clareza na apresentação das informações e qual o site preferido dentre os apresentados.

A partir das entrevistas com os sujeitos, constatou-se que, em relação às apresentações referentes a textos, tabelas e listas, a maioria dos sujeitos entrevistada disse que são agradáveis e bem estruturadas, apresentando estruturas cognitivas previamente construídas, que lhes permitiam interpretar esses dados. Em contrapartida, uma minoria considerou as apresentações não agradáveis, pois os ícones e as tabelas não possuíam tamanhos adequados e eram de difícil interpretação e análise, demonstrando a falta de conhecimentos em relação ao assunto. A partir disto, considera-se importante a vinculação dos conhecimentos científicos fornecidos no ambiente virtual com as concepções espontâneas do adolescente, ou seja, a Física do cotidiano¹⁶.

Quanto às cores preferenciais, em primeiro lugar foi a cor azul, seguida do vermelho, preto, verde, branco, laranja e amarelo. Foram registradas conversas informais entre os adolescentes, enquanto estes exploravam os sites. Apesar de a pesquisa ser realizada em diferentes datas e locais e com sujeitos de escolas diferentes, sendo uma da rede pública estadual e a outra da rede privada, observou-se uma determinada preferência comum em relação à interface dos sites. Várias vezes os sujeitos verbalizaram o gosto por cores vivas, como o azul, vermelho, laranja, amarelo e o verde. Entretanto, muitos afirmaram que não é interessante navegar em páginas com muito texto, sem imagens, ícones e/ou vídeos.

¹⁶ Essas expressões são usadas com base em Pietrocola (2000). Entende-se por concepções espontâneas as idéias intuitivas que os seres humanos usam, desde a infância, para explicar os fenômenos físicos do cotidiano. Essas concepções diferem das idéias expressas através dos conceitos, leis e teorias que os sujeitos têm que aprender, ou seja, as concepções científicas. A concepção científica do conhecimento é o conjunto de enfoques particulares com passado de sucesso

Os vídeos, sons e animações disponibilizados nos sites acessados foram considerados elementos úteis por um número significativo dos entrevistados. Muitos deles comentaram durante a entrevista que gostam das animações, figuras e *applets*, pois estas ajudam a descontrair o ambiente, são informativas e favorecem o processo de aprendizagem, demonstrando como as coisas funcionam e simulando experiências. A visualização de imagens e a simulação de fenômenos aproximam o pensamento verbal, contemplado pela escrita, a situações que podem ser vivenciadas no cotidiano.

Os adolescentes ainda se manifestaram, colocando que muitas vezes o som pode ser relaxante, mas que pode, também, atrapalhar durante a aprendizagem. De acordo com os relatos, a situação ideal é que este recurso possa ser ativado ou desativado pelo próprio sujeito. Isso leva a se considerar a importância da possibilidade de escolha para adolescentes, dentro de uma postura ativa.

A maioria dos sujeitos entrevistados apontou o desprezo por *banners* de propaganda em sites que se dizem “educacionais”. Eles consideram esses elementos inúteis e não educativos, propagando uma educação mercantilista. Pode-se observar aqui a capacidade crítica do adolescente, ressaltando que a mesma deve ser valorizada em ambientes virtuais destinados à aprendizagem.

Para 76% dos entrevistados, as figuras e textos decorativos são importantes para a compreensão do conteúdo, auxiliando na navegabilidade do site e tornando-o mais animado. Contudo, concordam que o excesso destes elementos pode dificultar o trabalho durante a navegação. Eles também apontaram que páginas com muito texto escrito, sem ilustrações, e que demoram a carregar, dispersam e fazem com que eles percam o interesse pelo objetivo anteriormente proposto.

A maioria dos adolescentes entrevistados afirmou não gostar quando o site faz propaganda enganosa, ou seja, não oferece tudo que promete. Eles preferem sites que proporcionem, além de conteúdos escolares, jogos e outros entretenimentos. Em relação à quantidade de informação, eles preferem que o

na tarefa de entender a natureza. É uma forma particular de conceber o mundo, construída ao longo de muitos anos de pesquisa.

assunto enfocado seja bem explorado e detalhado, com exemplos, imagens, simulações e disponibilize outros links relacionados. Eles se interessam por sites que enfoquem assuntos e questões relacionados com o vestibular, que auxiliem nas pesquisas, trabalhos e projetos.

De acordo com suas falas e expressões, o menu deve ser bem organizado e o design bonito, arrojado, colorido e com animações. Porém, os critérios bonito e arrojado variam de acordo com o gênero. Enquanto as meninas mencionaram a importância de uma temática romanceada, os meninos relataram adorar sites com visual radical, voltado a temáticas esportivas e/ou a sexo. As meninas, em geral, demonstraram preferência por sites com temas esotéricos, horóscopo, programação da TV (como a novela *Malhação*). Em geral, eles apreciam as cores vivas, os ícones animados e imagem de boa resolução. Entretanto, pode-se observar no gênero feminino, uma maior tendência aos tons pastéis.

Foi acrescentada pelos sujeitos a importância de um conteúdo bem detalhado, com explicações que contemplem gráficos, tabelas, simulações e outros recursos visuais, com um tamanho adequado, de fácil visualização, com cores vivas e variáveis bem definidas. A estrutura do ambiente deve permitir que o som possa ser ativado ou desativado, para que o sujeito possa adequar o ambiente às suas necessidades durante o acesso.

Conforme foi revelado pela maioria dos adolescentes, um bom ambiente virtual é aquele que disponibiliza chat. Através deste dado, observa-se a tendência natural do jovem à vida em grupo, compartilhando suas idéias entre outros da mesma faixa etária.

A maioria dos adolescentes, num total de 67% dos entrevistados, está familiarizada com os ícones encontrados. Porém, o restante destes não chegou a relacioná-los com a função estabelecida por quem planejou o ambiente. Ao desenvolver um ambiente virtual para fins educacionais com adolescentes, deve-se considerar a transparência desses atalhos, ou seja, devem caracterizar sua função dentro da linguagem desta faixa etária. Através das conversas informais mantidas com os sujeitos durante a pesquisa, constatou-se que aqueles que apresentavam dificuldade em dar sentido aos ícones e outros recursos simbólicos, nunca haviam

navegado na Internet. Portanto, tais símbolos não faziam parte de sua vivência cotidiana, podendo excluí-los no decorrer da navegação no ambiente virtual.

Quanto à clareza das informações contidas nos sites selecionados, 97% considerou as informações claras e apenas 3% encontraram dificuldades em entendê-las. Os adolescentes justificaram essa questão da seguinte maneira: “*todo site deve ter uma linguagem clara, deve explicar bem o conteúdo e as informações devem estar bem organizadas*”. Para eles, o conteúdo deve ser agrupado de acordo com o gênero, acrescentando que “*Um ‘mapa do site’ sempre é bom*”.

Os sites preferidos pelos sujeitos entrevistados foram o Adorofísica (Figura 3) (<http://www.adorofisica.com.br>), Fisicanet (Figura 4) (<http://www.terra.com.br/fisicanet>) e o Kiaula (<http://kiaula.com.br>). O site Adorofísica foi o mais votado. Segundo os sujeitos, ele é o mais completo e apresenta vários assuntos relacionados com a Física, seu conteúdo é disponibilizado de maneira clara e de fácil compreensão. Ressaltaram, ainda, que o ambiente informa sobre a Física do cotidiano e apresenta projetos relacionados com o assunto, sendo bom para fazer pesquisa, com informações bem detalhadas e conteúdos aprofundados. Para eles, o que falta no site é apresentar simulações. Com base na preferência dos adolescentes entrevistados, pode-se salientar a importância do entrelaçamento das concepções espontâneas com as científicas.



Figura 2 – tela de entrada do site Adorofísica.

A página principal do site Adorofísica apresenta links para páginas que falam sobre a Física do cotidiano, para páginas de auxílio à pesquisa, textos sobre educação, trabalhos e projetos, interação, chat, biblioteca, jornais, cartões, sites de

busca, sites de amigos, vestibulares, revistas, viagens, explicações sobre o site, experimentos/experiências e simulações que auxiliam a comprovar os fenômenos físicos.

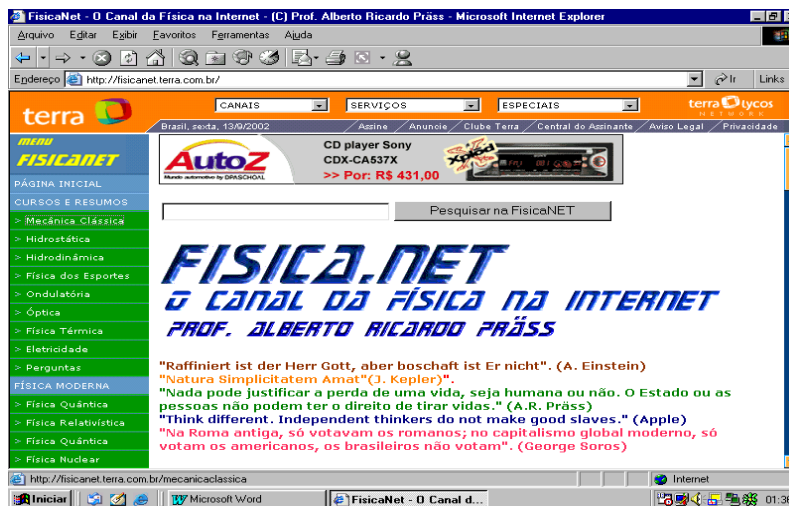


Figura 3 – tela de entrada do Fisicanet

A página principal do Fisicanet apresenta links para diversos conteúdos da Física. Também são encontrados links para simulações, personalidades e a história da Física. O site oferece várias ferramentas como chat, fórum, calculadora, conversor de unidades e dispositivos de busca.

10.5 CONCLUSÃO DO ESTUDO EXPLORATÓRIO

Ao procurar apontar fatores referentes à interação de adolescentes em ambientes virtuais, acompanhou-se como se apresenta a interação entre estes e a estrutura do ambiente. Com isto, foram problematizadas questões referentes às preferências dos jovens, quanto à navegabilidade e acessibilidade de ambientes virtuais, a fim de sensibilizar e instigar os sujeitos no decorrer de seus acessos.

Tendo como premissa que o planejamento e implementação de um ambiente virtual é um processo constante de descentração, em que a equipe criadora busca uma aproximação com os pretendidos sujeitos que o acessarão, acompanha-se a importância do estabelecimento de um diálogo entre quem constrói e quem acessa. Esse processo é marcado pela escuta e por uma compreensão ativa da equipe

criadora. Portanto, no decorrer do desenvolvimento da estrutura de ambientes virtuais, são recomendados momentos para ouvir as vozes dos adolescentes, considerando suas preferências na construção da mesma.

A partir destes levantamentos iniciais, que tiveram como pressupostos a escuta dos sujeitos de pesquisa da dissertação de mestrado da autora e o desenvolvimento cognitivo referenciado por Jean Piaget, foram levantados alguns aspectos considerados básicos para a ampliação das possibilidades de interações interindividuais, a fim de favorecer a cooperação. Esses aspectos não são tidos como verdades absolutas dentro deste planejamento, mas sim como norteadores no desenvolvimento da estrutura de um ambiente virtual. Neste paradigma, está implícito o objetivo de elaborar uma proposta pedagógica de aprendizagem de Física, que possibilite acompanhar o processo de tomada de consciência dos conceitos físicos, durante a interação dos adolescentes em aulas presenciais apoiadas por um ambiente virtual.

Durante o acesso dos sujeitos, pode-se perceber os participantes que estavam familiarizados com o uso do computador e da rede, já haviam construído uma lógica para acessar ferramentas e conteúdos, tendo em vista que esta é uma lógica de navegação cristalizada na Internet. Mas ao mesmo tempo em que alguns se movimentaram com uma certa autonomia nos ambientes apresentados, outros não haviam construído as estruturas necessárias dentro desta lógica, influenciando na navegabilidade e acessibilidade. Essa constatação foi acompanhada de um questionamento: “O que fazer para se aproximar dos nossos pretensos sujeitos e não excluir os que ainda não têm esta lógica de navegação construída?”.

Dentre as respostas encontradas, está a de se disponibilizar mais de um caminho para o acesso às ferramentas e conteúdos, porém, sem saturar as páginas com links e atalhos. Os adolescentes destacaram a sua preferência por um mapa do site. Na construção destes diferentes caminhos, sugere-se a valorização dos aspectos do pensamento intuitivo¹⁷, que se manifesta entre o período pré-conceptual

¹⁷ Uma proposta voltada ao intuitivo, com base em Piaget (1973), valoriza as antecipações e reconstituições representativas.

e operatório, acompanhando o sujeito durante o seu desenvolvimento. Essa proposta, ao valorizar o caminho intuitivo e a reversibilidade de ações durante a exploração de ambientes virtuais, possibilita uma adaptação do sujeito em relação à navegabilidade, favorecendo que ele norteie sua navegação.

O aspecto lúdico e o diálogo com as vivências cotidianas também estão presentes nos anseios dos entrevistados. Contudo, o ambiente não deve ficar resumido a isso, ele deve abrir espaços para que os sujeitos participem de maneira ativa, ou seja, para que eles discutam assuntos relevantes, elaborem e publiquem as suas produções. Esses espaços não devem ficar resumidos à competição e à simples transmissão de informação, onde apenas a melhor contribuição é publicada. Eles também devem ser permeados pelo movimento ação-reflexão-ação, possibilitando a volta do sujeito e a reformulação do que foi enviado, valorizando um processo recheado de idas e voltas, com construções e reconstruções.

A integração das ferramentas, de forma que possibilitem o acompanhamento do processo, mostra-se de grande relevância no favorecimento da cooperação. Ao separá-las em ambientes distintos pode dificultar a volta ao que foi mencionado, interferindo numa postura que privilegia repensar o processo. O excesso de janelas e programas abertos pode levar à dispersão, tirando o foco da interação com o outro, para ser colocado no manuseio das ferramentas e acesso às páginas. Volta-se a afirmar que não é necessário o uso de todos os recursos na valorização de uma postura ativa e recíproca, mas que esta integração favoreça ao retorno ao que foi contribuído e, com isto, à reflexão.

Na busca pela construção de uma estrutura entrelaçada com uma proposta sensibilizadora, tem-se a utilização de imagens com movimento e sons, desmistificando a necessidade de ambientes essencialmente verbalizados. Também é conveniente que se utilize tonalidades fortes e vibrantes de cores, como: azul, vermelho, verde, amarelo, laranja, rosa e preto.

Apesar das constatações apresentadas, tem-se na qualidade das intervenções das pessoas que acompanham os adolescentes o principal fator de favorecimento à cooperação em ambientes virtuais. Porém, ao serem feitas em uma estrutura que amplie as possibilidades de interação interindividual, num entrelaçamento entre proposta, estrutura do ambiente e intervenções, tem-se a possibilidade de um

trabalho mais qualificado em relação à Internet. Com isto, ressalta-se a importância de levar em conta o aspecto humano, sem resumir-se ao cunho tecnicista/mercantilista/consumista.

A proposta de aprendizagem de Física ROODA Tekton, levou em consideração todos os aspectos levantados neste estudo. Ela é apresentada no próximo capítulo.

11 PROPOSTA PEDAGÓGICA DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA ROODA TEKTON

O ROODA Tekton é uma proposta de aprendizagem de Física incorporada ao ROODA¹⁸ – *Rede Cooperativa de Aprendizagem*, voltada para a aprendizagem de Física, disponível em <http://rooda.edu.ufrgs.br/paginas/turma-13>. Ela foi desenvolvida no primeiro semestre de 2002.

A sua finalidade é permitir ao professor pesquisador verificar como acontece o processo ativo e constitutivo da tomada de consciência dos conhecimentos físicos, como o sujeito se apropria de um esquema de ação, passando desta forma a compreender o que fez. Ele também serve como material de apoio para o professor. Na mesma perspectiva do ROODA, a proposta de aprendizagem ROODA Tekton procura romper com o paradigma tradicional de ensino, buscando promover uma mudança na concepção matematizada do ensino de Física.

¹⁸ O ROODA foi um dos cinco selecionados em todo o país, no Programa de Apoio à Pesquisa em Educação a Distância – PAPED da CAPES/SEED/MEC, sobre materiais didáticos multimídia para uso ministrado presencialmente ou à distância, via Internet, elaborados por professores do ensino superior de graduação e pós-graduação *strictu sensu* e destinados à aprendizagem de disciplinas, conjunto de disciplinas ou temas transversais dos currículos do Ensino Básico. Os produtos criados no NUTED são: ROODA, ETC, Crianet, ROODA Tekton.

Assim, essa proposta de aprendizagem é considerada mais do que um material didático multimídia, pois existe toda uma filosofia de uso das funcionalidades do ROODA, sem as quais não seria possível acompanhar a aprendizagem dos sujeitos dentro de uma epistemologia construtivista, dando ênfase não apenas ao resultado final, mas sim a todo o processo de construção do conhecimento.

A proposta de aprendizagem ROODA Tekton foi planejada com a metáfora de uma sala de aula, por ser o ambiente onde os adolescentes convivem no dia-a-dia. Segundo Valentini e Fagundes (2001), a metáfora é um recurso lingüístico útil para a cognição humana, traduz a correspondência entre nossas abstrações e fenômenos nomeáveis. A metáfora bem escolhida oferece associações produtivas e funciona como suporte para os pensamentos. Assim, o uso da metáfora nessa proposta de aprendizagem pretende convidar o sujeito a ocupar um novo espaço relacional, um espaço para a troca de idéias, a troca de materiais e informações.

Esse novo espaço é mais do que um endereço no ciberespaço, onde os sujeitos podem acessar informações, enviar dados, perguntas e respostas. Nele não basta somente navegar, pois o sujeito é desafiado o tempo todo a solucionar problemas, estabelecer relações, construir e reconstruir conhecimentos. Assim, a ênfase se dá no processo de interação e na aprendizagem, principalmente no processo de tomada de consciência dos conceitos físicos que ocorre de maneira presencial e semipresencial, através do suporte digital.

O personagem que apresenta a proposta e convida os sujeitos e/ou usuários a realizar as atividades é um adolescente skatista chamado Tekton, identificado com a letra T na sua camiseta. Ele chega na sala de aula de skate, caracterizando, assim, o modo de viver dos sujeitos desta faixa etária, sensibilizando o usuário através de uma possível identificação com o personagem. Ao explorar o site, o jovem encontra links e animações que conduzem aos recursos pedagógicos e aos desafios.

Com o objetivo de facilitar o acesso do público adolescente a todos os recursos e páginas do ROODA Tekton, optou-se por disponibilizar mais de um caminho para se chegar ao mesmo local. Assim, pode-se chegar na página desejada,

clicando-se nos objetos e personagens que se encontram na sala de aula, ou ainda clicando-se no menu que fica na parte inferior da tela da sala. Essa opção possibilita que o usuário escolha qual caminho prefere, evitando, assim, uma navegação linear. A figura 4 representa o adolescente Tekton chegando na sala de aula.

