

Universidade Luterana do Brasil



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TÍTULO

**Evolução Conceitual no Campo de Equilíbrio Estático dos
Corpos Rígidos**

Edenise Alves Pereira

ORIENTADOR

Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto

Canoas-RS-Abril/2009

Catálogo da Publicação na Fonte. IFPI/Campus Floriano.

Pereira, Edenise Alves

Evolução conceitual no campo equilíbrio estático dos corpos rígidos. / Edenise Alves Pereira. -- Canoas, RS, 2008.

77 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática)–
Universidade Luterana do Brasil, 2008.

1. Física - Ensino - Pesquisa. 2. Campos Conceituais. 3.
Tecnologia da informação e comunicação. 4. Equilíbrio estático. I.
Título.

CDD 507

Universidade Luterana do Brasil



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TÍTULO

**Evolução Conceitual no Campo de Equilíbrio Estático dos
Corpos Rígidos**

Edenise Alves Pereira

ORIENTADOR

Prof. Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Canoas-RS-Abril/2009

Resumo

Conhecer os caminhos percorridos pelos alunos, em seus processos cognitivos, rumo a um aprendizagem significativa, é um dos grandes desafios da prática profissional dos professores. Considerando que esse conhecimento trará benefícios bastante significativos para a qualidade do ensino. Este projeto de pesquisa traz os resultados de um processo investigativo, de caráter qualitativo, que objetivou investigar a Evolução Conceitual dos alunos da 1ª série do Ensino Médio Integrado a Educação Profissional da unidade de Ensino Descentralizada do CEFET-PI em Floriano-PI, no campo do Equilíbrio Estático dos Corpos Rígidos. Com base na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, procurou-se identificar quais os Invariantes Operatórios, que poderiam ser utilizados ou descartados para aprimorar uma metodologia de ensino capaz de contribuir para uma evolução conceitual no domínio do Equilíbrio Estático dos Corpos Rígidos (EECR). Torná-los explícitos foi um fator fundamental deste trabalho que utilizou o método Think Aloud (Protocolos Verbais) para coleta de dados. Após a identificação dos Invariantes Operatórios (conceitos-em-ação e teorema-em-ação), desenvolveu-se uma simulação no software Modellus, com a finalidade de promover uma evolução conceitual no campo do EECR.

Palavras chaves: Evolução Conceitual – Campos conceituais - Equilíbrio estático dos corpos rígidos.

Abstract

Knowing the ways passed through the students in their cognitive process towards a significant learning, is one of the big a challenge of the teachers Professional practice. Regarding that this knowledge Will bring enough benefits to the quality of teaching. This research process, about with qualitative features, which aimed to examine the Conceptual Evolution of the 1° grade in the Integrated High School to the professional Education of the Decentralized Learning Unit of CEFET in the city of Floriano, state of Piauí. This investigation is on the Static Equilibrium of the rigid bodies, based on conceptual field of Vergnaud, that aimed at identifying the operational invariants which could be utilized or rejected to improve a learning methodology able to contribute to the conceptual evolution within the dominion of static equilibrium of rigid bodies. To make them explicit was one of the main challenges of this research which used the think aloud protocol to collect data. After identifying some operational invariants (concept in action and theorem in action) it was developed in the Modellus platform a simulation aimed at promoting a conceptual evolution in the desired conceptual field.

Keywords: Evolution conceptual- Field conceptual-Static equilibrium of the rigid bodies.

Dedicatória

Dedico este trabalho a meus pais Nonato e Madalena, por terem me dado a oportunidade de poder realizá-lo, pois eles me deram a vida.

Agradecimentos

- ✓ A Deus, que dispensa justificativas por sua magnitude;
- ✓ Ao Instituto Federal do Piauí (IF-PI), pela oportunidade e compromisso com educação na qualificação de seus professores;
- ✓ Ao professor Dr. Agostinho Serrano, pela orientação e paciência;
- ✓ Aos professores das disciplinas cursadas, pelo profissionalismo, dedicação e estímulos positivos para continuidade do trabalho;
- ✓ Aos colegas de turma pelo companheirismo e amizade;
- ✓ Aos meus alunos que voluntariamente quiseram participar deste trabalho;
- ✓ A Lara e Mara, minhas princesinhas que suportaram a minha ausência, principalmente durante os 23 dias em Canoas-RS;
- ✓ Ao Marlon, porque se no meu castelo tem princesas é porque existe um rei, que colaborou significativamente para essa conquista;
- ✓ A Rosinha, que deu conta do recado como ninguém mais daria;
- ✓ Aos meus amigos pelos momentos de descontração importantes para garantir o entusiasmo de concluir o trabalho. (Eudes, Gilberto, Giselda, Jeane, Junior, Luisa, Marcos, Ondina e Regis);
- ✓ A minha amiga Kátia, por ter ligado para mim todo dia mesmo de licença maternidade e perguntado: “*e ai? e o mestrado?*”

Sumário

Introdução	10
Capítulo 1. Objetivos	14
1.1 Objetivo Geral	14
1.2 Objetivos Específicos	14
Capítulo 2. Aporte Teórico	14
2.1 Conceitos alternativo / conhecimentos prévios	16
2.2 Conhecimentos Científicos	17
2.3 Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud	18
2.3.1 – Campo Conceitual	18
2.3.2 – O campo conceitual do Equilíbrio Estático dos Corpos Rígidos (EECR)	23
2.3.3 – Invariantes Operatórios: Trabalhos Correlatos	24
Capítulo 3. Metodologia	27
3.1 Pesquisa Qualitativa	27
3.1.1 – O método <i>Think Aloud</i>	27
3.1.2 – Perfil do aluno entrevistado	29
3.1.3 – Gravações das entrevistas	29
3.2 Aulas Expositivas	31
3.3 Métodos Computacionais	31
3.3.1 - O software Modellus	32
3.3.2 – O Uso do Modellus em pesquisas em Ensino de Ciências	33
3.3.3 - Modelagem e Simulações de EECR, usando o Modellus	35
Capítulo 4. Resultados e Discussão	38
4.1 Resultados da entrevista do pré-teste	38
4.1.1 – Estruturação da entrevista do pré-teste	39
4.1.2 – Interpretação da entrevista do pré-teste	40
4.1.3 – Identificação dos <i>invariantes operatórios</i> a partir da entrevista do pré-teste	51
4.2 Análises da entrevista do pré-teste	53
4.3 Elaboração e produção da simulação no Modellus	58

4.4 Resultados da entrevista do pós-teste	62
4.4.1 – Estruturação da entrevista do pós-teste	62
4.4.2 – Interpretação da entrevista do pré-teste	63
4.4.3 – Análise das entrevistas do pós-teste	67
Capítulo 5. Conclusão	75
Referências	79

Lista de Figuras e Tabelas

Figura 1 – Modelo utilizada na entrevista de pré-teste	30
Figura 2 – Exemplo de simulação criada no Modellus	33
Figura 3 – Figura (. gif) inserida na produção da simulação	35
Figura 4 – Tela do Modellus na inserção das fórmulas	36
Figura 5 – Representação Vetorial do aluno A1	48
Figura 6 – Representação Vetorial do aluno A2	49
Figura 7 – Representação Vetorial do aluno A3	49
Figura 8 – Representação Vetorial do aluno A4	50
Figura 9– Representação Vetorial do aluno A5	50
Figura 10 – Representação Vetorial do aluno A6	51
Figura 11 – Definição das variáveis na tela do Modellus	60
Figura 12 - Vetores	61
Figura 13 – Exemplo de Simulação aluno A1	67
Figura 14 – Exemplo de Simulação aluno A2	69
Tabela 1 – <i>Conceitos-em-ação e Teoremas-em ação</i>	51

Introdução

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), mas especificamente as que envolvem o uso de softwares educativos, como recursos didáticos que auxiliem as práticas educacionais são inegavelmente considerados como uma valiosa ferramenta nos processos de ensino e aprendizagem.

As TICs proporcionam alternativas diferenciadas de metodologias e recursos para a tarefa de ensinar ou aprender ciências em geral através de seus diferentes modos de utilização da ferramenta computacional, tais como: aquisição de dados, modelagem, simulação, multimídia, realidade virtual e Internet. Possibilitando que professores e alunos tenham novas alternativas na efetivação dos processos de ensino e aprendizagem (FIOLHAIS; TRINDADE 2003, p.13).

No entanto, a simples opção de usar um software educativo como recurso didático não garante a professores e alunos o sucesso na aprendizagem. Torna-se necessário que esta opção venha vinculada a um planejamento que envolva elementos pertencentes à construção de conhecimento científico no ambiente da sala de aula.

Dentre estes elementos podemos citar: a identificação de dificuldades cognitivas do aprendiz, baseada em teorias da aprendizagem tais como a abordagem Ausubeliana (AUSUBEL, et al, 1978); a escolha de situações de construção de conhecimento capazes de vencer estas dificuldades, tal como, submeter os alunos a situações de aprendizagem as quais possibilitem que o aluno faça uma relação entre o conteúdo que está sendo ensinado e uma situação real do seu cotidiano e o uso de metodologias de ensino que favoreçam uma aprendizagem significativa (AUSUBEL, et al, 1978).

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido, partindo-se da elaboração de uma metodologia de ensino e aprendizagem que buscou, inicialmente, identificar as dificuldades de aprendizagem de alunos do Ensino Médio. Estes discentes são oriundos do curso de Ensino Médio Integrado à Educação Profissional, da Unidade de Ensino Descentralizada do CEFET-PI, em Floriano-PI. A temática investigada é o Equilíbrio Estático dos Corpos Rígidos (EECR), sendo iluminada pela teoria dos Campos Conceituais.

Um dos principais elementos da teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud é o conceito de “*situação*”. As relações do sujeito com as *situações* evocam os *esquemas*, que Vergnaud denomina a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações. São nos *esquemas* que se devem pesquisar os conhecimentos em ação do sujeito,

ou seja, os elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória (MOREIRA, 2002). Parte do conhecimento contido nos esquemas é designado de invariantes operatórios, que normalmente apóiam-se em uma conceitualização implícita. Planejar situações de ensino que permitam que os *invariantes operatórios* implícitos dos educandos sobre um determinado campo conceitual tornem-se explícitos pode ser uma valiosa ferramenta para o desenvolvimento de metodologias de ensino, que favoreçam a superação de dificuldades de aprendizagem.