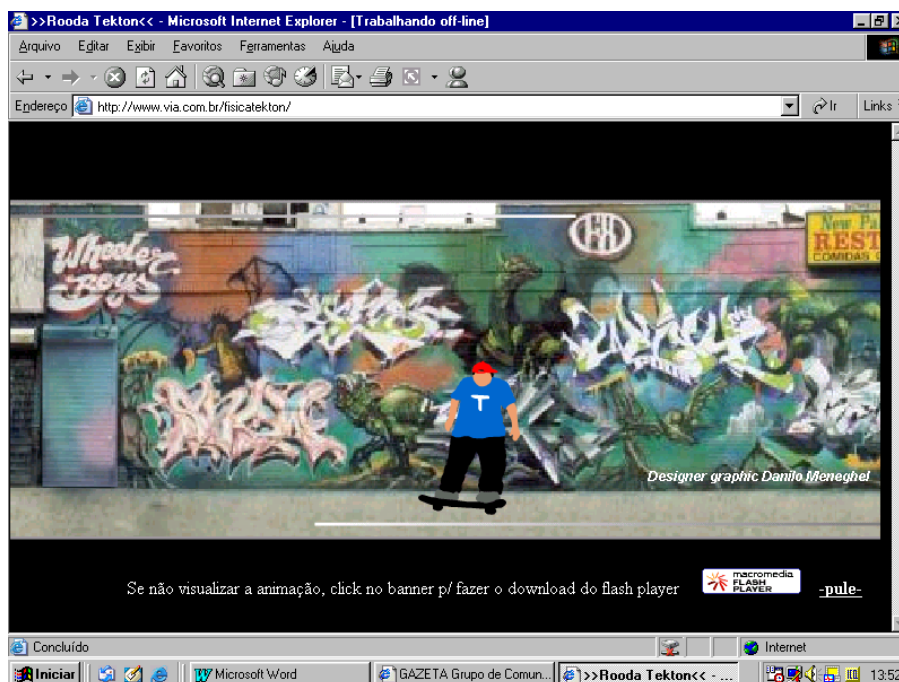


Figura 4 – Tekton chegando na sala de aula

A Figura 5 representa a página principal do ROODA Tekton.

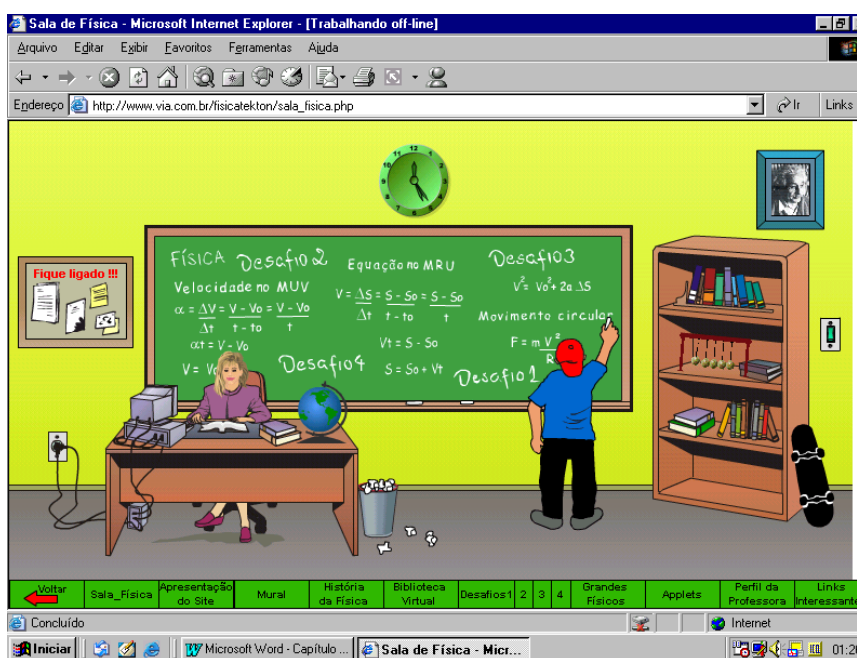


Figura 5 – ROODA Tekton

Para tornar a interface mais intuitiva, foram inseridos ícones na sala de aula que remetem ao significado de sua função. Para que o sujeito tenha acesso a esses ícones, é necessário acender a luz, clicando-se no ícone interruptor, localizado ao lado da imagem estante de livros.

Após liberar o acesso, ao clicar no ícone relógio, o site abrirá a página sobre a História da Física. O mural abre uma página com dicas sobre a elaboração e publicação das tarefas. O computador acessa a página do laboratório virtual e a estante de livros remete à página da biblioteca virtual. O globo acessa a página que disponibiliza links para sites de Física, relacionados com assunto focado no curso e outras curiosidades. No quadro-verde estão os ícones que permitem o acesso às páginas dos desafios 1,2,3 e 4. Acima da estante, encontra-se o quadro do físico Albert Einstein. Clicando neste quadro acessa-se a página dedicada à vida dos grandes físicos. A imagem da professora remete ao perfil do professor pesquisador.

Independentemente deste caminho, o usuário tem acesso a todos os links, através do menu que se encontra na parte inferior da tela, encontrando assim outra possibilidade de navegação.

ROODA Tekton vem incorporar, no ROODA, uma proposta pedagógica de aprendizagem de Física, onde as aulas não seguem uma ordem seqüencial preestabelecida, permitindo aos alunos iniciarem o trabalho por onde acharem conveniente. Entretanto, existe apenas uma condição em relação à ordem dos trabalhos, isto é, o quarto desafio deve ser o último a ser realizado. Isso é necessário em virtude de esse desafio corresponder à elaboração do trabalho de conclusão do curso.

A proposta pedagógica de aprendizagem de Física ROODA Tekton está fundamentada nos mesmos conceitos do ROODA, ou seja, rede, cooperação e aprendizagem, segundo Behar (2002), como definido no capítulo nove.

Outro conceito de aprendizagem considerado na fundamentação da proposta ROODA Tekton, é o citado por Becker (1993): o conhecimento é um processo de progressivas tomadas de consciência mediante abstrações reflexivas. Essas tomadas de consciência, segundo Piaget (1977), são desencadeadas pelo fato de que as regulações automáticas (por correções parciais, negativas ou positivas de meios de atuação) não são mais suficientes e, então, é preciso buscar novos métodos, mediante uma regulação mais ativa e, conseqüentemente, fontes de escolhas deliberadas, o que supõe a consciência.

Na visão de Piaget (1973), o conhecimento humano é essencialmente coletivo e a vida social constitui um dos fatores essenciais da formação e do crescimento dos conhecimentos pré-científicos e científicos. Neste contexto, a explicação sociológica de cooperação fundamenta a proposta de aprendizagem ROODA Tekton. Desse modo, para Piaget (1977), a cooperação acontece quando o “eu” é substituído pelo “nós”, e as ações e operações se tornam, uma vez completadas pela adjunção da dimensão coletiva, interações, ou melhor, condutas que modificam umas às outras, ou operações efetuadas em comum ou em correspondência recíproca.

No contexto tradicional, o ambiente de aprendizagem é constituído pela parte física, ou seja, sala, mesa, cadeira e materiais didáticos e pelos seres humanos que interagem entre si e com esse meio: alunos, professores e demais profissionais

responsáveis pelo processo de ensino e aprendizagem. Mas a forma como os sujeitos interagem entre si e com os recursos didáticos, depende das concepções epistemológicas adotadas pela equipe pedagógica.

Em relação aos ambientes virtuais, tem-se o mesmo ponto de vista: o processo educacional deve refletir as concepções epistemológicas dos sujeitos que habitam estes ambientes.

Mas, segundo nossas perspectivas atuais, a relação entre os indivíduos que interagem em um ambiente virtual e utilizam os seus recursos físicos é, segundo Piaget (1996), a de uma totalidade relacional.

Dessa forma, as operações individuais e a cooperação formam um todo indissociável, tal que as leis de coordenação geral das ações são comuns, em seu núcleo funcional, às ações e operações interindividuais e intraindividuais.

Assim, considera-se que, para se obter um processo ativo de aprendizagem, não basta utilizar ambientes virtuais de aprendizagem de forma tradicional, pois essa concepção de ambiente virtual de aprendizagem remete a um espaço puramente relacional, constituído pelos sujeitos que o habitam e pelas redes digitais, no qual é preciso se movimentar e construir conhecimento.

Busca-se, através da proposta de aprendizagem de Física ROODA Tekton, compreender como o sujeito aprende e opera, ou melhor, como ele toma consciência de um conceito físico. Como já foi mostrado, o conhecimento não consiste apenas em adquirir e acumular informações, mas, sobretudo, em organizá-las e regulá-las por sistemas de autocontroles, orientados no sentido das adaptações, isto é, no sentido da solução de desafios.

Assim, pretende-se, através da utilização da proposta ROODA Tekton, não reproduzir o ambiente tradicional de sala de aula, mas proporcionar aos sujeitos novas ferramentas para potencializar a aprendizagem, a interação e a cooperação entre os aprendizes, com base em todos os conceitos e idéias apresentadas ao longo deste estudo.

A relação entre a interação e o processo de aprendizagem, que se considera aqui, perpassa tanto os contextos presenciais como os contextos digitais. Isso acontece, pois, durante as aulas de Física apoiadas pela proposta ROODA Tekton, os sujeitos interagem de duas maneiras. Em um primeiro momento, através de interações presenciais. Deste modo, os sujeitos, em grupo, realizam experimentos manipulando material concreto.

Em um segundo momento, interagem com os recursos digitais, discutindo e analisando os resultados do experimento, através de chats, fóruns de discussão, da elaboração de textos cooperativos, do registro de suas descobertas e dúvidas no diário de bordo; explorando simulações dos fenômenos que estão sendo estudados, pesquisando na biblioteca virtual e em links relacionados com o assunto.

A concepção de ambientes virtuais de aprendizagem desta abordagem remete a um contexto de interação, onde o sujeito interage com diferentes sujeitos (profissionais, professores, colegas e pessoas com interesses semelhantes), com diferentes tecnologias da comunicação e informação, com a escrita, por meio dos hipertextos e consigo mesmo, através de uma dinâmica de reflexão e tomada de consciência.

Como já foi analisado, acredita-se que a interação permite a construção de estruturas operatórias, que surgem a partir da coordenação geral das ações, e que essa construção se efetua graças a uma série de abstrações reflexivas e de reorganizações. Por essa razão, nesta proposta, dá-se ênfase a este processo.

Ao elaborar a proposta de aprendizagem ROODA Tekton, busca-se privilegiar a atividade do sujeito centrada na interação, na cooperação e na construção do conhecimento, de acordo com uma concepção fundamentada na epistemologia genética. As intervenções do professor são norteadas pelos princípios do método clínico piagetiano, com base no estudo piloto descrito no capítulo onze.

Assim, a proposta de aprendizagem ROODA Tekton apresenta uma proposta baseada na resolução de desafios, que utiliza recursos tecnológicos e materiais

concretos manipuláveis como apoio à metodologia que está sendo utilizada para a aprendizagem.

Em outras palavras: a proposta apresenta atividades práticas e teóricas que oportunizam aos sujeitos situações de vivência cooperativa, onde o professor passa a ser um orientador/problematizador, não adotando uma conduta tradicional, não sendo detentor absoluto do saber.

A proposta ROODA Tekton é baseada na aprendizagem por desafios. Esse tipo de aprendizagem se fundamenta na teoria da equilíbrio piagetiana, em que a fonte do processo de desenvolvimento está nos desequilíbrios, já que estes levam o sujeito a ultrapassar o seu estado atual e procurar novas perspectivas, construindo novas estruturas. Estas novas estruturas serão a base para a solução de novos desafios, constituindo um processo dinâmico.

A partir desta premissa, esta proposta apresenta situações desafiadoras, as quais permitem a construção de novas equilíbrios a partir do desafio ou problema.

A proposta ROODA Tekton pode ser utilizada tanto de forma presencial quanto semipresencial. Apresenta funcionalidades capazes de auxiliar os sujeitos durante o processo de aprendizagem. Estas funcionalidades permitem interações escritas que podem ser efetuadas a partir de ferramentas, como: o fórum de discussão, o chat, o finder, o diário de bordo e ferramentas para a publicação das produções dos sujeitos. Através do espaço para discussão proporcionado pelas ferramentas comunicacionais do ROODA, o aluno pode esclarecer suas dúvidas durante todo o processo de aprendizagem.

Neste sentido, deseja-se verificar como a tomada de consciência dos conceitos físicos pode ser expressa através das ferramentas comunicacionais disponíveis no ambiente virtual.

Além das ferramentas disponibilizadas pelo ROODA, esta proposta pedagógica de aprendizagem de Física, disponibiliza outros recursos pedagógicos,

como: (1) a biblioteca virtual, (2) o laboratório virtual, (3) a história da Física, (4) a vida dos grandes físicos, (5) os desafios 1, 2, 3 e 4 e, também, (6) um mural com textos informativos que orientam os alunos sobre questões referentes à realização das tarefas. Estes recursos apresentam o conteúdo a ser estudado pelo sujeito em forma de texto e de simulações.

A proposta organiza em uma biblioteca virtual alguns tópicos da Mecânica Clássica, enfocando o conteúdo de Dinâmica, especificamente as leis de Newton. Esta pode ser acessada pelo aluno sempre que sentir necessidade de um suporte teórico. A figura 6 abaixo corresponde à página principal da biblioteca virtual. O usuário pode iniciar a pesquisa clicando na imagem do livro, conforme se observa na figura.

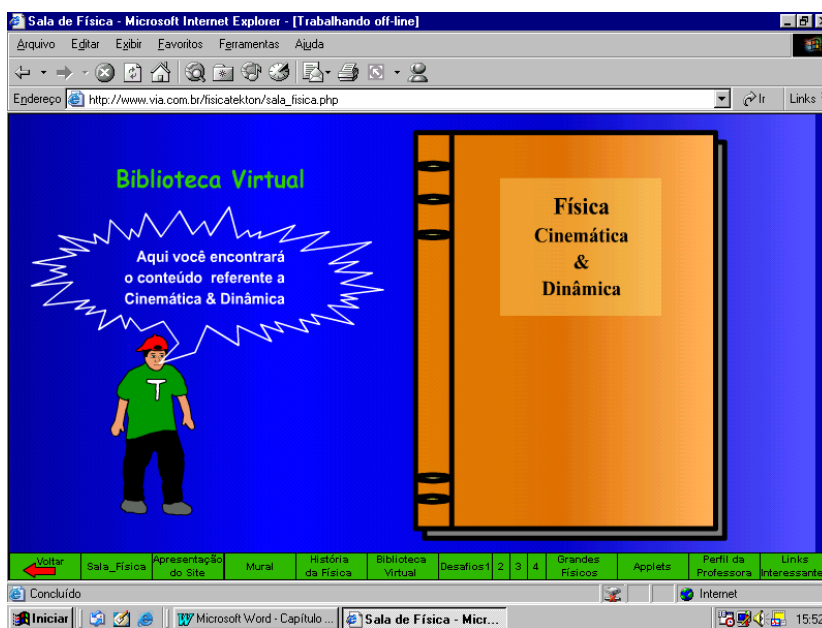


Figura 6 – Biblioteca Virtual

A figura 7 a seguir representa a segunda página da biblioteca virtual. Esta página apresenta um índice clicável, com links para as demais páginas, que contêm informações sobre o assunto.

Índice	
Unidade I - Cinemática	
Capítulo 1 - Estudo dos Movimentos	
Movimento Uniforme	3
Movimento Uniformemente Variado	5
Equação de velocidade no MUV	7
Equação de Movimento no MUV	8
Movimento Retilíneo	9
Movimento Retilíneo e Uniforme	10
Equação de Torricelli	12
Velocidade e Aceleração	13
Movimento de um Projétil	14
Unidade II - Dinâmica	
Capítulo 2 - Leis de Newton	
Princípio da Inércia	15
-1-	

Figura 7 – Índice da Biblioteca Virtual

O laboratório virtual apresenta trinta e duas simulações relacionadas com os conteúdos enfocados. Essas simulações têm o objetivo de ajudar na compreensão dos fenômenos físicos que estão sendo estudados. Segundo Lévy (1993), as simulações oferecem benefícios cognitivos, pois dão ao usuário do programa uma espécie de intuição sobre relações de causa e efeito presentes no modelo.

Assim, o sujeito adquire um conhecimento por simulação do sistema modelado, que se diferencia do conhecimento teórico, da experiência prática e da transmissão oral. Ela funciona mais como um módulo externo e suplementar para a faculdade de imaginar. Dessa maneira, nossa capacidade de simular mentalmente os movimentos e reações possíveis do mundo exterior nos permite antecipar as conseqüências de nossos atos. A imaginação é condição de escolha ou de decisão deliberada.

Para Lévy (1993), parece plausível que os seres humanos construam modelos mentais das situações ou dos objetos sobre os quais estão raciocinando, e posteriormente explorem as distintas possibilidades dentro dessas construções mentais.

As simulações são pequenos aplicativos on-line, denominados applets e/ou filmes. O laboratório virtual da proposta ROODA Tekton oferece aos alunos dois tipos de simulações: (1) pequenos aplicativos, que podem ser executados pela Java Virtual Machine (JVM), chamados applets; e (2) filmes em Flash, que são executados em navegadores de Internet que tenham o Flash Player.

A figura 8 “Laboratório Virtual - (Página Principal)” corresponde à página principal do laboratório virtual. Esta página apresenta simulações relacionadas com os tópicos enfocados na proposta, e, na figura 9, estão listadas as simulações.