Os campos conceituais representam, na teoria de Gerard Vergnaud, unidades de estudos. Estas unidades podem ser descritas de forma coesa, entendendo-se que as mesmas foram definidas a partir de uma complexa teia de inter-relações e compartilhamento de diferentes modalidades de situações e problemas caracterizados pela presença de conceitos, procedimentos, linguagens e representações simbólicas. (VERGNAUD, 1990)

Em sua teoria Vergnaud, estabelece uma inter-relação entre três elementos que ele considera essenciais, na complexa teia de um processo cognitivo, que são: Situações(S), *Invariantes operatórios (I)* e Representações(R) (MOREIRA, 2002). São esses elementos que formam o conceito.

O conjunto de situações que dão sentido ao conceito, denominado por S, representa a realidade no contexto psicológico. *Situação* na teoria dos campos conceituais, não é uma situação didática, mas uma tarefa, no sentido de realizar parte de um trabalho mais amplo.

Neste projeto de pesquisa as *situações* serão representadas por diferentes modelos de estruturas estáticas, que serão submetidas aos alunos para as investigações sobre seus conhecimentos sobre EECR¹, considerando que a situação é o *referente* do conceito.

Os *invariantes operatórios* são os materiais concretos, tais como, conhecimentos, propriedades e relações, que podem ser identificados e associados ao conceito ou mesmo a um conjunto de invariantes, que podem ser identificados ou reconhecidos no sujeito, com os quais ele se utiliza para analisar e explicar as situações de um determinado conjunto de situações, isto é, o invariante operatório é o *significado* do conceito. (MOREIRA, 2002)

Os *invariantes operatórios* se dividem em duas grandes classes: os “*conceitos-em-ação*” e “*teoremas-em-ação*”, que representam os conhecimentos contidos nos *esquemas* (os *esquemas* são a organização invariante para uma determinada classe de situações e o sentido das situações geralmente está nos esquemas os invariantes operatórios são elementos essenciais dos *esquemas* que irão gerar as ações de operações intelectuais. Os *conceitos-em-*

¹ O leitor não deve esquecer que a sigla EECR refere-se à Equilíbrio Estático de Corpos Rígidos, e será utilizada freqüentemente durante o restante do texto.

ação estão relacionados aos termos relevantes ou irrelevantes; pertinentes ou não pertinentes, em relação à *situação*, mas sozinhos não podem chegar a ramificações que resultem em proposições. Isto, portanto é função dos *teoremas-em-ação* que são proposições que podem ser classificadas como falsas ou verdadeiras. E não podem existir sem a presença de *conceitos-em-ação*. (VERGNAUD, 1998).

São os *teoremas-em-ação* que dão conteúdo ao *conceito-em-ação*, por exemplo: numa situação de processo de ensino e aprendizagem na qual se envolva o campo conceitual do equilíbrio de corpos rígidos, o *conceito-em-ação* de força é relevante e pertinente à *situação* de equilíbrio de uma estrutura, porém essa relação de pertinência somente será considerada se a situação de equilíbrio da estrutura for associada ao equilíbrio das forças que estão atuando na estrutura; através de um equacionamento matemático em relação às forças. O *teorema-em-ação* neste exemplo é a associação do conceito de força à soma vetorial das forças atuantes na estrutura e isto será um teorema verdadeiro se ficar explícito que a estrutura estará em equilíbrio se as forças que estiverem atuando nela forem equilibradas a partir de uma análise vetorial.

As representações simbólicas são consideradas os significantes do conceito por isso formam um conjunto de diferentes formas de linguagens, tais como linguagens naturais (falas e gestos) e linguagens matemáticas (diagramas, equações e gráficos), que indicam e representam os *invariantes operatórios* e conseqüentemente representam as situações e as maneiras provenientes de se trabalhar com essas *situações*. Para Vergnaud (1993), são as *situações* que dão sentido ao conceito, e o sentido é a relação do sujeito com as situações e com os significantes.

Os três elementos: *Situação, Invariantes operatórios e Representações Simbólicas*, (S, I, R), coexistem em um processo cognitivo e suas inter-relações podem definir como a estrutura cognitiva do sujeito processa e define sua forma de conceitualização do real.

Apresentamos neste trabalho dissertativo os resultados de uma investigação qualitativa que objetivou identificar nos alunos do curso de Ensino Médio Integrado a Educação Profissional, da Unidade Descentralizada do CEFET-PI, em Floriano-PI, os possíveis *invariantes operatórios* pertinentes ao campo conceitual do Equilíbrio Estático dos Corpos Rígidos (EECR), conteúdo este estudado normalmente na primeira série da disciplina de Física do Ensino Médio.

Torná-los explícitos foi um dos grandes desafios deste trabalho de pesquisa que se desenvolveu, a partir da elaboração de uma metodologia de pesquisa qualitativa, mais especificamente em relação à identificação dos *invariantes operatórios* pertinentes ao campo

conceitual do Equilíbrio Estático dos Corpos Rígidos, EECR sendo os alunos entrevistados utilizando-se o método de pesquisa, que se utilizou da técnica de entrevistas denominada de *think aloud*.

Após a identificação dos *invariantes operatórios* que poderiam ser utilizados ou considerados obstáculos impeditivos de uma evolução conceitual: de conceitos alternativos sobre EECR, para um conceito científico, utilizou-se o software Modellus, como recurso didático, facilitador da superação de dificuldades de aprendizagem.

Capítulo 1

1. Objetivos

1.1 Objetivo Geral

Analisar os conhecimentos-em-ação dos alunos , quando os mesmo são colocados frente a situações que envolvam a temática do EECR, para a identificação de indicadores de invariantes operatórios que possam embasar a elaboração de uma estratégia instrucional planejada capaz de promover a evolução conceitual dos alunos no EECR.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar os *invariantes operatórios* que podem agir como obstáculos para a evolução de conceitos no campo do EECR;
- Utilizar os indicadores de *invariantes operatórios*, para auxiliar a elaboração de simulações no software Modellus, no sentido de criar uma situação na simulação que permita que o aluno ao manusear o software, abandone os *invariantes operatórios* que estavam agindo como obstáculos para uma evolução de conceitos no campo do EECR;
- Fazer uma análise do desempenho do software Modellus, como metodologia facilitadora de uma evolução conceitual no EECR.

Capítulo 2

2. Aporte Teórico

Para se perceber a evolução de um conceito dentro de situações que envolvam cognição e são pertinentes aos processos de ensino e aprendizagem formal, ou seja, em ambientes escolares, é necessário conhecer os extremos desse processo evolutivo, isto é, dos conceitos prévios aos conceitos científicos.

Os fundamentos teóricos sobre evolução conceitual, referentes a este trabalho de pesquisa, serão norteados a partir dos referenciais teóricos sobre conceitos alternativos ou prévios e conceitos científicos, para as áreas relacionadas ao ensino de ciências, baseando-se na teoria dos campos conceituais de Vergnaud.

Não se trata de um estudo de evolução conceitual, com base em fundamentações do movimento das concepções alternativas amplamente difundidas na década de 80, a era do início do construtivismo. Tais debates e pesquisas fortaleciam a idéia da necessidade ou da importância de se promover a aproximação entre o conteúdo científico a ser ensinado em sala de aula e as concepções alternativas dos alunos, como método facilitador da aquisição do conhecimento científico.

Nesta época, o paradigma construtivista surge expressivamente nos debates e pesquisas a respeito de processos cognitivos, mas especificamente nos processos de ensino e aprendizagem. Porém, apesar de nos distanciarmos de grande parte dos pressupostos desta época, agregamos a este trabalho de pesquisa a idéia consolidada do movimento das concepções alternativas de fazer uso dos grandes avanços científicos e tecnológicos incorporando-os aos conteúdos formais de Ciências, como por exemplo, fazer com que o aluno perceba que o estudo do EECR, não é somente um estudo das aplicações das leis de Newton, mas que este conteúdo que tem grande importância para o engenheiro civil, para os arquitetos e para os engenheiros mecânicos que operam com diversos projetos estruturais, como por exemplo, os de pontes e edificações (SERWAY, 1992).

Trataremos a evolução conceitual, considerando que há, entre os extremos do conceito alternativo e dos conceitos prévios, um opulento campo a ser trabalhado. Acreditamos que os conhecimentos contidos neste campo devem ser explicitados pelo aprendiz para subsidiar os processos de aprendizagem significativa.

Para isto vamos investigar primeiramente os conhecimentos prévios dos alunos, com base no referencial de Vergnaud (1990), onde o mesmo considera o sujeito (criança, aluno ou adulto aprendiz), como um sistema dinâmico, com mecanismos regulatórios capazes de assegurar seu progresso cognitivo e não como seres que possuem conhecimentos incompletos, deficientes e imperfeitos quando comparados com adultos que detém conhecimentos cientificamente aceitos sobre determinado tema. Isto é todo o conhecimento que se adquire, seja ele adquirido de maneira formal ou não, é passível de progressos gradativos rumo ao status de conhecimento científico.

2.1 Conceitos alternativos ou conhecimentos prévios

Os conceitos alternativos têm uma grande importância nos processos de construção de conhecimento científico, pois estão diretamente relacionados “*ao que o aprendiz já sabe*”. Para que ocorra uma aprendizagem significativa é necessário que exista uma relação entre o que vai ser aprendido e a estrutura cognitiva do aprendiz.(MOREIRA, 1999)

No entanto não é uma tarefa muito simples a identificação de tais conhecimentos prévios, pois a grande complexidade está em como conhecer e tornar explícitos e passíveis de serem analisados, tais conhecimentos, valores e representações intrínsecas ao cognitivo do aprendiz, que por vezes podem até, tornarem-se verdadeiros entraves ao aprendizado de novos conhecimentos.

A maioria das concepções que os alunos trazem para a sala de aula é oriunda das primeiras situações problemas que os mesmos foram capazes de dominar ou das experiências adquiridas tentando modificá-las. Como, por exemplo, se o professor de Física perguntar para os alunos em uma aula introdutória de EECR, a respeito da situação de equilíbrio de um corpo apoiado sobre uma mesa e a representação das forças que estão atuando sobre ele, a maioria dos alunos irá responder em função de concepções de *força* trazidas do cotidiano, como demonstrou os resultados do teste desenvolvido por Talim (1998), que objetivou detectar se os alunos seriam capazes de reconhecer as forças de ação e reação (direção, sentido e intensidade) devido a interação por contato.