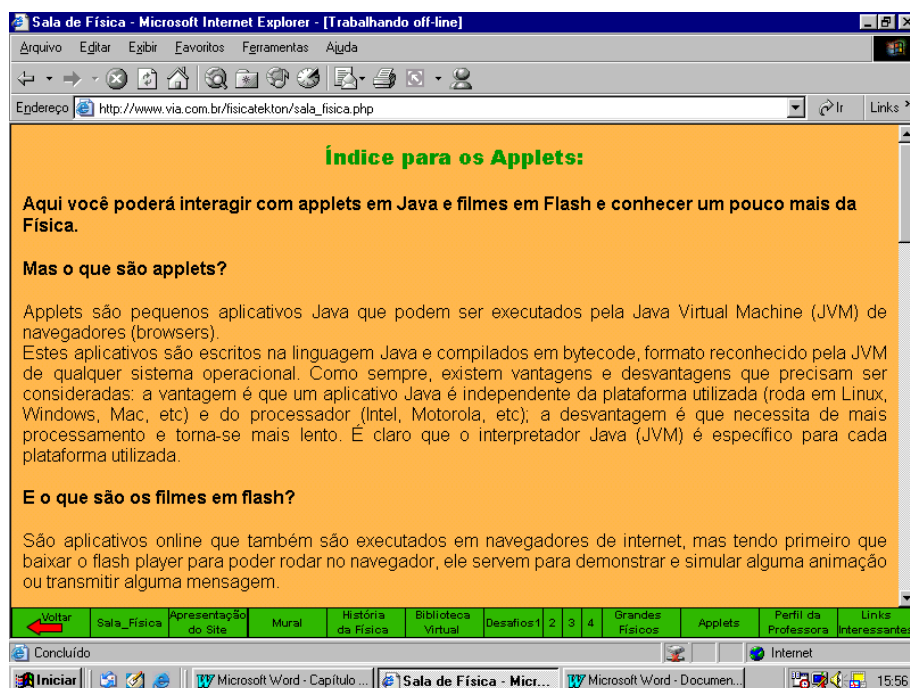


Figura 8 – Laboratório Virtual

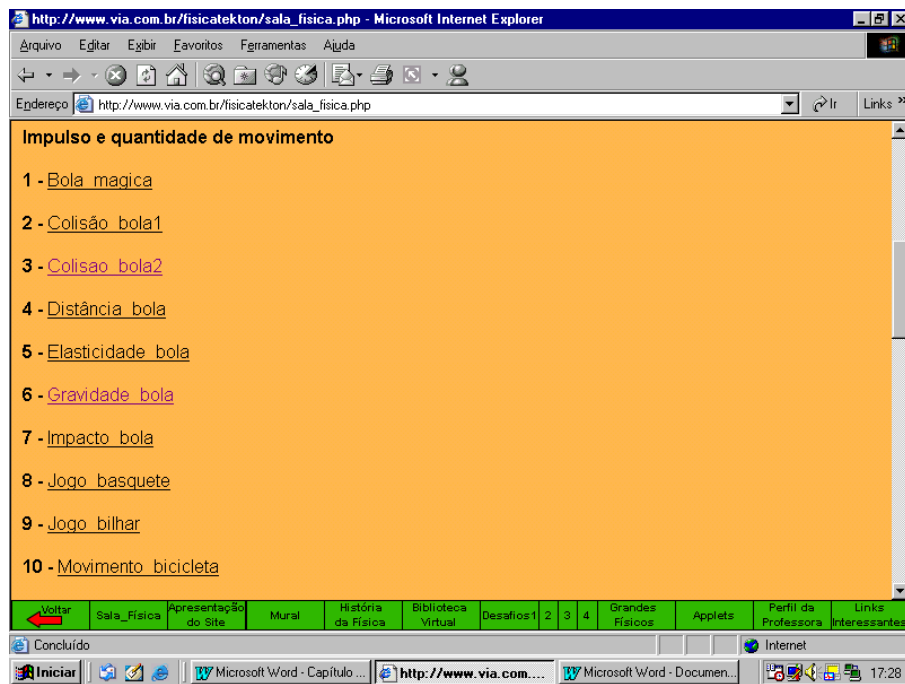


Figura 9 –Lista de Simulações

A figura 10, conforme pode ser observado a seguir, representa a simulação de número treze do laboratório virtual, como forma de ilustração. Este aplicativo simula a oscilação de um pêndulo composto em um plano vertical.

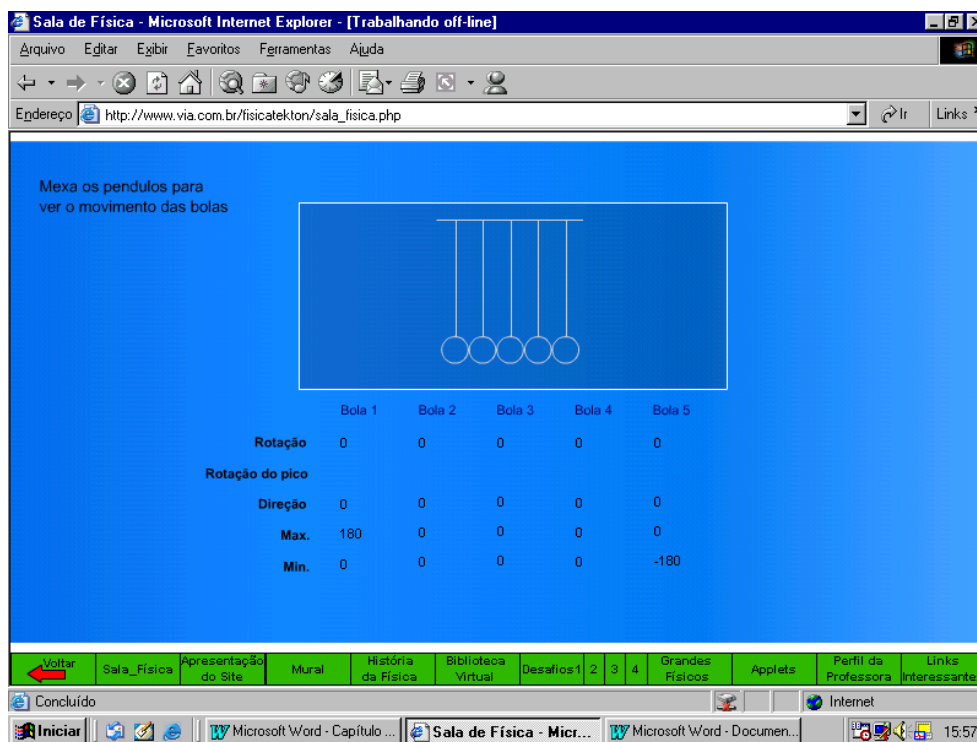


Figura 10 – Simulação Pêndulo

Curiosidades sobre a história da Física e a vida dos grandes Físicos são outros recursos didáticos, disponibilizados pelo ambiente, por meio de links para páginas que tratam desses tópicos. Nas páginas relacionadas com a história da Física, podem ser encontradas informações referentes aos estudos feitos nos primórdios da Grécia antiga até informações que nos remetem aos dias atuais.

Em relação às páginas que contam a vida dos grandes Físicos, apresentam-se informações sobre personalidades famosas, como: Albert Einstein, Aristóteles, Arquimedes, Celsius e outros. Dessa forma, o aluno poderá contextualizar o conteúdo estudado, os fenômenos físicos e o trabalho dos cientistas que dedicam e dedicaram suas vidas ao estudo desses fenômenos. A figura 11 representa a página que conta a história da Física, desde a Grécia antiga até os dias de hoje.

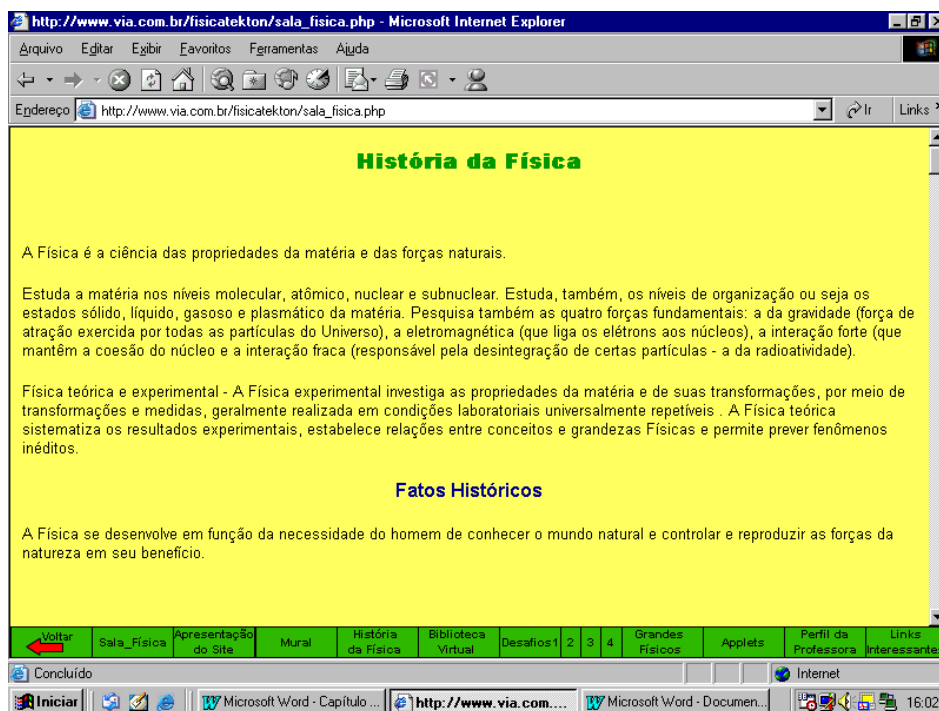


Figura 11 – História da Física

A Figura 12 representa a página que relata fatos sobre a vida dos grandes Físicos.

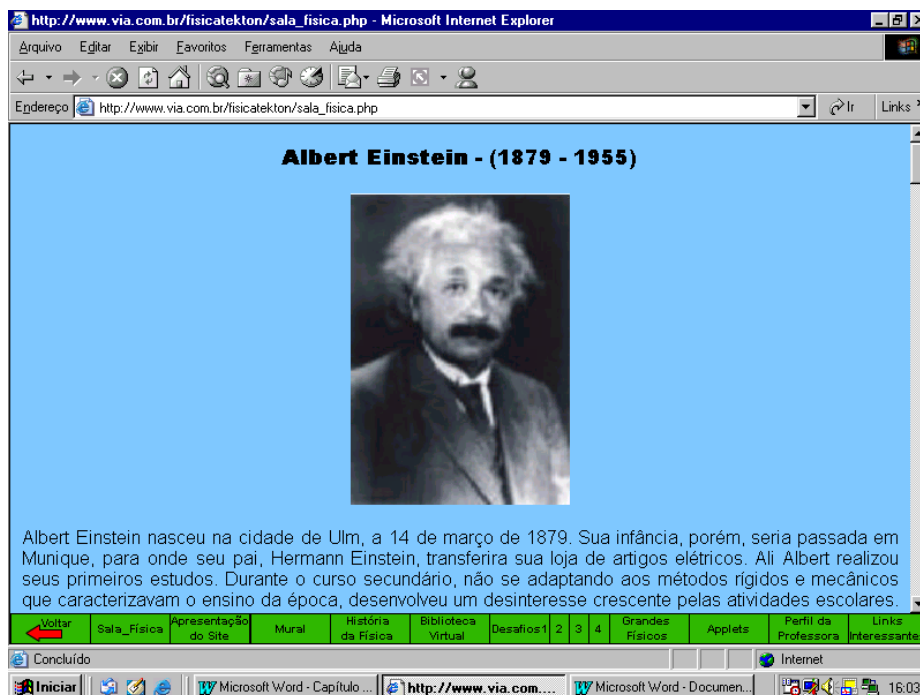


Figura 12 – Grandes Físicos

O ROODA Tekton apresenta uma abordagem não-linear e problematizadora dos conteúdos curriculares. Assim, além de solucionar problemas, o aluno encontra, também, a possibilidade de elaborar problemas.

Não existe uma ordem cronológica para a realização dos desafios, pois ele pode começar tanto pelo desafio um, como também pelo dois ou três. Somente o quarto desafio deve ser realizado por último, pois corresponde a um momento de reflexão e análise em relação ao que foi desenvolvido durante o processo de resolução dos problemas anteriores.

Para tanto, ele utiliza-se de uma funcionalidade do ROODA, de um espaço para anotações e registros chamado Diário de Bordo. O aluno pode também elaborar trabalhos e publicá-los no ambiente. Cabe enfatizar que o aluno pode utilizar todas as funcionalidades do ROODA para interação com o professor e seus colegas.

Em anexo, estão algumas telas das ferramentas disponibilizadas pelo ROODA, para demonstrar como elas são. Entretanto, não é relevante se concentrar nisso, pois não é o foco do trabalho.

Os tópicos enfocados em cada desafio fazem parte dos estudos de Mecânica Clássica, mais especificamente, do conteúdo de Dinâmica, e estão relacionados com as leis de Newton.

Assim, o primeiro desafio trata da experiência da funda, a qual consiste em uma bola de plástico, de 5 cm de diâmetro, fixada na extremidade de um barbante, que o sujeito, depois de ter dado algumas voltas, solta, buscando atingir um alvo. Ao realizar o experimento, o professor pesquisador questiona os sujeitos em relação aos fenômenos e conceitos que envolvem o experimento. Ao realizar a atividade prática, o sujeito interage com o material, com os colegas e com o professor, verificando, através da ação, o que acontece com o projétil durante seu movimento em direção ao alvo.

Esse desafio apresenta questões teóricas e problemas fechados sobre o assunto, os quais deverão ser solucionados pelos sujeitos. Desta forma, o professor pode, por meio do método clínico piagetiano, verificar como ocorre a tomada de consciência dos conceitos físicos que envolvem o lançamento da bolinha. A figura 13 representa a página do primeiro desafio.

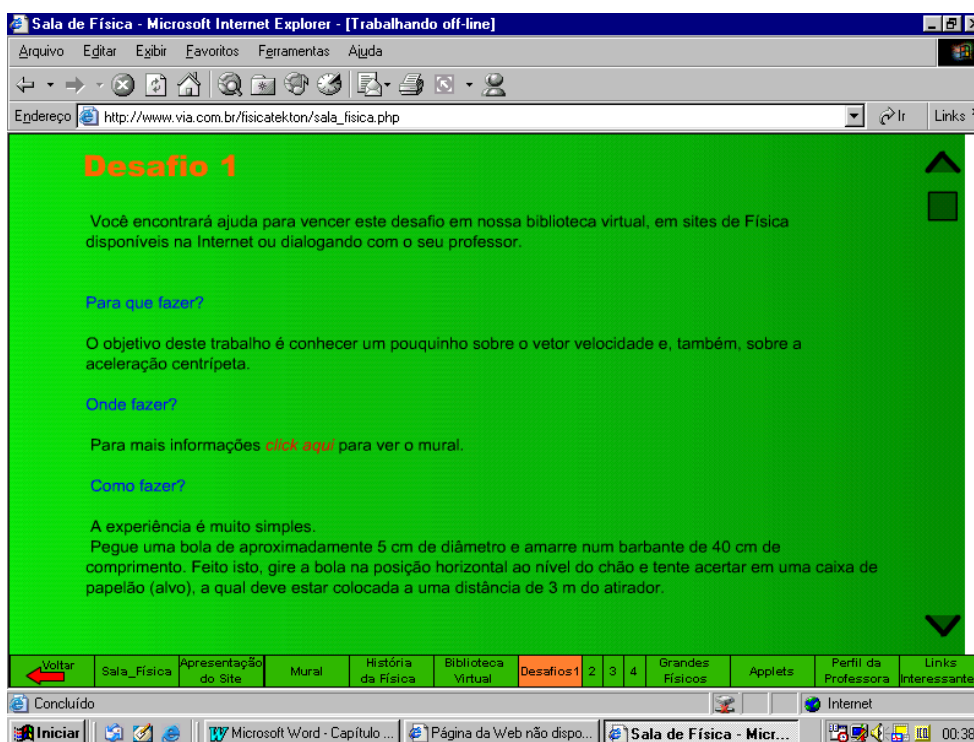


Figura 13 – Desafio 1

O segundo desafio está relacionado com o plano inclinado. Ele consiste em fazer deslizar um objeto por sobre um plano inclinado, imprimindo diferentes direções previamente determinadas a essa descida. O plano é uma grande folha de papelão, onde são marcados pontos fixos e diferentes trajetórias. Durante a atividade prática, o professor procura saber se os sujeitos serão capazes de imprimir uma direção a essa descida. Em outras palavras, se estarão aptos a orientar o plano inclinado de maneira que o objeto siga determinada trajetória.

Com esse experimento, o professor poderá verificar a evolução nas condutas de cada sujeito e, assim, examinar qual é a tomada de consciência manifestada por eles e, especialmente, pesquisar como eles chegam a enunciar finalmente um princípio físico. A figura 14 representa a página do segundo desafio.

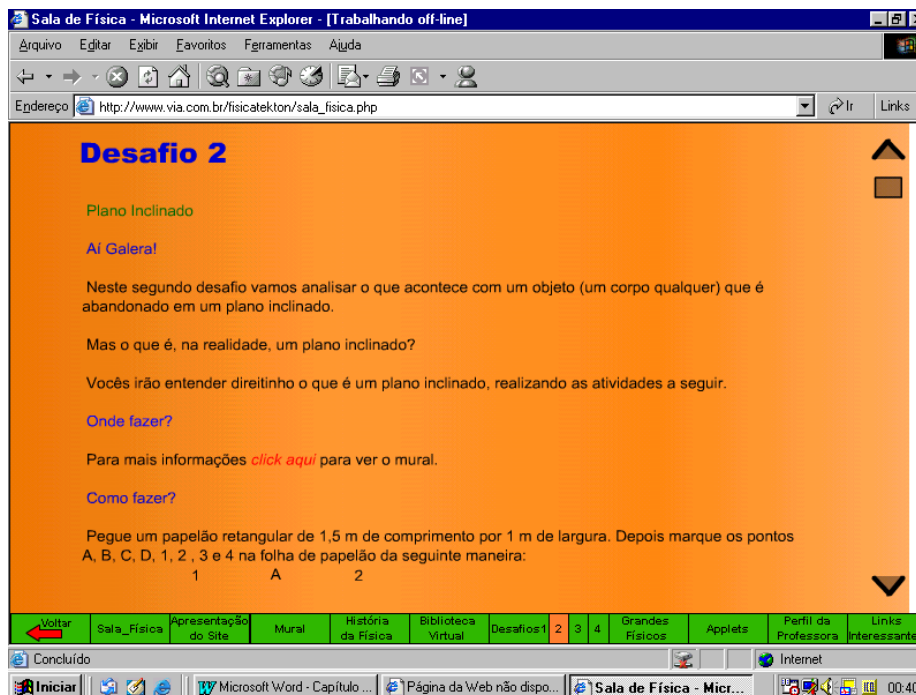


Figura 14 – Desafio 2

O terceiro desafio apresenta como tema o impulso e a quantidade de movimento. A técnica adotada é muito simples: basta dispor de duas pequenas bolas: A, que o sujeito arremessa e B, que recebe o choque de A, bem como de um pequeno boneco que deve ser derrubado por B. Começa-se por alinhá-los sobre o chão, perpendicularmente ao sujeito, a quem se pede para derrubar o boneco.

O sujeito deve derrubar o boneco seguindo as seguintes condições previamente estabelecidas: primeiramente, derrubar o boneco utilizando as duas bolas, A e B, de maneira que A seja arremessada contra B, sem deslocá-las.

Em segundo lugar, ao contrário, o sujeito deve dar um jeito para não derrubar o boneco, embora batendo igualmente em B com A, sem mudá-los de posição.

Em terceiro lugar, coloca-se o boneco ao lado (a 45°) de B e trata-se de atingi-lo com a bola B, colocando-a novamente em movimento por meio da bola A. Deixa-se que o sujeito faça quantas tentativas quiser. Durante o experimento e utilizando o método clínico piagetiano, o professor pesquisador pode questionar o sujeito sobre como é que ele fez, se ele escolheu conscientemente esse ou aquele ponto de impacto e por quê. O objetivo deste experimento é analisar as ações do

sujeito e, sobretudo, procurar determinar sua tomada de consciência e a conceituação que a constitui. A figura 15 abaixo representa a página do terceiro desafio.

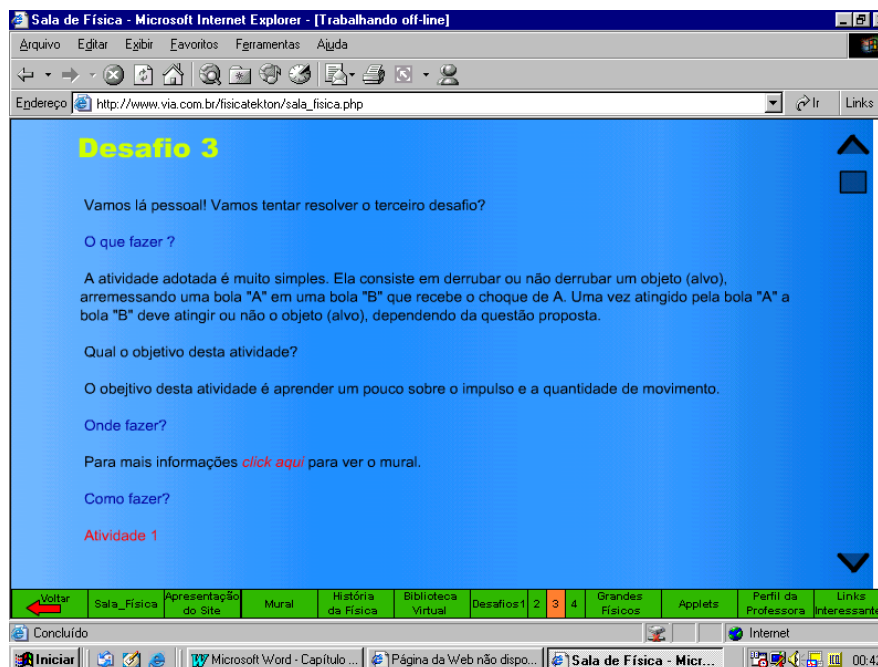


Figura 15 – Desafio 3

Finalmente, o ambiente apresenta um último desafio, que proporciona aos alunos um momento especial. Ao invés de solucionar desafios, os alunos irão criar desafios, para que os demais colegas solucionem. Nesta etapa, como ponto culminante do processo de aprendizagem, os alunos deverão apresentar suas produções para a turma e realizar uma avaliação dos trabalhos desenvolvidos, da atuação de cada grupo, de cada aluno e do professor durante o curso. Todas as discussões, conclusões, publicações e registros que envolvem os quatro desafios são apoiados pelas ferramentas e recursos ROODA Tekton. A figura 16 representa a página do desafio 4.

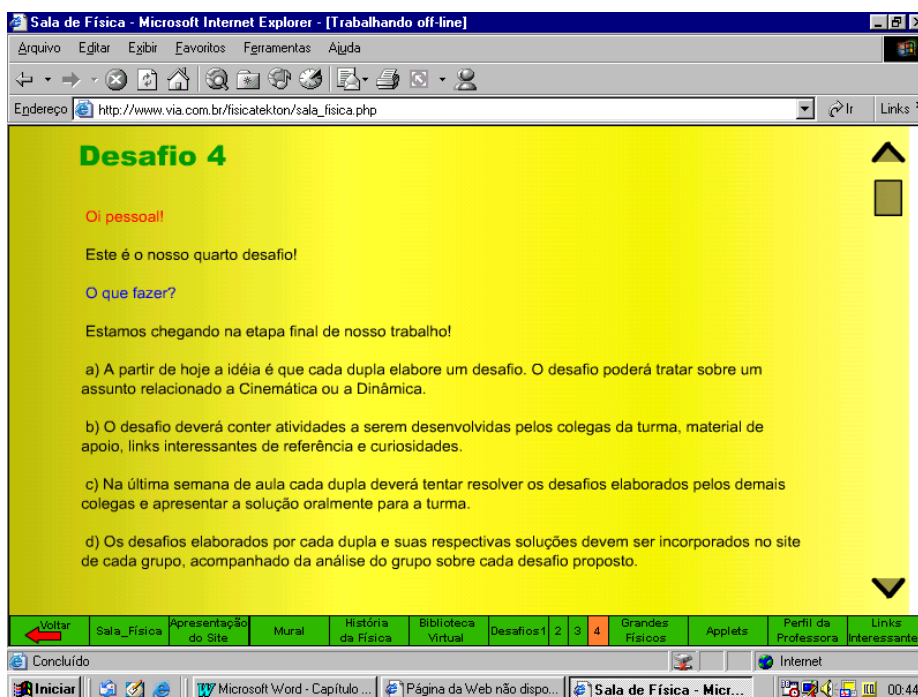


Figura 16 – Desafio 4.

Cabe destacar que não se deve esquecer que a proposta ROODA Tekton foi elaborada e direcionada para sujeitos adolescentes. Segundo Piaget (1976), o adolescente é um indivíduo que constrói sistemas e “teorias”. O que surpreende nele é o seu interesse por problemas inatuais, sem relação com as realidades vividas no dia-a-dia. Também, é surpreendente sua capacidade de antecipar, com uma ingenuidade desconcertante, as situações futuras do mundo, muitas vezes quiméricas.

Alguns deles escrevem, criam uma filosofia, uma política, uma estética ou qualquer outra coisa. Outros não escrevem nada, mas falam. Porém, a grande maioria dos adolescentes, apesar de também criarem suas teorias e sistemas, falam pouco de suas produções pessoais, limitando-se a ruminá-las de maneira íntima e secreta.

Considera-se aqui o contexto da grande maioria dos adolescentes, que fala e escreve pouco sobre as suas produções pessoais. Por essa razão, a proposta de aprendizagem de Física ROODA Tekton procurou compreender quais são, na realidade, as condições de construção do pensamento formal.

Assim, a proposta incorporada no ambiente não proporciona aos sujeitos somente situações de aplicar operações aos objetos, ou melhor, de executar, em pensamento, ações possíveis sobre estes objetos. Esta proporciona a reflexão dessas operações, independentemente dos objetos e sua substituição por simples proposições.

Portanto, pode-se dizer que a presente proposta pedagógica de aprendizagem de Física oportuniza aos sujeitos momentos de “reflexão”, como um pensamento de segundo grau, como a representação de ações possíveis.

Neste contexto, a proposta ROODA Tekton permite ao professor pesquisador verificar como acontece, em sujeitos adolescentes, o processo de tomada de consciência dos conceitos físicos, durante situações de desequilíbrios, que permitem a construção de novas equilibrações a partir de desafios.

Convém esclarecer, novamente, que ROODA Tekton é a proposta de aprendizagem de Física, e o ROODA é o ambiente ao qual foi incorporada esta proposta.

A seguir, apresenta-se a metodologia utilizada durante a observação e coleta de dados. Este capítulo fornece uma descrição dos sujeitos de pesquisa, descreve como se realizou a coleta de dados e quais as técnicas utilizadas.

12 METODOLOGIA

Neste estudo, primeiramente, realizou-se um levantamento sobre a interação de adolescentes em ambientes virtuais de Física, com o propósito de identificar fatores de acessibilidade e navegabilidade. Essa descrição encontra-se detalhada no capítulo 10, e se refere a como devem ser estruturados esses ambientes. Ela visa orientar o planejamento, design e implementação de um ambiente virtual de aprendizagem, especificamente de Física e do tipo interacionista.

Em um segundo momento, fez-se um estudo sobre a tomada de consciência, como foi descrito no capítulo 3, visando a verificar como ocorre o processo de tomada de consciência de experiências piagetianas. Neste caso, foram analisadas a pontaria e a trajetória percorrida pela bolinha, quando o sujeito é submetido à experiência da funda, com referência em Piaget (1977). Para tanto, recorreu-se à aplicação do Método Clínico, segundo Delval (2002).

Em um terceiro momento, estruturou-se uma proposta pedagógica de aprendizagem de Física, com base nos critérios levantados e na teoria de Jean Piaget. Além disso, a proposta considerou a forma de pensar e de agir dos adolescentes, segundo essa teoria.

Finalmente, a proposta pedagógica de aprendizagem de Física foi incorporada ao ROODA, a fim de investigar a problemática em questão. Ela foi denominada proposta de aprendizagem de Física ROODA Tekton.

Para a realização do trabalho, adotou-se o procedimento de investigação, observação participante e uma metodologia qualitativa, com base no método

clínico. Em virtude de suas características, a autora considerou este método como o mais adequado para acompanhar a tomada de consciência dos conceitos físicos, em aulas presenciais apoiadas por um ambiente virtual.

O método clínico, segundo Delval (2002), é um procedimento que permite ao professor pesquisador investigar como as crianças pensam, percebem, agem e sentem. Ele procura descobrir o que não é evidente no que os sujeitos dizem ou fazem, e o que está por trás da aparência de sua conduta, seja em ações ou palavras.

A essência do método não está na conversa por si só, mas sim no tipo de atividade do experimentador e da interação com o sujeito. Assim, o método se caracteriza pela intervenção sistemática do experimentador diante da conduta do sujeito, sendo que isso pode ocorrer seja em qual for a conduta. Neste contexto, tem-se que a conduta pode ser verbal, de manipulação de um objeto com explicação ou por si mesma.

Durante a utilização do método clínico, o sujeito deve ser colocado frente a uma situação problemática que ele tem de resolver ou explicar; deve-se observar o que acontece. Enquanto produz uma conduta no sujeito, o experimentador procura analisar o que está acontecendo e esclarecer o seu significado.

Na seqüência, fixa-se em uma série de aspectos da conduta do sujeito, e, à medida que essa conduta vai se manifestando, efetuam-se intervenções motivadas pela atuação do sujeito, que tem como objetivo esclarecer qual é o sentido do que ele está fazendo. Quanto ao experimentador, supõe-se que ele tenha de se perguntar a todo momento qual é o significado da conduta do sujeito e a relação com suas capacidades mentais.

O método clínico exige que a intervenção do experimentador seja extremamente flexível e muito sensível ao que o sujeito está fazendo. O experimentador deve deixar claro, a cada momento, o sentido das ações ou explicações do sujeito e, para isso, levanta hipóteses acerca de seu significado, que tenta comprovar imediatamente por meio de sua intervenção.

Para tanto, optou-se pela modalidade de estudo de caso, pois se considera esta a mais adequada para investigar o problema levantado na presente observação. A

partir deste ponto, foram feitas descrições qualitativas do objeto de estudo, almejando um conhecimento aprofundado do fenômeno, através da análise empírica e teórica.

A metodologia adotada permitiu ao professor pesquisador verificar como ocorre a tomada de consciência dos conceitos físicos, a partir de atividades experimentais apoiadas pela proposta de aprendizagem de Física ROODA Tekton. Através desta, também foi possível explicar comportamentos e preferências.

A proposta pedagógica de Física foi desenvolvida com base em atividades desafiadoras, que foram realizadas durante a convivência dos sujeitos em uma sala de aula presencial, apoiada pelo ambiente virtual ROODA.

A dinâmica de trabalhos em grupos e a discussão coletiva foram privilegiadas durante todo o trabalho empírico. Foi proposta aos sujeitos envolvidos no trabalho a realização das seguintes atividades:

1. Práticas experimentais com material concreto;
2. Resolução de desafios;
3. Produção de textos coletivos;
4. Pesquisas na Internet;
5. Discussão de assuntos enfocados no curso através de Chats e fóruns de discussão;
6. Registro das descobertas e dúvidas no Diário de Bordo e,
7. Como trabalho de conclusão das atividades, os alunos tiveram que elaborar, de forma cooperativa, um site do grupo, com base em tudo o que foi discutido e concluído durante o período de aula (coleta de dados).

Os sujeitos foram observados (postura, ações e reações) durante a realização das tarefas. Suas contribuições orais, durante as atividades teóricas e experimentais e as conversas informais em sala de aula, foram registradas através de gravador. As contribuições escritas foram registradas nas ferramentas síncronas e assíncronas,

disponibilizadas pelo ROODA. Convém destacar que os sujeitos da pesquisa autorizaram o uso do seu primeiro nome nos registros orais e escritos.

Durante as aulas, além das ferramentas disponibilizadas pelo ROODA, os alunos utilizaram o ETC (Editor de Texto Coletivo). Esse software permite a construção de textos coletivos. Ele funciona da seguinte forma: o usuário cadastra-se através da Web e automaticamente participa da comunidade padrão. Para participar de alguma outra comunidade, ele deve solicitar autorização, na própria página, e qualquer membro desta comunidade pode fornecer essa autorização. Depois de cadastrados, todos os usuários podem criar textos nas suas comunidades e incluir outros participantes no seu texto.

Após a criação do texto, os usuários membros do texto podem: (1) inserir, (2) editar ou (3) excluir parágrafos no texto. Contudo, todas as interações ficam registradas e disponíveis para serem visualizadas no histórico. Além disso, todos os parágrafos elaborados podem ser comentados. Usou-se esse software para favorecer as interações interindividuais e, assim, promover formas de comunicação e cooperação.

O conteúdo de Física trabalhado foi o estudo da Dinâmica, mais especificamente, as aplicações das leis de Newton. As atividades propostas, selecionadas e elaboradas à luz da teoria de Jean Piaget, constituíram a estrutura da proposta de aprendizagem de Física.

A figura 17 a seguir corresponde ao fluxograma que representa a proposta pedagógica de aprendizagem de Física que foi incorporada ao ROODA; e, na seqüência, a sua respectiva explicação.

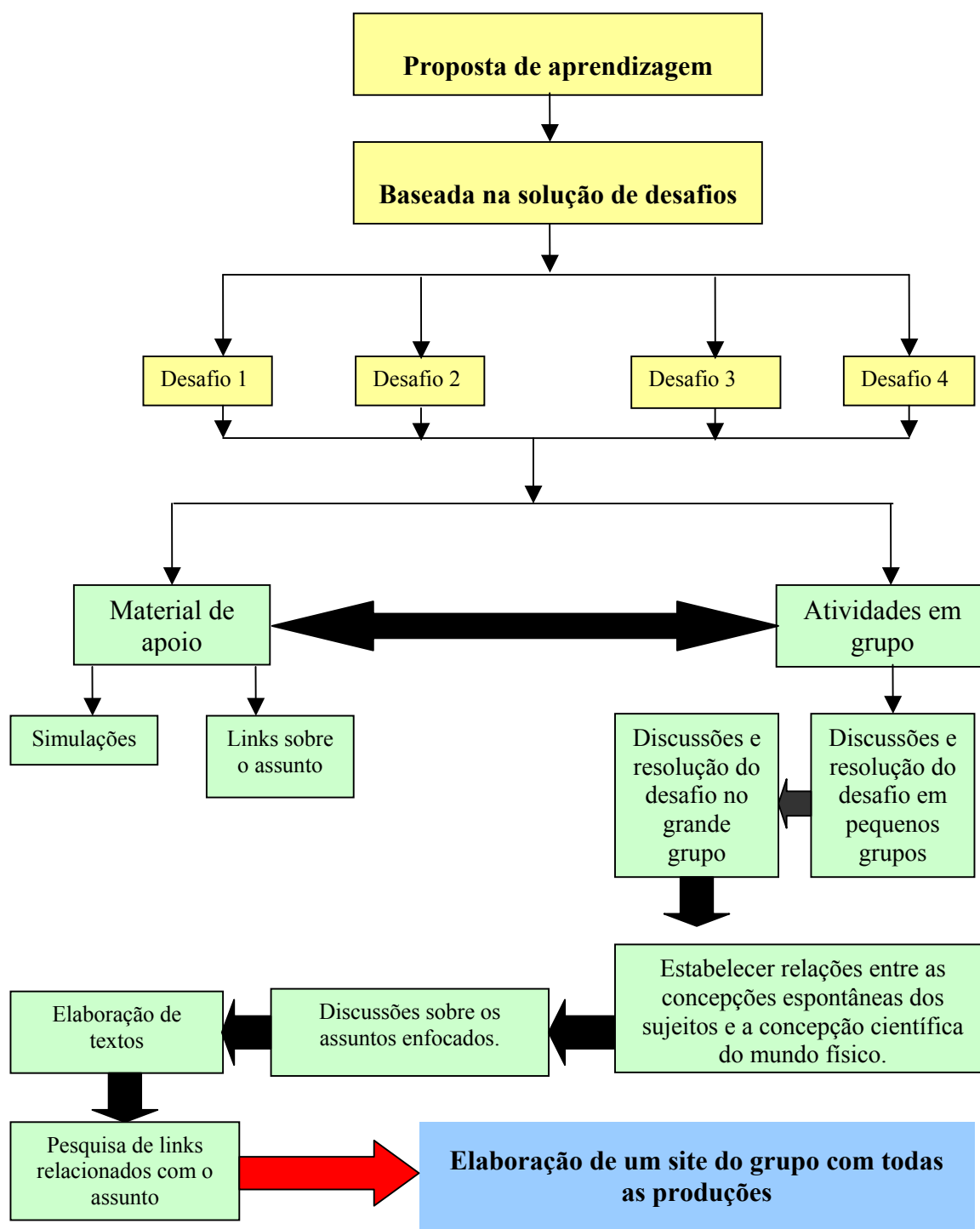


Figura 17 – Fluxograma da Proposta ROODA Tekton

De acordo com o esquema apresentado acima, a proposta de aprendizagem de Física ROODA Tekton tem como base a resolução de desafios. Esses desafios podem ser problemas abertos ou fechados.

Segundo Pietrocola (2001), problemas abertos são aqueles cujo enunciado não fornece os dados necessários para a resolução. Por outro lado, os problemas fechados são aqueles cujo enunciado fornece os dados necessários para a resolução da questão. Esses dados podem ser numéricos ou literais.

Como exemplo de problema aberto, tem-se: “Qual o peso aparente de um homem sobre uma balança graduada em newtons dentro de um elevador?”.

Como exemplo de problema fechado, tem-se: “A um corpo em repouso, com massa de 2,0 Kg, aplicamos uma força constante F , 40 segundos depois, a velocidade do corpo é de 8,0 m/s. Qual a intensidade da força resultante?”.

De acordo com Pietrocola (ibid, p. 111), para solucionar um problema aberto, o sujeito deve realizar um estudo qualitativo da situação em questão, emitir hipóteses acerca dos fatores de que pode depender a incógnita solicitada e formular estratégias de solução a partir de seu conhecimento teórico prévio.

Nessa modalidade, a importância dos conhecimentos do sujeito manifesta-se de uma maneira muito mais pronunciada do que em um problema fechado. Isso acontece, pois, como os dados necessários para a solução da questão não são fornecidos no enunciado, fica a cargo do solucionador analisar e determinar quais são as variáveis fundamentais para a sua solução.

Em relação aos problemas fechados Pietrocola (ibid. p. 104), o enunciado orienta o sujeito na resolução da questão, pois fornece os dados literais ou numéricos necessários à resolução. O enunciado deve propor a discussão e análise da solução encontrada e/ou casos particulares da solução encontrada.