Essas concepções acompanharão os processos de aprendizagem desses alunos, por quase a totalidade de sua vida escolar. Tornando a construção do conhecimento para eles um processo difícil, sinuoso, com etapas de avanços e retrocessos, continuidade e descontinuidade. Segundo Moreira:

O conhecimento prévio é determinante no progressivo domínio de um campo conceitual, mas pode também ser um impeditivo. Continuidade e rupturas não são, no entanto excludentes. Pode haver continuidade e ruptura. (MOREIRA, 2004 p. 21).

A escola é o ambiente mais adequado para proporcionar diferentes possibilidades de estabelecer elos para integração entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos científicos, fornecendo diferentes abordagens dos conteúdos e estimulando a construção de outros significados (GENTILE, 2003).

A elaboração de seqüências didáticas que tenham como objetivo apresentar aos alunos situações- problema, nas quais os mesmos possam ativar seus conhecimentos prévios sobre um determinado conteúdo curricular, são procedimentos facilitadores para a exploração de um novo conhecimento pelos alunos, que poderá culminar em uma aprendizagem significativa.

Como identificar, se as concepções alternativas sobre o equilíbrio estático de corpos rígidos, que os alunos trazem para a sala de aula, serão consideradas como elementos que darão continuidade a formação de conceitos científicos, ou serão impeditivos desse processo?

A partir deste questionamento observa-se que provavelmente existe um grande abismo entre as concepções alternativas e conhecimentos científicos, quando inseridos e inter relacionados num processo de evolução conceitual, para que venha realmente atingir um estágio de conhecimento científico.

2.2 Conhecimentos Científicos

Segundo Mortimer (1993), os objetos da ciência não são os fenômenos da natureza, mas as construções desenvolvidas pela comunidade científica para interpretar a natureza.

Um conhecimento é considerado científico, quando o mesmo é compartilhado por um grupo de pesquisadores, que formam uma comunidade científica. Nesse compartilhamento de idéias e pensamentos, representa-se uma forma de conhecimento que é simultaneamente simbólica por natureza e ajustada por uma sociedade.

Considerar que o conhecimento científico é construído, negociado e validado por uma sociedade, nos faz refletir como esse conhecimento é difundido em salas de aulas por todo o mundo.

O modo como o conhecimento científico chega e é transmitido ou construído nos processos de ensino e aprendizagem de ciências é assim definido por Driver:

Quer se adote ou não uma perspectiva relativista, a visão do conhecimento científico como socialmente construído e validado tem implicações importantes para a educação em ciências. Isso significa que a aprendizagem das ciências envolve ser iniciado nas formas científicas de se conhecer. As entidades e idéias científicas, que são construídas, validadas e comunicadas através das instituições culturais da ciência, dificilmente serão descobertas pelos indivíduos por meio de sua própria investigação empírica; aprender ciências, portanto, envolve ser iniciado nas idéias e práticas da comunidade científica e tornar essas idéias e práticas significativas no nível individual. (DRIVER,1999)

A forma como o conhecimento científico é difundido na escola, é caracterizado como um complexo processo de transposição de conhecimento científico, em que existe um vácuo entre o conhecimento produzido pelos cientistas e o conhecimento que se ensina nas escolas, neste sentido Villani e Nascimento:

O conhecimento científico escolar é, de fato, o resultado de um complexo processo de transposição do conhecimento científico, incorporado em manuais universitários, para o contexto do ensino médio e fundamental de Ciências. Neste sentido não há uma exata correspondência entre o conhecimento científico produzido pelos cientistas e o conhecimento científico que é ensinado em nossas escolas. O resultado desta constatação tem sido um número cada vez maior de pesquisadores a questionar o próprio significado da expressão "processo de ensino e aprendizagem de ciências" principalmente no ensino fundamental e médio.(VILLANI,2003)

Seguindo o enfoque de evolução conceitual dos conceitos alternativos aos conceitos prévios, observa-se que é necessária uma especial atenção em discernir qual a importância de identificar a presença destes conceitos nos alunos, para que os resultados de processos de ensino aprendizagem levem a uma aprendizagem significativa.

O conhecimento de EECR, cientificamente aceito que será usado como parâmetro de assertividade, terá como premissa a aplicação do EECR, em exemplos que envolvam pórticos planos (modelos de estruturas estáticas), bastante trabalhados em Física no Ensino Médio e em disciplinas de Estrutura dos cursos das áreas da Construção Civil.

2.3 Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud

A teoria dos campos conceituais de Vergnaud foi desenvolvida especialmente no interesse dos campos conceituais das estruturas aditivas e multiplicativas. É uma teoria psicológica do processo de conceitualização do real, isto é, o domínio de um campo de conhecimento específico que é adquirido pelo indivíduo através de um processo cognitivo complexo, gradual e progressivo, que envolve diversas situações, símbolos, linguagens e atitudes organizadas cognitivamente, de acordo com ações que se tornam invariantes, à

medida que o domínio do campo conceitual concretiza-se tornando-o efetivamente real. (VERGANAUD, 1993).