Deve-se ressaltar a importância do intercâmbio entre a teoria e o desafio. Para tanto, o ambiente disponibiliza ao sujeito um material de apoio constituído de simulações, links sobre o assunto e conteúdo teórico.

Em relação às atividades propostas, os sujeitos discutiram e resolveram cada desafio, primeiramente em pequenos grupos e, posteriormente, no grande grupo. A partir desses debates, estabeleceram relações entre as suas concepções espontâneas e suas concepções científicas do conhecimento físico. Segundo Pietrocola (2001), entende-se por concepções espontâneas as idéias intuitivas que os seres humanos usam, desde a infância, para explicar os fenômenos físicos do cotidiano. Essas concepções diferem das idéias expressas através dos conceitos, leis e teorias que os sujeitos têm que aprender.

Para enriquecer o trabalho, cada pequeno grupo realizou pesquisas em links relacionados com o assunto estudado e disponibilizaram, através do ambiente, o resultado da pesquisa para o grande grupo.

Finalmente, como trabalho de conclusão dos estudos, cada grupo elaborou um site relacionado com os assuntos discutidos durante o período de aula e suas respectivas conclusões.

12.1 SUJEITOS DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada durante 40 hs/aula (de 08 de outubro a 20 de dezembro de 2002). O público-alvo foi seis alunos adolescentes, na faixa etária de 14-15 anos de idade, do primeiro ano do curso de Ensino Médio do Instituto Estadual de Educação Ernesto Alves. O trabalho concentrou-se em aulas presenciais apoiadas por um ambiente virtual de aprendizagem e, através das relações estabelecidas com o grupo, foi possível acompanhar situações significativas sobre a questão pesquisada.

12.2 COLETA DE DADOS

Nesta seção, descrevem-se as ações que foram adotadas para conseguir realizar as observações e a coleta de dados.

Responda às questões abaixo:

1. Qual o nome do site?

2. Qual é o principal propósito desse site?

3. As informações são apresentadas de uma maneira clara, fácil e interessante?

Sim Não Mais ou Menos

Justifique sua resposta:

4. O site parece fornecer informações suficientes sobre o assunto que enfoca?

Sim Não Mais ou Menos

Justifique sua resposta:

5. Quais as cores predominantes neste site?

6. Você se sente confortável ao navegar em páginas com essas cores?

Sim Não Mais ou menos

Justifique.

7. A cor é um componente importante no *design* de interfaces, pois pode interferir na legibilidade, causando fadiga nos olhos do usuário, além de interferir nas emoções e no intelecto. Se você fosse criar um site, que cores usaria? Justifique sua resposta.

8. As figuras ou textos decorativos lhe são úteis?

Sim Não Mais ou menos

Justifique.

9. Existem no site, vídeos, sons ou animações representando elementos inúteis, desvinculados com a tarefa e que atrapalham durante a navegação?

Sim Não Mais ou menos

Justifique.

10. Existem termos no site que não lhe são significativos?

Sim Não Mais ou menos

Justifique.

11. Existem ícones no site que não lhe são familiares?

Sim Não Mais ou menos

Justifique.

12. Existem no site apresentações estruturadas (textos, tabelas, listas, etc.) cuja ordem das informações não lhe é agradável?

Sim Não Mais ou menos

Justifique.

13. Há alguma coisa de que você, particularmente, não gostou nesse site? Descreva.

Em um segundo momento, conforme descrito no capítulo 2, levantaram-se aspectos referentes à interação destes sujeitos em ambientes virtuais de Física disponíveis na Internet.

O trabalho desenvolvido com o grupo de alunos, durante as aulas de Física apoiadas pela proposta pedagógica de aprendizagem de Física ROODA Tekton, comportou um significativo número de observações.

Essas observações foram realizadas durante as atividades experimentais e teóricas. Os fatos ocorridos durante as atividades foram filmados e gravados, como já foi explicado. Cálculos e textos foram registrados nas ferramentas

disponibilizados pelo ambiente ROODA, com a finalidade de coletar todos os dados possíveis. Após as observações, registro e organização do material coletado, refletiu-se sobre eles e foram estabelecidas relações entre estes e os estudos desenvolvidos por Piaget sobre a tomada de consciência, apresentados no embasamento teórico do presente trabalho.

12.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

12.3.1 QUESTIONÁRIOS ASSISTIDOS

A pesquisa foi qualitativa e forneceu dados para análise e posterior validação dos mesmos. Assim, durante o desenvolvimento do trabalho, foram utilizados questionários assistidos. Esses instrumentos de coleta de dados apresentaram questões para a obtenção de informações relevantes acerca da acessibilidade e navegabilidade de ambientes virtuais de Física.

Durante a investigação, recorreu-se à filmagem e à gravação das falas, pois, assim, foi possível registrar determinados momentos de interação, para uma posterior análise, inclusive as discussões do grupo durante as atividades experimentais e teóricas.

12.3.2 OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE

A observação participante é um procedimento de investigação, onde o professor pesquisador passa a fazer parte dos eventos observados. Ele não atua apenas como um mero espectador, mas como alguém que também interage com o grupo de pessoas. Essa técnica possibilita ao professor pesquisador examinar os possíveis significados de um evento, um grupo de pessoas e um indivíduo inserido em um contexto.

Adotando a técnica de observação participante, a autora teve a oportunidade de estar, juntamente com mais seis sujeitos, ao mesmo tempo, próxima e distante do objeto de análise. Quando necessário participava dos acontecimentos que

enriqueciam a análise, já em outros momentos, limitava-me a observar sem uma maior interação com os alunos.

Assim, durante as atividades experimentais e teóricas, procurou questionar os sujeitos a respeito de como e por que tal fenômeno acontecia, ou ainda: se tal fenômeno poderia acontecer caso o mesmo procedimento fosse realizado de outra maneira. Muitas vezes, os alunos recorriam à professora para esclarecer dúvidas sobre o assunto que estava sendo trabalhado e dar explicações sobre como usar os recursos tecnológicos disponibilizados em aula.

Como já foi comentado, realizaram-se quarenta (40) horas de observação participante em relação às atividades experimentais e teóricas com os sujeitos da pesquisa. No decorrer das aulas, observaram-se as reações, discussões, conversas informais e interações, entre sujeito e sujeito, sujeito e professor, sujeito e software, sujeito e conteúdo, sujeito e atividades propostas, com a finalidade de registrar e analisar o processo de tomada de consciência dos conceitos físicos de cada sujeito.

Apresenta-se, a seguir, a descrição detalhada dos experimentos realizados durante a observação e coleta de dados.

13 DESCRIÇÃO DETALHADA DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS

Os experimentos, aqui descritos, serviram de base para a elaboração dos desafios 1, 2, 3 e 4 da proposta pedagógica ROODA Tekton incorporada no ambiente virtual ROODA. Esses desafios foram realizados de forma cooperativa pelo grupo de alunos que participou do curso. Em um primeiro momento, os sujeitos trabalharam com material concreto e, posteriormente, discutiram os resultados dos experimentos através das ferramentas comunicacionais do ROODA. O Diário de Bordo do ROODA foi utilizado por eles para o registro de suas conclusões e cálculos.

13.1 EXPERIMENTO DA FUNDA

A experiência realizada consiste, basicamente, em arremessar uma bola de plástico, de 5 cm de diâmetro, fixada na extremidade de um barbante, que o sujeito, depois de ter dado algumas voltas, solta, buscando atingir um alvo.

A técnica adotada começa com uma demonstração dos movimentos circulares da bola mantida pelo barbante no plano horizontal e a poucos centímetros do chão. Pergunta-se (ainda sem indicação do alvo) que direção ela tomaria se fosse solta. Não se precisam os pontos em que poderá ser solta a bola, mas ela é movimentada ora no sentido dos ponteiros de um relógio (“à direita”, como diremos, em relação às 12 horas), ora em sentido oposto (“à esquerda”, conforme denominação adotada), observando-se se o sujeito prevê direções opostas.

Depois disso, então, o próprio sujeito faz a experiência, e só posteriormente é que se propõe um alvo sob a forma de uma caixa de papelão retangular, a qual o adolescente deverá atingir com a bola, soltando-a. Em outros casos, começa-se diretamente com as tentativas de se atingir o alvo, soltando a bola, depois de tê-la feito girar, sem prévio exercício da rotação, com início não dirigido por uma pontaria. Os dois tipos descritos são úteis.

Quanto à parte da experiência com alvo, a caixa é inicialmente situada em frente do círculo de rotação, além de um ponto que designamos como 12h, como se fosse um mostrador de relógio, ao passo que o sujeito é colocado aquém das 6h; a caixa se encontra a uma distância tal que, para ser atingida pela bola, é preciso que seja solta na altura de 9h, em se tratando de rotação à direita; e em torno de 3h, em caso de rotação à esquerda.

Nesta experiência, o problema é o da tomada de consciência e da conceituação dessas ações.

A experiência pode ser feita, também, solicitando ao sujeito realizar as rotações da funda no espaço e de pé, e não mais a poucos centímetros do chão. O plano de rotação permanece inicialmente livre: vertical, oblíquo ou horizontal (em cima da cabeça ou diante da criança). Mas, se necessário, provocam-se ações complementares nos planos não escolhidos. Nesses casos, o desenho é indispensável para poder analisar a representação elaborada pelo sujeito em relação às suas próprias ações.

13.2 EXPERIMENTO DO PLANO INCLINADO

Esse experimento começa com a apresentação do material aos alunos. O material consiste em um papelão retangular e uma moeda de R\$ 0,25 centavos. Depois, pede-se ao sujeito que a desloque sem tocá-la, seguindo trajetos. Alguns destes trajetos são perpendiculares, partindo do ponto D e indo até o ponto B, ou o inverso, de A até C. Outros trajetos são em diagonal, partindo do ângulo 1 e indo em direção ao ângulo 3 ou 2-4. Outros, segundo quaisquer oblíquas, ou seja: de A até B ou a 4, de D a C, etc. Logo em seguida, é pedido aos alunos que descrevam

sua ação, indiquem os pontos atingidos e outras questões pertinentes, e digam por que o fenômeno aconteceu daquela maneira ou, ainda, se poderia ter ocorrido de outra forma. Podem-se observar as características do material utilizado através da figura 18, a seguir:

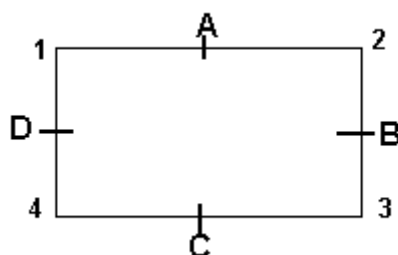


Figura 18 – Representação do Plano Inclinado

Depois disto, desenha-se com pincel atômico um grande W que vai de 1 ao meio entre 4 e C. Esse desenho corresponde à primeira perna do W; depois, desse ponto até A, o que corresponde à segunda perna; de A ao meio entre C e 3; e, de lá, ao ângulo 2. Conforme pode ser observado na figura 19, abaixo:

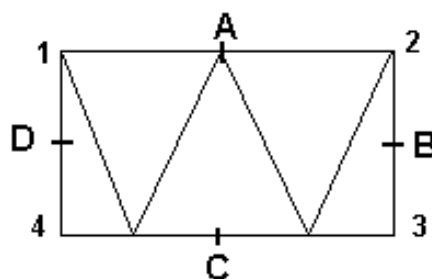


Figura 19 – Representação do Plano Inclinado com a trajetória W

A seguir, pede-se ao sujeito que siga esse caminho, depois novamente que diga o que fez. Esses procedimentos são necessários para que o professor pesquisador veja, entre outras coisas, se o sujeito tem consciência do que está fazendo.

13.3 IMPULSO E COLISÃO DAS BOLINHAS

A técnica adotada neste experimento é muito simples. Dispõe-se de duas pequenas bolas: A, que o sujeito arremessa, e B, que recebe o choque de A, bem como de um pequeno boneco de plástico. Na primeira questão, começa-se por alinhá-los sobre o chão, perpendicularmente ao sujeito. Pede-se ao sujeito que dê um jeito de derrubar o boneco, sem impor-lhe condições. Concluída essa primeira etapa, parte-se para a próxima, que consiste em derrubar o boneco, utilizando as duas bolas e não uma só, sem tirá-las da posição $A \rightarrow B \rightarrow H$.

A segunda questão consiste, ao contrário, em se dar um jeito para não derrubar o boneco, embora batendo igualmente B com A, sem tirá-los da posição $A \rightarrow B \rightarrow H$.

Finalmente, tem-se a terceira questão, que consiste em colocar-se o boneco de plástico ao lado, exatamente a 45° de B, e procurar atingi-lo com a bola B, colocando-a novamente em movimento por meio da bola A. Depois de ter sido executada cada uma destas tarefas práticas, com ou sem êxito, permitindo-se que o sujeito faça quantas tentativas quiser para que possa ter êxito, pergunta-se a ele como é que fez, e procura-se, sobretudo, determinar se ele escolheu conscientemente esse ou aquele ponto de impacto e por quê. Em relação a isso, pode-se recorrer a representações gráficas, ou ainda, pedir ao sujeito que dirija as ações do experimentador.

A partir da dinâmica destes experimentos, fizeram-se várias observações, e, foram coletados os dados que são analisados e discutidos a seguir.

13.4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

A análise e interpretação dos dados aqui apresentada visam a responder à problemática da presente pesquisa, ou seja: verificar como ocorre a tomada de consciência, com base na teoria de Jean Piaget, encontrada no capítulo 1.

Assim, após a identificação dos dados coletados, organizaram-se as reflexões registradas e estabeleceram-se relações entre esses dados e as idéias de Jean Piaget sobre a tomada de consciência, mostrando as evidências e fazendo a ligação com as bases teóricas.

O trabalho de análise e interpretação dos dados foi desenvolvido a partir da construção de um texto que tem a seguinte ordem: (a) descrição detalhada dos experimentos; (b) material de avaliação coletado durante o trabalho empírico, (c) análise e interpretação dos dados.

Devido à natureza da análise a ser feita, os dados obtidos durante as observações feitas em sala de aula serão apresentados e, na seqüência, discutidos, interpretados e analisados, segundo a teoria de Jean Piaget

13.5 ACOMPANHANDO A TOMADA DE CONSCIÊNCIA

Analisa-se, neste subcapítulo, a tomada de consciência, apoiada numa coordenação inferencial ou operatória, extraída da coordenação das próprias ações ou por abstração reflexionante.

Para Piaget (1977), a tomada de consciência parte de um ou dois dados de observação, bem ou mal observados, e de postulados limitativos. A generalização de todas as possibilidades é a condição prévia para a coordenação conceitual. Há entre a coordenação motora e a coordenação conceitual, uma diferença bastante fundamental de orientação.

Assim, de um lado, existe uma seleção inconsciente das possibilidades com aproximações polarizadas no resultado favorável; e, de outro lado, uma generalização com compreensão progressiva de todas as possibilidades inerentes ao dispositivo dado; em seguida, apenas a aplicação à ação realizada, que se trata de interpretar. Pode-se verificar este processo na situação descrita a seguir, observada durante a realização do experimento da funda:

“Jonas faz várias tentativas e erra. Pergunto (professor pesquisador): - De onde você largou? *Um pouco antes do nove*. Rodolfo interfere: - *Jonas, quando você estiver quase chegando no 12, você larga a bola e vai conseguir derrubar a caixa*. Questiono: - No doze? Tem certeza? Rafael responde: - *Um pouco antes. Eu acho*. Felipe interfere: - *Mas isso não depende da velocidade?* Rodolfo responde: - *Acho que depende*. Sugiro: Quem sabe vocês experimentam, em alguma posição, antes de 12h, conforme a sugestão do Rodolfo. Todos eles experimentam, mas somente Rafael acaba por acertar o alvo. Pergunto: - Rafael, de qual posição você soltou a bolinha? *Foi entre 9h e 12h. Lancei um pouco mais alto do chão e com mais velocidade*. Rafael tenta novamente, mas não acerta. Sugiro: - Tenta soltar o mais próximo possível da posição 9h, para ver se dá certo. Rochele intervém: - *Rafael, tenta girar ao contrário (sentido anti-horário)*. Rochele levanta a seguinte questão: - *Será que, soltando a bolinha exatamente na posição 9h, a gente acerta? Você quer tentar, Rodolfo?* - Você quase acertou. Se estivesse mais próximo ao chão, teria acertado. Rodolfo lança novamente e acerta. Depois comenta: - *O segredo é largar bem no nove*. Questiono: - Por que, largando na posição 9h, a bolinha atinge o alvo? Felipe responde: - *Porque ela vai em linha reta e ela faz uma trajetória circular, pois está presa pelo raio (barbante). Quando a gente solta o barbante, ela segue em linha reta*. Pergunto: - O que vocês acham que é a força centrípeta? Felipe responde: - *Acho que é o cordão que prende a bolinha ao centro*. Vamos verificar se o Luan acerta? Luan faz uma tentativa e quase acerta. Pergunto: - Por que ele não acertou? Rochele responde: - *Ele largou um pouco antes do nove*. Luan tenta várias vezes e não acerta o alvo. Rochele tenta uma vez e quase acerta. Ela opta pelo sentido anti-horário. Ela quase acerta, pois a bolinha passa de raspão em relação ao alvo. Pergunto: - Vocês acham que precisa de força para soltar a bolinha e acertar o alvo? Felipe responde: - *Não. Talvez um pouco. O que interfere mais é o local de onde se larga a bola*. Felipe tenta novamente e acerta. Pergunto: -

Qual a melhor posição para soltar a bolinha? Felipe responde: - *No sentido horário em 9h. No sentido anti-horário em 3h.* Pergunto: - Se largar na posição 12 h, o que acontece? Rochele responde: - *Vai para a direita, se estiver no sentido horário, e vai para a esquerda no sentido anti-horário.* Rodolfo responde: - *Difícilmente conseguimos soltar a bolinha no ponto desejado. Esse é o maior problema.* Pergunto: quem acertou o alvo? Felipe responde: - *Eu.* Pergunto: - Ficou claro para você o melhor ponto de soltura da bolinha? Felipe responde: - *Sim. É no 9 ou mais próximo desse ponto, no caso do sentido horário; e no 3, no caso do sentido anti-horário.* Rochele pega a bolinha e tenta novamente, mas não acerta. Luan tenta novamente e acerta. Pergunto: - Quando soltamos o cordão, qual é a força que determina a trajetória da bolinha? Felipe responde: - *Quando não tem mais a aceleração centrípeta, quem determina a trajetória é o vetor velocidade.”*

Pode-se notar, também, no trecho acima, uma extensão progressiva dos referenciais, a partir das classes de dados limitados de observação até as de todas as possibilidades. Acrescenta-se a isso a correção das significações, isto é, a substituição da idéia falsa inicial, por um ponto de vista que surge a partir da ação. Essas transformações permitem a coordenação das duas ações ou movimentos supostamente heterogêneos num sistema nocional¹⁹.

Pode-se dizer que, de acordo com Piaget (1977), essa coordenação inferencial ou conceituada é retirada da coordenação sensório-motriz das ações, através de abstração reflexionante, considerando que, sem o sucesso da ação, a conceituação permaneceria incorreta.

Pode-se acompanhar no trecho do texto “Aceleração Centrípeta” a seguir, a tomada de consciência que acontece a partir do experimento da funda, ou seja, das operações concretas. No texto, nota-se, com clareza, o sucesso da ação, pois Felipe indica corretamente os pontos de soltura da bolinha, percebendo a existência de uma força que age sobre ela ao ser arremessada. Rodolfo, por sua vez, consegue conceituar a força centrífuga.

¹⁹ Sistema nocional é o mesmo que sistema de noções. Como exemplo, pode-se citar as noções de conservação da quantidade (Becker, 1993. P. 87).

Convém salientar que o conceito de “força centrífuga” requer um estudo mais aprofundado. Na realidade, segundo Filho (2003) ela é considerada uma força fictícia porque não se origina de nenhuma interação. Em particular, não existe força de reação à força centrífuga.

Com este desafio pude perceber a força centrípeta (que antes disto eu não fazia idéia do que era). Com o estudo desta matéria pude perceber várias forças que interferem no arremesso da bolinha. Entre elas esta bendita Força centrípeta que é o assunto do qual estamos falando. Num estudo mais profundo pude ver que a aceleração centrípeta é gerada pela força centrípeta, e é ela que gera o círculo da trajetória da bolinha em volta do centro. Podemos calculá-la com a seguinte fórmula: $F_{cp}=m.a$ (centrípeta) (Jonas, 13/12/2002. 08:45h).

Concluí que esse desafio da bolinha tem a ver com a 3º Lei de Newton (Rodolfo, 13/12/2002. 08:31h).

No sentido horário deveria largar em 9h, e no sentido anti-horário deve-se largar em 3h. As forças que atuam, quando você ainda está segurando a bolinha é a da Força Centrípeta e o vetor Velocidade e quando você larga a bolinha ela só fica com o vetor velocidade (Felipe, 13/12/2002. 08:34h).

Força Centrífuga pode ser definida como a força que tende a afastar a massa em rotação do seu centro de rotação, lançando-a na tangente à trajetória (Rodolfo, 13/12/2002. 08:29h).

Convém esclarecer que o texto “Aceleração Centrípeta” foi elaborado coletivamente durante as aulas de Física do curso ROODA Tekton. Para a construção do texto foi utilizado o ETC²⁰ (Editor de Texto Coletivo), desenvolvido pela equipe do NUTED (Núcleo de Tecnologia Aplicada à Educação). O texto completo “Aceleração Centrípeta” está disponibilizado em anexo.

²⁰ O ETC permite a todo usuário construir um texto coletivo, cooperativo e interativo com seu grupo de trabalho. Ele ajuda o sujeito na construção cooperativa de textos e artigos quando os mesmos são produzidos em conjunto. A possibilidade de interação instantânea é de extrema importância na educação à distância e no processo de aprendizagem.

Neste caso particular, é possível perceber duas características fundamentais, mas distintas, em relação à propriedade reflexionante de uma abstração. De um lado, podemos observar uma espécie de projeção ou de reflexão no sentido físico, que consiste em transpor do plano motor para o plano das representações a unicidade das duas ações anteriormente realizadas.

Por outro lado, tem-se uma reflexão no sentido de uma reorganização conceitual, pois à coordenação sensório-motriz se acrescenta a coordenação inferencial, ou seja, um elemento novo e essencial à compreensão de suas condições e de suas razões. Isso corresponde a inserir o sucesso prático, como caso único, no conjunto das possibilidades realizáveis em condições semelhantes, e a construir, dessa maneira, um referencial nocional de uma natureza completamente nova e diferente do sistema sensório-motor inicial.

Em relação ao parentesco entre essas duas características da propriedade reflexionante, pode-se verificar o seguinte: a reflexão, enquanto projeção, é uma correspondência entre as ligações sensório-motrizes e as relações conceituais que as representam. A reflexão, enquanto reorganização, consiste, de outra maneira, em colocar em correspondência essas mesmas ligações com outras semelhantes que intervêm nos outros casos possíveis, o que resulta novamente em construir novas correspondências ou morfismos. Dessa forma, a operação que intervém na reflexão, no primeiro sentido do termo, torna-se um caso individual do conjunto dos morfismos, no qual consiste a reorganização, no segundo sentido do termo reflexão.

Na idade de 14-15 anos, os sujeitos são capazes de formular uma lei, depois de fazer conceituações progressivas provocadas pelas tomadas de consciência próprias ao nível do pensamento formal.

Pode-se constatar a formulação de uma lei, na seguinte situação, que foi observada durante o experimento do Plano Inclinado:

Pergunto: - Que devemos fazer com o plano inclinado para que a moeda siga uma trajetória perpendicular ao lado 2-3? Felipe responde: - *Devemos inclinar ele.* Pergunto: - Aproximadamente, quantos graus devemos inclinar? Rodolfo responde: - *Depende da velocidade que queremos dar à moeda.* Intervenho novamente: - Muito bem! A velocidade da moeda está relacionada com o ângulo de inclinação?

Felipe responde: *-Sim! Quanto maior o ângulo de inclinação, maior será a velocidade da moeda.*

Neste caso, quando as questões colocadas exigem uma decomposição dos movimentos ou antecipações, pode-se observar que as regulações sensório-motrizas por meio de correções posteriores ou durante o próprio percurso, não são mais suficientes, e torna-se necessária uma regulação ativa, mediante escolhas intencionais com as tomadas de consciência que ela supõe. Em virtude disso, a solução dessas questões vem em atraso.

Por outro lado, quando elas são dominadas, a leitura correta dos dados de observação em jogo e as coordenações inferenciais entre as inclinações longitudinais e laterais conduzem então a uma conceituação da noção de aclave.

Piaget diz que, somente aos 12-15 anos, surgem as operações proposicionais e estas são elaboradas a partir das operações concretas, com reconstruções novas. Assim, não é pela tomada de consciência direta da lógica que se elabora a lógica, mas por sucessivas construções que supõem uma série de instrumentos lógicos. Dessa forma, segundo ele:

...somente aos 12-15 anos vêm as operações proposicionais, sempre elaboradas, utilizando o funcionamento nervoso, mas tirando sua substância das operações concretas, com modificações e recombinações novas. Por conseguinte, não é absolutamente pela tomada de consciência direta da lógica dos neurônios que se construirá a lógica, embora isomorfa das operações proposicionais, mas por uma série ininterrupta de construções que podem ter sido orientadas pelas estruturas inerentes ao funcionamento nervoso, mas que nem por isso deixam de supor uma série de instrumentos (Piaget, 1996, p. 258).

Não se pode deixar de analisar uma outra situação observada durante o experimento do Plano Inclinado. Ela consiste, segundo Piaget (1996), em um momento importante que liga dois patamares diferentes de condutas. É o momento da passagem dos atos de inteligência, que consistem em descobrir novos meios, mas às apalpadelas e por diferenciações progressivas, partindo de esquemas conhecidos a atos de nível mais elevado, que consistem em compreensões bruscas ou *insights*.

A situação a seguir foi observada durante o experimento do plano inclinado e apresenta um quadro de compreensão brusca do conceito de atrito.

Muito Bem! Agora vamos tentar o 3º seguimento do W. Vamos seguir a trajetória que vai do ponto A ao ponto intermediário entre C e 3. Ótimo, vocês conseguiram. Como fizeram? Rochele responde: - *Nós deixamos o ponto 1 no lugar mais alto e o A não tão baixo como o 2 e não tão alto como o 1 e o ponto intermediário C-3 não tão baixo que nem o 3, mas não tão alto que nem o C ou o 4.* Vocês conseguem explicar verbalmente o que fazem na prática? Felipe responde: - *Sim! Nós conseguimos, pois basta contar o que foi feito durante a experiência.* Gostaria de fazer a seguinte pergunta: - Do ponto médio 4 -C, tem outra maneira, além dessa que vocês usaram, para deslocar a moeda, em linha reta, sem interferência do toque? Rodolfo responde: - *Sim! Pegando um imã.* Ótima resposta. - Você usaria o magnetismo? Mas, creio que minha questão foi mal formulada. - Vou formular outra. Existe outra maneira de deslocar a moeda do ponto 1 ao ponto intermediário 4-C, apenas inclinando o plano e sem a interferência do toque? Todos respondem que não. Rodolfo interfere: - *Professora, vamos fazer a experiência com essa moeda de one cent e ver o que acontece?* - Ótima idéia! Vamos, sim. Felipe interfere: - *Olha só! Com a mesma inclinação usada para a outra moeda, esta permanece imóvel. Ela somente se desloca quando se aumenta a inclinação de 11cm para 17cm.* Por que isso acontece? Jonas responde: - *Acho que o peso da moeda de one cent influencia no seu deslocamento, considerando o mesmo ângulo de inclinação usado para a moeda de R\$ 0,25.* Felipe interfere: - *Acho que ela é mais leve. Quanto mais pesada a moeda, menor deve ser a inclinação para que ela se desloque. Quanto mais leve a moeda, maior a inclinação do plano inclinado.* Luan interfere: - *Acho que o fato da moeda raspar no papelão, também interfere. Isso tem um nome. Eu já ouvi falar sobre isso. Acho que é o atrito.* Rochele interfere: - *O atrito faz força contrária ao sentido do deslocamento. Por isso, a moeda não desliza.*

Pode-se observar claramente essas compreensões bruscas ou *insights*, quando Luan interfere na discussão. Assim, segundo Piaget (1996), essas coordenações rápidas e interiorizadas, isto é, sem tentativas materiais exteriores, só são possíveis quando os esquemas de assimilação adquiriram suficiente mobilidade de

assimilação generalizadora para se encaixarem ou se ordenarem à simples inspeção da situação exterior.

Entretanto, essa mobilidade é por si mesma produto de longa aprendizagem, na qual as mesmas coordenações se efetuam por descobertas sucessivas e não ainda por invenção combinadora.

Portanto, através da assimilação das novas experiências feitas a esquemas anteriores e por diferenciação acomodadora dos novos esquemas elaborados, adquire-se um número suficiente de esquemas de assimilação. Assim, esses esquemas tornam-se capazes de coordenações mais rápidas, as quais fornecem a ilusão de súbita compreensão, independente do passado, quando verdadeiramente se trata do fim de longos processos prévios.

Neste contexto, pode-se concluir que os *insights* ou compreensões bruscas são, na verdade, compreensões construídas, onde as coordenações dos esquemas se efetuam tão rapidamente que não se consegue acompanhar o processo, pois são tomadas de consciência bruscas.

Reporta-se agora à questão da diferenciação da tomada de consciência das ações particulares. Essa diferenciação, na visão de Piaget (1977), depende, em boa parte, dos dados de observação referentes ao objeto e à própria coordenação das ações como um todo inteligível, de onde é retirada, por abstração reflexionante, uma conceituação atribuível aos objetos e que constitui a fonte das coordenações causais.

Assim, essa coordenação das ações sucessivas como um todo não constitui problema, pois ela consiste, simplesmente, em ligar as relações, já em atuação, nas tentativas do estado inicial, mas procedendo por elaborações sucessivas e correções posteriores. Verifica-se, portanto, a existência de apenas um caso particular dessa evolução comum da regulação à operação, permitindo a reunião das relações sucessivas e um todo simultâneo.

Observa-se, na seguinte situação, retirada de uma atividade experimental, que os sujeitos conseguem ligar relações, já em atuação, com relações construídas anteriormente, procedendo por elaborações sucessivas e correções posteriores.

Rafael tenta derrubar o boneco arremessando a bolinha A em direção à bolinha B, mas não obtém êxito. Rodolfo também tenta, mas não consegue. Pergunto: - Por que o boneco não caiu? Felipe responde: - *Porque é necessário colocar mais força.* Jonas arremessa e consegue derrubar o boneco. Pergunto: - Por que o boneco caiu desta vez? Rodolfo responde: - *Por que a bola foi forte. Ele usou mais força para lançar a bola.* Felipe interfere: - *É lógico. Quanto maior a força de lançamento, maior vai ser o choque.* Pergunto: - O que se pode dizer sobre a velocidade neste caso? Felipe responde: - *Quanto maior a força do arremesso, maior será também a velocidade e maior será o impacto.*

Inicialmente, Rodolfo e Felipe discutiam, apenas, a relação existente entre a intensidade da força utilizada para lançar a bola A em direção à B e o choque gerado em consequência dessa força. Porém, quando foram questionados sobre a relação entre a força de lançamento da bola A e a velocidade desta, conseguiram rapidamente estabelecer a seguinte relação: *quanto maior a força do arremesso, maior será também a velocidade e maior será o impacto.*

Nota-se, claramente, uma coordenação das ações como um todo inteligível, de onde é extraída, por abstração reflexionante, uma conceituação.

Conforme afirma Piaget (1977), na adolescência, a tomada de consciência torna-se também uma reflexão do pensamento sobre si mesmo. No domínio lógico-matemático, isso significa que o sujeito se torna capaz de teoria e não mais unicamente de raciocínios concretos, embora estruturados logicamente.

A razão dessa modificação é a capacidade de elaborar operações sobre operações. Assim, considerando o processo de exteriorização, o sujeito se torna apto a fazer variar os fatores em suas experimentações e a considerar os diversos modelos possíveis para a explicação de um fenômeno, com o risco de submetê-lo ao controle dos fatos.

Resumindo: a solidariedade dos dois movimentos de interiorização ou lógico-matemático, e de exteriorização ou físico-causal, torna-se ainda mais limitada do que nos patamares precedentes. Isso acontece em virtude dos processos da abstração e, em consequência deste paradoxo, a adaptação aos dados concretos da

experiência depende do caráter abstrato dos quadros do pensamento, que permitem analisá-la e mesmo compreendê-la.

Pode-se verificar claramente essa capacidade hipotético-dedutiva, citada por Piaget (1977), através da situação apresentada a seguir, retirada da atividade experimental sobre o impulso e a colisão das bolinhas realizada em sala de aula.

Nessa experiência vocês devem arremessar a bolinha A em direção à bolinha B, mas a bolinha B não pode derrubar o boneco. Pergunto: - Vocês conseguem fazer isso? Jonas responde: - *Acho que sim*. Os demais alunos pensam um pouco e respondem que sim. Pergunto: - Vocês conseguem explicar como pretendem fazer isso? Jonas responde: - *Penso que pode ser da seguinte maneira: não podemos fazer com que a bolinha B parta, devido ao choque, na direção do boneco. Então devemos acertar a bolinha A bem no ladinho (extremidade) da bolinha B*. Pergunto: - Você pode fazer o experimento para ver se dá certo? Jonas responde: - *Claro que sim, sou bala!* Jonas realiza a experiência e consegue não derrubar o boneco. E comenta: - *Sou o cara!* Pergunto: - Vocês conseguem me dizer, sem usar nenhum instrumento de medida, aproximadamente, qual foi o ângulo do desvio sofrido pela bolinha? Felipe responde: - *Acho que foi mais ou menos uns 30° ou 35°*. Pergunto: - Vocês conseguem acertar facilmente na extremidade da bolinha? Rodolfo responde: - *Algumas vezes não, mas na maioria das vezes, sim*. Pergunto: - Ao ser atingida pela bolinha A, a bolinha B sofreu um desvio de aproximadamente 30° ou 35° para a esquerda. Por que acontece isso? Felipe responde: - *O impacto vai ser do lado, então a direção da força é para o lado*. Rodolfo interfere: - *Vou explicar direito. O Felipe não sabe explicar. O negócio é o seguinte: quando a batida é no lado esquerdo a bolinha vai para o lado direito. Quando a batida é do lado direito, a bolinha segue para o lado esquerdo*.

Observa-se que todos os alunos conseguiram elaborar uma forma de lançar a bola A em direção à bola B, sem que essa atingisse o boneco. Eles foram capazes, também, de explicar verbalmente o procedimento que deveria ser usado. Outro fato observado foi a capacidade de apontar o possível ângulo do desvio sofrido pela bolinha após o choque. Verifica-se, através dessas observações, as abstrações refletidas, que consistem em operações na segunda potência, operações novas, mas realizadas sobre as operações anteriormente construídas.

Conforme o que pode ser observado acima, a tomada de consciência pode ser recolocada na perspectiva geral da relação circular entre o sujeito e os objetos. Assim, o sujeito só aprende a se conhecer mediante a ação sobre os objetos, e os objetos só se tornam cognoscíveis em função do progresso das ações exercidas sobre eles. Deste processo, decorre a relação entre o pensamento e o real, uma vez que a ação procede das leis de um organismo que é, ao mesmo tempo, um objeto físico entre outros e a fonte do sujeito que age e pensa.

A ação do sujeito sobre um objeto busca sempre um objetivo. Segundo Becker (1993), essa busca resulta em êxito ou fracasso, que são constatações conscientes. A busca do motivo do fracasso leva o sujeito a tomar consciência das regiões centrais da ação. Assim, verificando no objeto um resultado frustrado, o sujeito procura saber onde o esquema não se adaptou ao objeto, e verificando a finalidade ou direção da ação, procurará fazer as necessárias correções.

Dessa forma, através de um vaivém entre o objeto e a ação, a tomada de consciência aproxima-se por etapas do mecanismo interno do ato, ou seja, da periferia P ao centro C. A relação entre a tomada de consciência e a inadaptação ocorre porque esta se produz na periferia P da ação. Assim, isto faz com que a consciência se movimente ao mesmo tempo nas direções de C e C'.

Entretanto, segundo Becker (1993), a inadaptação não é necessária para uma progressiva tomada de consciência, pois ela ocorre mesmo se o objetivo inicial é alcançado sem nenhum fracasso. Neste contexto, o erro não é condição necessária para acontecer aprendizagem, mas torna-se eventualmente necessário para que o sujeito tome consciência da inadaptação dos seus esquemas e da conseqüente necessidade de construir novos esquemas, ou ainda: reconstruir os já existentes.

Pode-se constatar uma situação de inadaptação seguida de uma progressiva tomada de consciência, no fórum de discussão realizado após o experimento da funda, apresentado a seguir:

Assunto: Força Centrípeta

Data da mensagem: 08/10/2002 07:42

Remetente: rodolfo1(Rodolfo da Silva Rodrigues)

Mensagem:

Força centrípeta e força centrífuga é a mesma coisa?

Assunto: Res: Força Centrípeta

Data da mensagem: 08/10/2002 08:07

Remetente: felipe1(Felipe Lima)

Mensagem:

Eu acho que deve ser a mesma coisa, porque você considerando uma máquina de lavar fazendo a centrifugação pode ser a mesma coisa que a força centrípeta. Porque na força centrípeta você faz, por exemplo, tentar acertar um alvo com uma certa distância com uma bolinha girando em sentido horário e anti-horário. Ela iria fazer o mesmo movimento que o da máquina de lavar.