A conceitualização é a essência do desenvolvimento cognitivo. A ênfase no conceito na teoria dos campos conceituais, dar-se pelo fato da mesma ter sido desenvolvida em situações de ensino e aprendizagem dentro da sala de aula. Pois segundo Vergnaud (apud MOREIRA):

[...]no momento em que nos interessamos por aquilo que se passa na sala de aula, somos obrigados a nos interessar pelo conteúdo do conhecimento. (VERGNAUD, 2004, p.7 apud MOREIRA1996b, p.10)

O ambiente da sala aula permite que conteúdos de conhecimentos específicos de disciplinas como Matemática e Física, possam ser delimitados como campos conceituais, fazendo-se recortes em um campo conceitual que foi desenvolvido através de um grande número de campos conceituais menores que se inter relacionaram formaram um todo. Os campos conceituais funcionam como unidades de estudo.(VERGNAUD,1983)

De acordo com a teoria de Vergnaud, (1983) estes campos conceituais menores são unidades substancialmente proveitosas para serem utilizadas com o objetivo de possibilitar a evolução de conhecimentos, quando se atinge o domínio dos campos conceituais específicos envolvidos nestas disciplinas.

Esta teoria é considerada por muitos estudiosos como uma teoria neopiagetiana, (MOREIRA, 1999;GRINGS,et.all, 2006), no entanto se diferencia da teoria de Piaget, por ter seu desenvolvimento centrado em situações que acontecem dentro das salas de aula.

Um dos principais conceitos herdados de Piaget é o conceito de *esquema*. No entanto, Vergnaud (1996) deixa claro que a definição de *esquemas*, como é proposta por Piaget, não pode reduzir a complexidade conceitual, gradualmente e progressivamente dominada pelas crianças, a um conjunto de elementos lógicos, não menos complexo, mas que seja tratado genericamente, ou seja, os conteúdos do conhecimento e a análise conceitual do seu domínio são essenciais para que os alunos utilizem seus *esquemas* de conceitualização, que variam de situação para situação, resultando em uma aprendizagem significativa.

A interação social, a linguagem e a simbolização do progressivo domínio de um campo conceitual pelos alunos são contribuições da teoria de Vygotsky, que foram incorporados ao desenvolvimento da teoria dos campos conceituais. Trazendo nessa incorporação a herança valorosa de respeitar a importância das interações sociais na construção de conhecimentos. (VYGOTSKY, 1988).

Os elementos mais importantes da teoria de Vergnaud são:

2.3.1 Campos conceituais

São unidades de estudos que podem ser descritas de forma coesa, sem desprezar que as mesmas foram definidas a partir de uma complexa teia de inter-relações e compartilhamento de diferentes modalidades de situações e problemas caracterizados pela presença de conceitos, procedimentos, linguagens e representações simbólicas. (VERGNAUD, 1983)

Como já foi citado anteriormente neste trabalho, Vergnaud em sua teoria estabelece uma inter-relação entre três elementos que ele considera essenciais, na complexa teia de um processo cognitivo, que são: Situações(S), *Invariantes operatórios(I)* e Representações(R). (MOREIRA, 2004)

O conjunto de situações que dão sentido ao conceito, denominado por S, representa a realidade no contexto psicológico. *Situação* na teoria dos campos conceituais, não é uma situação didática, mas uma tarefa, no sentido de realizar parte de um trabalho mais amplo.

Neste projeto de pesquisa as *situações* serão representadas por diferentes modelos de estruturas estáticas, que serão submetidas aos alunos para as investigações sobre seus conhecimentos sobre EECR, considerando que a situação é o *referente* do conceito.

Os *invariantes operatórios* são os materiais concretos (repertório de conhecimentos sobre uma determinada classe de situação) propriedades e relações, que podem ser identificados e associados ao conceito ou mesmo a um conjunto de invariantes, que podem ser identificados ou reconhecidos no sujeito, com os quais o sujeito se utiliza para analisar e explicar as situações de um determinado conjunto de situações, isto é, o invariante operatório é o *significado* do conceito.(MOREIRA, 2004)

Os *invariantes operatórios* podem também ser denominados pelos termos “*conceito-em-ação*” e “*teorema-em-ação*”, representam os conhecimentos contidos nos *esquemas*, são, portanto elementos essenciais dos *esquemas* que irão gerar as ações de operações intelectuais. São nos esquemas que se devem pesquisar os conhecimentos em ação dos sujeitos, ou seja, os elementos cognitivos que tornam as ações do sujeito operantes.

Os *conceitos-em-ação* estão relacionados aos termos relevantes ou irrelevantes e pertinentes ou não pertinentes, em relação à *situação*, mas sozinhos não podem chegar a ramificações que resultem em preposições. Isto, no entanto é função dos *teoremas-em-ação* que são proposições que podem ser classificadas como falso ou verdadeiro. E não podem existir sem a presença de *conceitos-em-ação*.(VERGNAUD, 1998)

São os teoremas que dão conteúdo ao conceito, por exemplo: numa situação de processo de ensino e aprendizagem na qual se envolva o campo conceitual do equilíbrio de corpos rígidos, o conceito de *força* é relevante e pertinente à situação de equilíbrio de uma estrutura. Porém essa relação de pertinência somente será considerada se a situação de equilíbrio da estrutura for associada ao equilíbrio das forças que estão atuando na estrutura. Este equilíbrio de forças atuando na estrutura se dá, através de um equacionamento matemático em relação às forças, isto é, será considerado um conceito cientificamente aceito se ficar explícito que a estrutura estará em equilíbrio se as forças que estiverem atuando nela forem equilibradas a partir de uma análise vetorial.