1610	184	escreve
------	-----	---------

Assunto: força centrípeta

Data da mensagem: 22/10/2002 07:52

Remetente: luan1(Luan Varreira)

Mensagem:

Se força centrípeta e centrífuga são a mesma coisa, por que não se pode falar Máquina Centrípeta?

Assunto: Força centrípeta

Data da mensagem: 22/10/2002 09:14

Remetente: jonas1(Jonas Granada)

Mensagem:

Eu acho que ã é a mesma coisa, mas vou confirmar isso pesquisando mais tarde.

1617

184

escreve

Assunto: Força Centrípeta

Data da mensagem: 23/10/2002 06:34

Remetente: rodolfo1(Rodolfo da Silva Rodrigues)

Mensagem:

Força centrípeta é diferente de força centrífuga, porque Força Centrífuga pode-se definir como a força que tende a afastar a massa em rotação do seu centro de rotação, lançando-a na tangente à trajetória, e Força Centrípeta tende a aproximar a massa rotativa do centro de rotação.

Assunto: Força centrípeta

Data da mensagem: 29/10/2002 08:26

Remetente: jonas1(Jonas Granada)

Mensagem:

Depois de pesquisar, vi que força centrípeta é diferente de força centrífuga, mas meu colega fez esta pesquisa antecipadamente, e a pesquisa dele está igual à minha.

Nota-se, neste fórum de discussão, a concepção espontânea de Felipe, em relação à diferença entre aceleração centrípeta e aceleração centrífuga. Por outro lado, observa-se também uma concepção espontânea oposta à de Felipe, que foi apontada por Jonas. Assim, em virtude da dúvida gerada, a partir desses dois pontos de vista, Felipe e Jonas decidiram realizar um levantamento bibliográfico e verificar qual a opinião válida.

A dúvida que surgiu durante o fórum de discussão, foi a causa de um conflito cognitivo, pois os sujeitos já apresentavam idéias prévias sobre o assunto. Este conflito ocasionou um desequilíbrio, tanto em Felipe como em Jonas, fazendo com que eles partissem na busca da concepção científica dos dois termos, com a finalidade de verificar quem estava certo.

Em conseqüência deste conflito, ocorreu a conceituação dos dois termos. Conforme Becker (1993), pode-se dizer que, errando, também se aprende, mas não se pode afirmar que o erro seja condição necessária para que ocorra a construção do conhecimento.

No caso de Jonas, não houve erro, pois ele estava certo ao afirmar que os termos não significavam a mesma coisa. Ele também conseguiu conceituar a aceleração centrípeta e a aceleração centrífuga.

Neste contexto, já que a inadaptação não engloba todos os casos para explicar o progresso da consciência, deve-se recorrer à assimilação. Fixar um objetivo já é uma maneira de assimilar um objeto a um esquema prático. Enquanto se provoca a consciência em função do objetivo e da ação assimiladora, o esquema se torna conceito, mesmo que continuando esquema e a assimilação se faça representativa, ou seja: suscetível de fazer aparecer em extensão.

Resumindo: o mecanismo da tomada de consciência pode ser observado em todos os aspectos até agora analisados, como um processo de conceituação. Pode-se constatar que ele chega até a representação de ordem operatória, primeiramente, concreta e, posteriormente, formal.

Na condição de possibilidade deste processo, encontra-se a ação, ou melhor, a ação sensório-motora. Portanto, essa ação constitui a condição necessária da tomada de consciência e, por conseguinte, de qualquer fase deste processo de conceituação.

Contudo, ainda, conforme Becker (1993), as ações não constituem a condição suficiente, pois há ações que podem permanecer sensório-motoras até a idade adulta. Assim, com a chegada, através de tomadas de consciência progressivas, da conceituação de ordem operatória, surge um novo tipo de ação. Esse novo tipo de ação tem tudo a ver com a relação sujeito-sujeito, que está contida dentro da relação sujeito-objeto, não num patamar individual, porque este não vai além de uma abstração. Na realidade, trata-se de uma relação do indivíduo com o seu meio social.

Neste contexto, a seção seguinte discutirá e analisará a importância das interações do sujeito com o meio social no processo de tomada de consciência.

13.6 AS INTERAÇÕES SOCIAIS E A TOMADA DE CONSCIÊNCIA

Para Piaget (1996), o caráter mais notável do conhecimento humano quanto ao modo de formação, estabelecendo relações com as transformações evolutivas do organismo e as formas do conhecimento acessíveis ao animal, é sua natureza coletiva, tanto quanto a individual.

No âmbito do conhecimento, segundo o mesmo autor, parece claro que as operações que garantem a troca na cooperação cognoscitiva são uma só e mesma coisa, correspondendo à coordenação geral das ações, à coordenação interindividual tanto quanto à intra-individual²¹. Isso ocorre porque essas ações são ao mesmo tempo coletivas e executadas por indivíduos.

Segundo Piaget (1998), a vida do grupo é o meio natural da atividade intelectual, e a cooperação, o instrumento necessário para a formação do pensamento racional. É através do atrito incessante com o outro, pela oposição das vontades e das opiniões, pela troca, discussão, conflitos e pela compreensão mútua, que todos nós aprendemos a nos conhecer e conhecer o mundo que nos cerca.

No parágrafo a seguir, extraído do texto “A funda”, pode-se observar, claramente, o esforço de Jonas para situar as suas idéias no conjunto das perspectivas dos outros colegas que também estavam construindo o texto.

Observa-se, ainda, o processo reflexivo que a construção coletiva do texto proporciona a Jonas, provocando uma discussão interior e uma aplicação sobre si mesmo do que ele aprendeu, através do que foi escrito pelo outro.

Abrindo este texto onde iremos argumentar e debater sobre nossa experiência sobre a funda, no qual tivemos que girar uma bolinha amarrada a um barbante e calcular o lançamento de modo que atinja um certo alvo. Assim pudemos descobrir a tal força centrípeta a qual estávamos estudando. Podemos ver

²¹ O termo intra-individual é relativo ao interior do sujeito. Um sistema de interações modifica o indivíduo em sua própria estrutura, Piaget (1973 p.35).

que esta força gera uma tangencial circular entre o círculo e o alvo. (Jonas, 20/12/2002. 06:57h).

A força centrípeta é o princípio fundamental da dinâmica; a aceleração que o corpo apresenta é causada por uma força que terá a mesma direção e o mesmo sentido da aceleração que causou. $Fr=m.a$ (Felipe, 20/12/2002. (07:47h)

Pensando melhor a respeito da “tangente circular” posso dizer, com maior certeza, que no instante do arremesso a bolinha continuara o movimento na direção tangente à trajetória e no sentido do movimento. (Jonas, 20/12/2002. 07:24h).

Considerando a educação intelectual, entende-se que a tomada de consciência do pensamento próprio, com tudo o que isso implica do ponto de vista do autocontrole, é favorecida pela cooperação.

Na visão de Piaget (1998), pela comparação do que foi realizado pelo outro, o indivíduo se liberta de sua perspectiva particular e consegue construir uma representação adequada do real. Para ele, a cooperação é condição do verdadeiro pensamento.

Durante as observações, realizou-se um chat, onde se debateram questões referentes ao experimento da funda e foram estabelecidas comparações sobre diferentes representações gráficas do trajeto da bolinha.

Este chat aconteceu devido a um problema no finder. Os alunos abriram um fórum para discutir o *bug* que estava acontecendo no finder. Em virtude deste *bug*, Juliano conversou no chat do ROODA com os alunos do curso, para saber como o problema se apresentava. Os alunos gostaram de conversar com Juliano, no chat, e, assim, combinou-se um outro chat enfocando o experimento da funda.

Na data combinada, Juliano abriu um novo chat para que todos discutissem o assunto. Durante a conversa, os alunos foram questionados por Juliano sobre vários fatores que envolvem o experimento da funda, mas a questão da aceleração centrípeta foi a que gerou maior polêmica.

Após a discussão, os alunos elaboraram um texto coletivo no ETC, onde colocaram as suas conclusões sobre a aceleração centrípeta e os demais conceitos que envolvem o experimento da funda. O assunto também foi registrado no diário de bordo e no site de cada grupo.

A situação a seguir, foi extraída do chat descrito anteriormente. A discussão se deu em torno do experimento da funda, da representação gráfica do trajeto da bolinha e dos conceitos relacionados com o experimento.

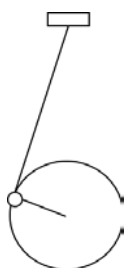
juliano 10:12

fala para todos

Vamos ver....

juliano 10:12

fala para todos



juliano 10:12

fala para todos

ficou assim?

silviaf 10:12

fala para todos

Arrasou, hein, juliano!!!

jonas1 10:12

fala para todos

+ ou -

rafael1 10:12

fala para todos

meus parabéns!

juliano 10:12

fala para todos

Aquela linha imaginária que liga a bolinha ao algo é a tangente

rafael1 10:12

fala para Você

O meu ficou ao contrário?

rodolfo1 10:12

fala para todos

eu fiz no sentido oposto

silviaf 10:12

fala para todos

O vetor velocidade é tangente à circunferência ou não?

juliano 10:12

fala para todos

Isso não faz muita diferença

juliano 10:12

fala para todos

Muita

jonas1 10:12

fala para todos

Que é a tangente eu já tinha uma idéia, mas por que circular.

jonas1 10:12

fala para todos

Desculpa "circular"

juliano 10:12

fala para todos

Porque ela se calcula da soma das forças envolvidas no processo. Quais são elas?

rafael1 10:12

fala para todos

Depois eu sou o jegue

juliano 10:12

fala para todos

Se vcs procurarem por uma coisa chamada de soma de vetores vão entender como ela surge

juliano 10:12

fala para todos

Alguém sabe o que é soma de vetores?

silviaf 10:12

fala para todos

Aquela reta que o Juliano representou que segue até o alvo representa o vetor velocidade que é tangente à circunferência

rafael1 10:12

fala para todos

A Silvia sabe

juliano 10:12

fala para todos

Sim, ela eu sei que sabe. E vcs? Sabem?

Rafael1 10:12

fala para todos

+ou-

Pode-se verificar, claramente, através do diálogo apresentado no Chat, que as interações interindividuais modificam a consciência do indivíduo. Constata-se, por meio das comparações estabelecidas entre a representação gráfica de Rafael e a de Rodolfo com a elaborada por Juliano, que a interação entre os sujeitos individuais modifica, também, os sujeitos uns aos outros.

Em função da comparação entre as representações gráficas, os alunos repensaram as suas representações individuais, com o propósito de adequá-las a

uma realidade em comum, adotando, assim, uma atitude própria ao espírito científico. Como resultado, elaboraram esquemas que equivalem, no plano da reflexão, aos conceitos e uma construção de relações que servem de base para as próximas relações.

Observa-se, também, que Juliano questiona os alunos sobre o que seria uma soma de vetores. Ao questioná-los, ele os coloca frente a um novo problema. Assim, os sujeitos precisam responder ao problema, adaptando-se à nova situação.

Neste contexto, conforme Bringuier (1977), define-se a inteligência como a adaptação a novas situações, isto é, como uma construção contínua de estruturas.

Segundo Bringuier (1977), Piaget define o termo adaptação como o equilíbrio entre a assimilação e a acomodação de dois pólos, ou seja: o pólo indivíduo – assimilação; e o pólo indivíduo – acomodação. Assim, a equilibração é um processo e não um balanço de forças, enquanto o equilíbrio é o retorno ao estado anterior.

Dessa forma, tem-se que o equilíbrio é um processo dinâmico que modifica as estruturas cognitivas. Neste processo, o sujeito não pára nunca de experimentar e evoluir, pois surgem sempre novos fatos exteriores que provocam perturbações. Salienta-se que o equilíbrio é um processo constante e jamais pode ser alcançado, porque é impossível assimilar o todo.

Em resumo, segundo Piaget (1998), verifica-se que a cooperação não age apenas sobre a tomada de consciência do sujeito e sobre seu senso de objetividade, mas culmina na constituição de toda uma estrutura normativa. A cooperação finaliza o funcionamento da inteligência individual, completando-a, porém, no sentido de reciprocidade. A reciprocidade, por sua vez, constitui a única norma fundamental que leva ao pensamento racional.

Pode-se dizer que a cooperação é efetivamente criadora e, também, que ela é importante para a constituição da razão.

Assim, cada interação entre o sujeito e outros sujeitos constitui uma totalidade nela mesma, produzindo novas características e transformando a estrutura mental do indivíduo.

No próximo capítulo são repensados os dados coletados e interpretados no capítulo anterior.

14 REPENSANDO OS DADOS

A partir da vivência com os adolescentes, durante o período de observação e coleta de dados, foi possível verificar distintas reações e condutas que são discutidas neste capítulo.

Na primeira aula com o grupo de alunos, não se realizou nenhuma atividade experimental e nem teórica. Neste primeiro contato, os participantes do curso apenas se conheceram uns aos outros e exploraram o ambiente virtual interativo ROODA Tekton. Estabeleceu-se, entre o grupo de alunos e o professor pesquisador, uma relação amigável e fraterna. Porém, em determinadas situações, os alunos manifestavam uma certa competitividade.

No contato com o ambiente, os alunos exploraram ferramentas e recursos pedagógicos. Percebeu-se, claramente, que eles gostaram muito de acessar o laboratório virtual e explorar as diferentes simulações. Os alunos utilizaram a biblioteca virtual, quando desejaram definir algum termo novo e quando desejavam verificar alguma fórmula.

Eles elaboraram textos no ETC e demonstraram muito prazer em trabalhar coletivamente. Houve cooperação durante a elaboração do texto, principalmente quando era necessário esclarecer alguma dúvida. O Chat e o Fórum de discussão foram usados paralelamente para debater questões polêmicas. Através dessas ferramentas, os alunos esclareceram dúvidas, compararam diferentes pontos de vista e. construíram conhecimento.

O diário de bordo foi o único recurso que os alunos usaram individualmente. Eles ressignificaram essa ferramenta, pois foi dito e mostrado para que servia, como e por que deveria ser usada, mas a utilizaram somente para registrar as suas conclusões sobre cada desafio. Porém, pode-se observar que eles só colocaram nele dados já discutidos e considerados corretos. Acredita-se que isso aconteceu, em virtude dos registros no diário de bordo serem produções individuais, que seriam analisadas pela professora. Esse fato demonstra o medo que o adolescente tem de errar, confirmando a imagem cristalizada do professor, no ensino tradicional, como detentor absoluto do saber.

Os alunos elogiaram o design do ambiente, gostaram das cores utilizadas, da metáfora de sala de aula e das diferentes opções de navegação. Eles apontaram, neste primeiro contato com o ambiente, a ausência de uma ferramenta para resolver problemas fechados, ou seja, um espaço onde eles pudessem escrever as equações, substituir as variáveis por dados numéricos ou literais e calcular o resultado.

Segundo Sá (1990), os conceitos físicos necessitam de uma quantificação numérica para serem formalmente constituídos. O conteúdo e a forma da realidade percebida e realizada pela criança difere daquele percebido e conceituado pelo adolescente. O conhecimento é o resultado da ação que o sujeito realiza sobre os objetos. Essa ação se efetua em diferentes níveis cognitivos, de acordo com a capacidade de efetuar operações e em diferentes graus de profundidade, dependendo da faixa etária.

Acredito que a importância dada pelos alunos a este tipo de ferramenta, reflete, também, a prática cristalizada que predomina no Ensino Médio e nos concursos vestibulares do nosso país, isto é, a exaustiva resolução de problemas fechados, devido à ênfase dada à concepção matematizada do ensino de Física.

Durante o experimento da funda, os alunos levantaram e discutiram muitas dúvidas. Contudo, a questão mais polêmica foi sobre a aceleração centrípeta. Através da ação experimental, os sujeitos perceberam que existem apenas alguns pontos de soltura para que a bolinha atinja o alvo.

A partir dessa constatação, passaram a verificar as forças que influenciam na trajetória da bolinha e a conceituá-las, a fim de compreender o movimento. A

polêmica sobre a diferença entre aceleração centrípeta e aceleração centrífuga foi tão significativa, que Rodolfo abriu um fórum de discussão por conta própria sobre o assunto.

Rodolfo foi o primeiro aluno que compreendeu a função do fórum de discussões. Verifica-se, assim, a tomada de consciência da diferença entre a aceleração centrífuga e centrípeta, que ocorreu durante os debates, bem como a tomada de consciência em relação à utilização do Fórum.

Observa-se, ainda, o caso particular das inaptações, quando Rodolfo e Felipe apresentaram opiniões opostas em relação aos conceitos de aceleração centrípeta e centrífuga. Neste caso, confirma-se que o erro não é condição necessária para que ocorra a tomada de consciência, pois, mesmo um aluno estando certo e o outro errado, ambos construíram conhecimento.

Em virtude do experimento da funda e das discussões que surgiram a partir dela, acompanhou-se o processo de tomada de consciência dos sujeitos durante as atividades experimentais e teóricas. Nesse processo eles conceituaram a aceleração centrípeta, a aceleração centrífuga, o vetor velocidade e o vetor aceleração. Convém salientar que esses conceitos surgiram a partir da ação concreta e das conseqüentes discussões, sem a necessidade de exercícios matematizados.

A autora, na condição de professora de Física, teve o privilégio de observar o empenho dos alunos durante a realização das tarefas e a felicidade deles ao compreender cada novo conceito. Acredita-se que a metodologia empregada motivou os alunos, pois eles construíram seus conhecimentos livremente, sem se preocupar em ter que resolver uma série de problemas fechados preestabelecidos, como acontece na concepção que privilegia as operações matemáticas.

A partir desses fatos, confirmou-se a opinião inicial em relação à concepção conceitual de ensino de Física. Isto pode ser comprovado, pois, quando se dá prioridade ao diálogo constante e dinâmico, verifica-se uma aprendizagem significativa e contextualizada, que valoriza os conhecimentos espontâneos dos sujeitos, partindo deles para a construção de saberes mais elaborados.

Diante do que foi observado, acredita-se que a aprendizagem de Física não pode basear-se somente na memorização de equações e na utilização destas para a resolução de desafios descontextualizados da realidade do aluno. A aprendizagem deve estar pautada por discussões significativas, mantendo um constante diálogo com o mundo, com a sociedade e com todos os atores do processo de aprendizagem.

Durante o experimento da funda, do plano inclinado e da colisão das bolinhas, observou-se que os alunos conseguiram prever procedimentos que deveriam ser realizados, para atingir um determinado resultado, antes da ação concreta. É importante salientar que essas previsões geralmente se confirmavam. Eles, também, conseguiram explicar verbalmente essas hipóteses. Isso se dá devido à capacidade hipotético-dedutiva do período formal.

Durante o experimento do plano inclinado, surgiu uma discussão bem interessante sobre as forças que atuam sobre uma moeda, quando esta desliza sobre um plano inclinado. Identificou-se, claramente, durante este experimento, uma tomada de consciência brusca ou insight, no momento em que Luan definiu o atrito.

Acredita-se que a tomada de consciência brusca de Luan não se trata apenas de uma simples iluminação, mas pode ser interpretada como uma reconstrução, pois provavelmente ele já apresentava estruturas prévias que possibilitaram a tomada de consciência.