As representações simbólicas são consideradas os significantes do conceito por isso formam um conjunto de diferentes formas de linguagens, tais como, linguagens naturais (falas e gestos) e linguagens matemáticas (diagramas, equações e gráficos), que indicam e representam os *invariantes operatórios* e conseqüentemente representam as situações e as maneiras provenientes de se trabalhar com essas situações. Para Vergnaud (1993), são as situações que dão sentido ao conceito, e o sentido é a relação do sujeito com as situações e com os significantes.

O sentido das situações, geralmente esta presente nos *esquemas*. E os *esquemas* são a organização invariante para uma determinada classe de *situações*. Nos *esquemas* é que devem ser investigados os elementos cognitivos que tornam as ações do sujeito operantes e efetivas frente a uma determinada *situação* ou classe de situações.

Os três elementos: *Situação, Invariantes operatórios e Representações Simbólicas*, (S, I, R), coexistem em um processo cognitivo e suas inter-relações podem definir como a estrutura cognitiva do sujeito processa e define suas formas de conceitualização do real.

Os *invariantes operatórios* são os conhecimentos contidos nos *esquemas*, que também são conhecidos pelas expressões: *conceitos-em-ação* e *teoremas-em-ação*. Pesquisar a forma como os *esquemas* se apresentam no cognitivo do aprendiz, é buscar compreender os conhecimentos em ação do sujeito, ou seja, os elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória.

Muitos esquemas podem ser sucessivamente evocados, ou mesmo simultaneamente, em uma situação nova para o sujeito. Um esquema apóia-se sempre em uma conceitualização implícita. No entanto torná-los explícitos é uma forma de subsidiar os processos de ensino e aprendizagem.

A maioria desses conceitos e *teoremas-em-ação* permanecem totalmente implícitos, mas eles podem ser explícitos ou tornarem-se explícitos e aí entro o ensino... (MOREIRA, 2004, p.43).

Neste trabalho investigativo de *invariantes operatórios*, em alunos do Ensino Médio Integrado a Educação profissional, buscou-se identificar e tornar explícitos os esquemas disponíveis, sobre EECR, submetendo os alunos a uma classe de situação em que os alunos pudessem utilizar seus repertórios sobre o tema, adquiridos em um momento específico de seu desenvolvimento cognitivo e sob certas circunstâncias.

O conhecimento-em-ação, contido nos esquemas, geralmente permanece implícito, pois este conhecimento está mais relacionado com as ações operacionais, ou seja, o saber fazer, do que com a conceitualização propriamente dita. Se nos basearmos em como a ciência poderia acatar *conceitos-em-ação* e *teoremas-em-ação*, diríamos que esses conceitos e teoremas não poderiam ser classificados como verdadeiros. Este fato decorre da condição de que na ciência, para classificar um conceito ou teorema como verídico, é necessário que ele seja explícito, para que possa ser discutida sua pertinência e veracidade em relação a um determinado campo conceitual. São as discussões e inferências em relação aos conceitos e teoremas, que os tornarão cientificamente aceitos por uma comunidade que compartilha desta veracidade.

Para Vergnaud (1990), os *invariantes operatórios*, que são utilizados nos esquemas solicitados, quando alguém se depara diante de uma determinada classe de situação, estão altamente implícitos e representam uma parte significativa dos conhecimentos que permitem uma conceitualização. O que buscamos com esta pesquisa é a identificação de *invariantes operatórios* que normalmente estão implícitos na estrutura cognitiva do aluno e podem ser explicitados a partir de palavras, expressões e gestos, em situações problemas adequadas.

No entanto, esta transformação de *invariantes operatórios* em palavras e texto ou em qualquer outro sistema semiótico (gráficos, diagramas, notação algébrica,...) não é direta, pois existem importantes lacunas entre aquilo que é representado na mente do indivíduo e o significado usual das palavras (VERGNAUD, 1998, p.173).

Não se devem confundir aqui os *invariantes operatórios*, com os conhecimentos prévios ou alternativos, pois investiga-se um conhecimento-em-ação, que se utilize de conceitos e teoremas, com preposições e derivações que darão sentido aos conceitos. Sabe-se que esta tarefa não é tão simples, mas também não é impossível, quando se fundamenta a elaboração e execução deste projeto, com base em uma teoria bastante consolidada em pesquisas que envolvem o ensino, mas precisamente em pesquisas de ensino de ciências. Moreira (2004) cita

a importância de uso desta teoria para a análise das dificuldades dos alunos na resolução de problemas de ciências, na aprendizagem dos conceitos científicos e na mudança conceitual. Podendo ser usada, após a identificação das dificuldades de aprendizagem, para a seleção de situações instrucionais, que possam progressivamente superar tais dificuldades.

Segundo Greca (2002), um conhecimento que permanece implícito tem maiores dificuldades de ser modificado. O ensino tem a função de construção de conceitos e teoremas explícitos e gerais, usando-se de representações simbólicas evidenciadas através de palavras, expressões e símbolos que são ingredientes essenciais para que *invariantes operatórios* implícitos transformem-se em conceitos e teoremas.

Torná-los explícitos foi um dos grandes desafios deste trabalho de pesquisa que desenvolveu-se, a partir da elaboração de uma metodologia de pesquisa qualitativa, mais especificamente em relação à identificação dos *invariantes operatórios* pertinentes ao campo conceitual do Equilíbrio Estático dos Corpos Rígidos, EECR sendo os alunos entrevistados utilizando-se o método de pesquisa, que se utilizou da técnica de entrevistas denominada de *think aloud*.