Contudo, deve-se considerar que tanto os *Insights* como a tomada de consciência progressiva, que podem ser acompanhados pelo professor pesquisador, tem como base a ação. Porém, a ação não constitui a condição suficiente para ocorrer este processo, pois certas ações podem continuar sensório-motoras até a fase adulta.

Acredita-se que a interação entre o sujeito e os outros sujeitos e a relação entre o indivíduo e o meio social, são condições importantes para a tomada de consciência.

No capítulo a seguir, são apresentadas as conclusões deste estudo, a partir da análise e interpretação dos dados observados.

CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

“O universo só é conhecido pelo homem através da lógica e das matemáticas, produto do seu espírito, mas ele só pode compreender como as construiu estudando a si mesmo, psicológica e biologicamente”.
(Jean Piaget)

No presente trabalho, buscou-se acompanhar e analisar a tomada de consciência dos alunos, a partir de atividades experimentais e teóricas, baseadas em desafios e apoiadas por um ambiente virtual de aprendizagem.

Na condição de professora da disciplina de Física no Ensino Médio, deu-se ênfase ao estudo da Epistemologia Genética de Jean Piaget e, especialmente, à tomada de consciência na formação da pesquisadora. Essa formação contribuiu para o uso adequado da tecnologia e para o processo de tomada de consciência dos sujeitos de pesquisa.

Neste contexto, elaborou-se uma proposta pedagógica de aprendizagem de Física, que foi disponibilizada em um site e incorporada no ROODA.

Para tanto, com o objetivo de desenvolver um ambiente virtual aliado a uma proposta pedagógica de aprendizagem de Física, foi feito um levantamento, com adolescentes, buscando apontar fatores preferenciais de acessibilidade e navegabilidade em ambientes virtuais de Física, disponíveis na Internet.

Conclui-se, assim, que o planejamento e implementação de um ambiente virtual são um processo constante de descentração, em que a equipe criadora deve sempre buscar uma aproximação com os pretensos sujeitos que o acessarão. Verifica-se a importância do estabelecimento de um diálogo entre quem constrói e quem acessa. Portanto, o processo é marcado pela escuta e compreensão do grupo de desenvolvimento do ambiente, pois esta deve considerar as preferências dos adolescentes.

Salienta-se que os aspectos levantados neste estudo exploratório não são tidos como verdades absolutas, mas sim como norteadores no desenvolvimento da estrutura de um ambiente virtual. Portanto, não se pretendeu fazer generalizações com base nos dados coletados.

Reportando-se às opiniões dos sujeitos, em relação à proposta pedagógica de aprendizagem de Física ROODA Tekton, conclui-se que eles gostaram muito do design, das cores utilizadas, da metáfora escolhida pela autora, das diferentes opções de navegação, dos recursos pedagógicos e das atividades propostas, como já foi mencionado anteriormente.

Em relação às ferramentas disponibilizadas pelo ROODA, verificou-se que o chat, o fórum de discussão e o finder, por permitirem a comunicação e as interações interindividuais, favorecem a cooperação e possibilitam a tomada de consciência. Pode-se concluir o mesmo em relação ao uso do ETC, pois houve cooperação durante a elaboração dos textos, principalmente nos casos em que foi necessário esclarecer questões polêmicas.

Quanto ao diário de bordo, viu-se que essa ferramenta serviu apenas para o registro dos dados considerados corretos pelos alunos. Entende-se que isso aconteceu em virtude dessas serem produções individuais que seriam analisadas pelo professor. Esse fato permite perceber o medo que o adolescente tem do erro e de uma provável reação negativa do professor frente a esse erro.

Ainda em relação às ferramentas disponibilizadas pelo ROODA, concorda-se com os alunos quanto à necessidade de se incorporar no ambiente uma ferramenta para resolver questões que envolvam cálculos numéricos ou literais, pois estes auxiliam a tomada de consciência.

Pode-se verificar o sucesso da metodologia empregada no curso, pois se teve o privilégio de observar o empenho dos alunos durante a realização das tarefas e a felicidade deles ao compreender cada novo conceito. Conclui-se que a metodologia empregada motivou os alunos, pois eles tiveram a oportunidade de construir seus conhecimentos, livremente, sem se preocupar em resolver vários problemas fechados, predeterminados, como acontece na concepção matematizada.

Apontam-se, neste segundo momento, as conclusões referentes à tomada de consciência que ocorreram durante atividades experimentais e teóricas realizadas coletivamente.

Conclui-se que a tomada de consciência consiste em reconstruções. Isso significa que a tomada de consciência de um esquema de ação o transforma num conceito. Mas a tomada de consciência não se reduz à conceituação, pelo menos à conceituação no sentido estrito. Consta-se a tomada de consciência muito antes de qualquer conceituação propriamente dita. No nível operatório concreto, já estão presentes os componentes fundamentais da conceituação, mas limitados ao plano das ações, ao plano do real.

O conceito compõe-se de uma pequena parte do real e uma grande parte dos possíveis; ele transborda o real. É este precisamente o papel da tomada de consciência, ou seja, inverter a ordem da gênese: o que vinha antes da gênese (a ação) passa para depois por força da tomada de consciência. Ela produz uma inversão das relações entre o possível (plano das implicações) e o real (plano das ações).

Pode-se constatar que essa definição ultrapassa em muito o senso comum, o qual considera a tomada de consciência como uma simples iluminação, que não transforma e nem acrescenta nada.

Os dados selecionados e analisados, com base na teoria de Jean Piaget, mostraram que a conceituação parte de um ou dois pontos de observação, bem ou mal observados e de postulados limitativos. A generalização de todas as possibilidades é a condição prévia para a coordenação conceitual. Existe entre a coordenação motora e a coordenação conceitual uma diferença fundamental de orientação.

Constatou-se, durante os experimentos, que existe, de um lado, uma seleção inconsciente das possibilidades, com aproximação polarizada no resultado favorável; e, de outro, uma generalização, com compreensão progressiva de todas as possibilidades inerentes ao dispositivo dado. Em seguida, nota-se apenas a aplicação da ação realizada, que se trata de interpretar.

Os seis alunos acompanhados durante o curso apresentaram concepções espontâneas sobre cada um dos assuntos enfocados e, a partir da inclusão de cada desafio, passaram a corrigir e a reconstruir as significações prévias. Isso significa que eles passaram a substituir a idéia falsa inicial ou pré-conceito, por um ponto de vista que surge a partir da ação e da conceituação.

Tem-se que essa coordenação inferencial ou conceituada é extraída da coordenação sensório-motriz das ações, através de abstração reflexionante, considerando que sem o sucesso da ação, a conceituação permaneceria incorreta.

Em relação à propriedade reflexionante, conclui-se que, de um lado, existe uma espécie de projeção ou de reflexão, no sentido físico, isto é, uma abstração pseudo-empírica, que consiste em transpor do plano motor para o plano das representações a unicidade das ações anteriormente realizadas. Por outro lado, tem-se uma reflexão, no sentido de uma reorganização conceitual, pois à coordenação sensorio-motriz se acrescenta a coordenação inferencial. Isso corresponde a inserir o sucesso prático, como caso único, no conjunto das possibilidades realizáveis, em condições semelhantes, e a construir um referencial de noções de natureza completamente nova e diferente do sistema sensório-motor inicial.

Confirmou-se, através dos dados observados, que as operações proposicionais são elaboradas a partir das operações concretas, com reconstruções novas. Concluiu-se que não é pela tomada de consciência direta da lógica que se elabora a lógica, mas por sucessivas construções que supõem uma série de instrumentos lógicos.

Verificou-se, através das observações feitas no experimento do plano inclinado, que os *insights* são tomadas de consciência bruscas, das quais não se consegue acompanhar o processo. Assim, essas compreensões bruscas correspondem a um momento da passagem dos atos de inteligência, que consistem em descobrir novos meios, de maneira gradativa e por diferenciações progressivas,

partindo de esquemas conhecidos a atos de nível mais elevado. Nesse caso, os esquemas anteriormente construídos tornam-se capazes de coordenações mais rápidas, as quais fornecem a ilusão de súbita compreensão.

Observou-se, durante as atividades práticas e teóricas, a capacidade hipotético-dedutiva dos sujeitos. Pode-se chegar à conclusão que, na adolescência, a tomada de consciência torna-se também uma reflexão do pensamento sobre si mesmo. No domínio lógico-matemático, isso significa que o sujeito é capaz de levantar hipóteses e verbalizá-las, em virtude da capacidade de elaborar operações sobre operações.

Através da análise do fórum de discussão que enfocava o tema força centrípeta, concluiu-se que o erro não é condição necessária para uma progressiva tomada de consciência, pois ocorre mesmo se o objetivo inicial é alcançado sem nenhum fracasso. Contudo, o erro se torna eventualmente necessário para que o sujeito tome consciência da inadaptação dos seus esquemas e da conseqüente necessidade de construir novos esquemas, ou ainda: reconstruir os já existentes.

Numa perspectiva mais abrangente, verificou-se que o mecanismo da tomada de consciência constitui um processo que não se reduz à conceituação, pois se constata tomadas de consciência muito antes de qualquer conceituação propriamente dita. Esse processo chega até a representação de ordem operatória, primeiramente concreta e, posteriormente, formal. Tem-se nas ações sensório-motoras a condição necessária para a tomada de consciência, mas elas não constituem condição suficiente, pois podem permanecer sensório-motoras até a fase adulta.

Assim, através dos dados observados, pode-se concluir que a relação sujeito-sujeito, num nível coletivo, considerando o sujeito com o seu meio social, é de grande importância para a tomada de consciência. Portanto, acredita-se que a vida em grupo é o meio natural da atividade intelectual, e a cooperação, um instrumento relevante para a formação do pensamento racional.

Com isso pode-se observar, durante as atividades realizadas pelo grupo que, através das interações interindividuais, os sujeitos constroem conhecimento. É através do atrito contínuo com o outro, pela oposição das vontades e das opiniões,

pela troca e pela discussão, pelos conflitos e pela compreensão mútua, que os sujeitos aprendem a se conhecer e conhecer o mundo que os cerca. Portanto, é possível afirmar que a cooperação favorece a tomada de consciência.

Contudo, a cooperação não age apenas sobre a tomada de consciência do sujeito e sobre seu senso de objetividade, mas culmina na constituição de toda uma estrutura normativa. A cooperação finaliza o funcionamento da inteligência individual, completando-a, no sentido de reciprocidade. A reciprocidade constitui a única norma fundamental que conduz ao pensamento racional. Logo, a cooperação é criadora de formas, ela é um instrumento importante para a criação da razão.

Confirmou-se, assim, a opinião inicial, favorável em relação à concepção conceitual de ensino de Física. Logo, quando se dá prioridade ao diálogo constante e dinâmico, verifica-se uma aprendizagem significativa e contextualizada, que valoriza os conhecimentos espontâneos dos sujeitos, partindo deles para a construção de saberes mais elaborados.

Diante de tudo o que foi observado e analisado, acredita-se que a aprendizagem de Física não pode basear-se exclusivamente na memorização de fórmulas e na utilização destas para a resolução de desafios descontextualizados da realidade do aluno. Essa aprendizagem deve estar alicerçada por discussões significativas, mantendo-se um constante diálogo com o mundo, com a sociedade e com todos os atores do processo de aprendizagem.

Comprova-se, assim, a hipótese levantada. A proposta pedagógica de aprendizagem de Física, neste estudo apresentada, permitiu ao professor pesquisador verificar e acompanhar como ocorre o processo de tomada de consciência.

Quanto aos critérios utilizados na elaboração da Interface da proposta de aprendizagem ROODA Tekton, pode-se dizer que foram adequados e possibilitaram a construção de um ambiente virtual agradável e desafiador.

As atividades experimentais realizadas em grupo favoreceram a cooperação, desafiaram os alunos, conduzindo-os à construção dos conceitos físicos.

As ferramentas comunicacionais disponibilizadas pelo ROODA permitiram o diálogo, a discussão e a tomada de consciência, possibilitando o registro desse processo.

Acredita-se que este trabalho não está acabado; necessita, ainda, de uma série de outros estudos. Assim, aponta-se algumas preocupações que surgiram em consequência dele e que poderão dar origem a outras abordagens:

- Como elaborar uma ferramenta que possibilite o registro e a resolução de cálculos matemáticos que permita o trabalho cooperativo, favorecendo a tomada de consciência?
- Como esta pesquisa pode contribuir para a aprendizagem de Física, em condições normais, para um professor que não é pesquisador?
- Como o professor da escola pública pode se servir dela para melhorar a sua prática pedagógica?

Em virtude desses questionamentos, abre-se, na conclusão deste estudo, a possibilidade de futuras pesquisas e discussões, com o objetivo de analisar e problematizar a tomada de consciência nas condições normais de uma sala de aula do Ensino Médio.

REFERÊNCIAS

ARS CONSULT. *Empresa Especializada na Implementação da Informática no Currículo Escolar*. Disponível em : <[http:// www.ars.com.br](http://www.ars.com.br)> Acesso em: 01. abr. 2002.

ART&DESIGN *Treinamento em Informática S/C Ltda*. Disponível em: <http://www.artdesigncursos.com.br/detnoticias.asp?offset=80&Cod_Noticia_sUlt=16> Acesso em: 23. abr. 2002.

BAKHTIN, Mikhail. *A Estética da Criação Verbal*. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

BECKER, Fernando. *Da Ação à Operação: o caminho da aprendizagem*: j. Piaget e P. Freire. Porto Alegre: EST: Palmarinca: Educação e Realidade, 1993.

BECKER, Fernando. *Educação e Construção do Conhecimento*. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

BEHAR, Patricia. Projeto ROODA: a construção de um ambiente para EAD baseado em Software Livre – *Cadernos de Informática* – Porto Alegre, v.2, n.1, p. 107 –111, 1. mar. 2002.

BORGES, Regina Maria Rabello. *Em Debate: cientificidade e educação em ciências*. Porto Alegre: SE/CECIRS, 1996.

BRINGUIER, Jean-Claude. *Conversando com Jean Piaget*. Rio de Janeiro: Difel, 1977.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa; VANNUCCHI, Andrea. *O Currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa*. Disponível em: <<http://if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>> Acesso em: 01. abr. 2002.

CARVALHO JÚNIOR, Gabriel Dias. *As Concepções de Ensino de Física e a Construção da Cidadania*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis: Departamento de Física – UFSC, v. 19, n. 1, abr. 2002.

DELVAL, Juan. *Introdução à Prática do Método Clínico: descobrindo o pensamento das crianças*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

GUIMARÃES FILHO, Zwinglio de Oliveira. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/fisico/respostas/19.html>> Acesso em: 18. maio. 2003.

FRANCO, Sérgio. *O Construtivismo e a Educação*. Porto Alegre: Mediação, 1995.

FRANCO, Sérgio. Piaget e a Dialética. In: BECKER, Fernando; FRANCO, Sérgio Roberto Kieling (Org.). *Revisando Piaget*. Porto Alegre: Mediação, 1999. p. 9-20.

INHELDER, Bärbel; PIAGET, Jean. *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente: ensaio sobre a construção das estruturas operatórias formais*. São Paulo, Pioneira, 1976.

LEITE, Luci Banks; MEDEIROS, Ana Augusta. *Piaget e a Escola de Genebra*. São Paulo: Editora Cortez, 1992.

LÉVY, Pierre. *As Tecnologias da Inteligência*. São Paulo: Editora 34, 1993.

LÉVY, Pierre. *Cibercultura*. São Paulo: Editora 34, 1999.

MONTANGERO, Jacques; NAVILLE, Danielle Maurice. *Piaget ou a Inteligência em Evolução*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul LTDA, 1998.

MORAN, José Manuel. *Mudar a Forma de Aprender e Ensinar com a Internet*. Salto para o Futuro: TV e Informática na Educação / Secretaria de Educação a Distância. Brasília: Ministério da Educação e do Desporto, SEED, 1998.

MORETTO, Vasco Pedro. *Construtivismo: a produção do conhecimento em aula*. 2. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

NASA. Disponível em: <<http://www.Nasa.gov>, 2002.> Acesso em: 01. abr. 2002.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília; 1999.

PARRAT, Silvia; TRYPHON, Anastásia. *Sobre a Pedagogia: textos inéditos*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998.

PIAGET, Jean. *Abstração Reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

PIAGET, Jean; INHELDER, Bärbel. *A Psicologia da Criança*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

PIAGET, Jean. *Biologia e Conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos*. Petrópolis, RJ: Vozes, 1996.

PIAGET, Jean. *O Juízo Moral Na Criança*. São Paulo: Summus, 1994.

PIAGET, Jean. *O Possível e o Necessário: evolução dos possíveis na criança*. Porto alegre, Artes Médicas, 1985.

PIAGET, Jean, 1896. *A Tomada de Consciência*. São Paulo: Melhoramentos, Ed. da Universidade de São Paulo, 1977.

PIAGET, Jean. *Estudos Sociológicos*. Rio de Janeiro, Forense: 1973.

PIAGET, Jean. *A Epistemologia Genética*. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1972.

PIETROCOLA, Maurício. *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

Projeto Educar. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br>> Acesso em: 01. abr. 2002.

Principia Tecnologia da Informação. Disponível em: <<http://www.principiatec.com.br/assistant.htm>> Acesso em: 23. abr. 2002.

Projeto software Livre – RS. Disponível em: <<http://www.softwarelivre.rs.gov.br/index.php?menu=oquee>> Acesso em: 13. mar. 2002.

SÁ, Luiz Fernando Nunes. *As Noções de Espaço: ponte entre a Física Geométrica e o conhecimento construído*. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Educação, 1990, f. Dissertação (Mestrado).

SATO, Luciane Sayur. *Inventando Mundos Encantados: a história da enação da comunidade virtual SITECRIA*. Dissertação (Mestrado): Programa de Pós-Graduação em Psicologia Social e Institucional, Instituto de Psicologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

Software Livre – CCUEC - UNICAMP. Disponível em: <<http://www.softwarelivre.unicamp.br/sl/artigos/pastas/mostra-artico>> Acesso em: 30. mar. 2002.

SUPER ROBBY – Robótica Pedagógica: uma realidade ao alcance de todos. Disponível em : <<http://www.ars.com.br/arshome/proprobo.htm>> Acesso em: 01. abr. 2002.

TORNAGHI, Alberto J. C. Mulec. *MULEC: Multi – Editor Cooperativo Para Aprendizagem*. Tese (Doutorado): Engenharia de Sistemas, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

VALENTINE, Carla Beatriz; FAGUNDES, Léa da Cruz. *Ambientes Virtuais de Aprendizagem: sistema, organização e interação*. Informática na Educação: teoria e prática, Porto Alegre, v.4, n.2, p. 109-117, 2001.

ANEXOS

ANEXO 1

REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS ALUNOS ROODA TEKTON

ANEXO 2

FERRAMENTAS DO ROODA

ANEXO 3

ETC – EDITOR DE TEXTOS COLETIVO