Após a identificação dos *invariantes operatórios* que poderiam ser utilizados ou considerados obstáculos impeditivos de uma evolução conceitual, isto é, de conceitos alternativos sobre EECR, para um conceito científico, utilizou-se o software Modellus, como recurso didático, facilitador da superação de dificuldades de aprendizagem.

2.3.2 – O campo conceitual do Equilíbrio Estático dos Corpos Rígidos (EECR)

Nos estudos preliminares de estática, o termo equilíbrio significa que o corpo está em repouso ou que o seu centro de massa se move com velocidade constante. Neste estudo, serão consideradas as estruturas em repouso.

Esta é uma situação comum na prática da Engenharia, e os princípios invocados têm especial interesse para o engenheiro civil, para os arquitetos e para os engenheiros mecânicos que operam com diversos projetos estruturais, como por exemplo, os de pontes e edificações (SERWAY, 1992).

O campo conceitual escolhido para desenvolver este trabalho de pesquisa, foi o campo conceitual do Equilíbrio Estático dos Corpos Rígidos (EECR). Trata-se de um conteúdo referente ao ramo da Mecânica Clássica, que normalmente é estudado na 1ª série do Ensino Médio. A escolha deste conteúdo foi influenciada pelo fato de que o mesmo trata

fundamentalmente das aplicações das leis de Newton, nas quais vários conceitos construídos ao longo da 1ª série necessitam ser recordados e aplicados adequadamente para que aconteça uma aprendizagem significativa em relação ao EECR.

Para delimitar este campo conceitual, procurou-se utilizar o conhecimento científico presente nos livros didáticos de Física de Ensino Médio. Na utilização dos livros didáticos, cabe lembrar que não era um objeto desta pesquisa fazer uma análise de como este conteúdo é apresentado em tais livros, mas sim buscar uma fundamentação dentro do que está presente nos livros e é cientificamente aceito como conteúdo referente ao EECR.

Nos livros analisados os autores definem como sendo corpos rígidos uma combinação de um grande número de partículas que ocupam posições fixas umas em relação às outras e que não sofrem deformação sob a ação de forças externas como, por exemplo, uma barra de ferro. (MÁXIMO:ALVARENGA2006)

O equilíbrio de um corpo rígido está associado à ausência de movimentos de translação e rotação em um determinado corpo, a não ser que estes movimentos sejam uniformes. As condições de equilíbrio são estabelecidas em função de equacionamento de forças que atuam em um determinado corpo rígido, possuam módulos e direções, na qual sua resultante deve ser nula. Considerando o corpo rígido em um único plano, sob a ação de forças no plano xy, tem-se:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \\ \sum M &= 0 \end{aligned}$$

Sendo F_x a resultante das forças que atuam no corpo na horizontal, F_y a resultante das forças que atuam no corpo na direção vertical e M , o momento ou torque de uma força F , que atua num corpo rígido, em relação a um eixo perpendicular ao plano definido, no qual o corpo rígido pode girar, é definido pela relação: $M = F \cdot d$, onde d é a distância perpendicular a linha de ação da força F .

Muitos conceitos físicos e matemáticos fazem parte do campo conceitual do EECR, tais como: movimento, repouso, força, as leis de Newton e suas aplicações, representação vetorial, operações com vetores, momento de uma força, dentre outras.

2.3.3 – Invariantes Operatórios : Trabalhos Correlatos

Neste tópico citaremos alguns trabalhos nos quais foi possível fazer uma relação com o que desenvolvemos , no sentido de termos nos fundamentado na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, como fundamentação para às discussões de processos de ensino e aprendizagem de ciências.Extraímos destes trabalhos as argumentações no enfoque dos Invariantes Operatórios que poderiam acrescentar e enriquecer as discussões desta pesquisa.

Para Greca e Moreira (2003), os estudantes utilizam somente invariantes operatórios quando calculam por exemplo o campo magnético gerado por uma espira condutora. Utilizam as propriedades matemáticas corretamente mas não sabem explicar por que utilizam essa propriedade.

Ou seja, os conceitos necessários para resolver essas situações são instrumentos da ação do sujeito. Em outras palavras, o sujeito está usando apenas a parte operacional dos significados do conceito. Mas o significado não é só isso, nem o conceito é só significado. Existe aí um “operacionalismo” ou “operativismo” que pode, inclusive, ser indicador de uma aprendizagem mecânica.(GRECA;MOREIRA,2003, p.6).

Utilizando como exemplo a cinemática de um Corpo Rígido, Costa e Moreira (2002) , investigam a resolução de problemas através da análise de conhecimentos-em-ação que os alunos manifestam em prova escrita e em entrevistas semi-estruturadas.

Mesmo requerendo ações semelhantes, acreditamos que não tenhamos medido o grau de percepção, de consciência dos conhecimentos-em-ação que os alunos desenvolveram.Possivelmente se tivéssemos utilizado ferramentas de meta-cognição tanto para os procedimentos quanto para os conceitos envolvendo cada situação-problema, inclusive a interpretação da linguagem simbólica matemática, poderíamos reforçar ainda mais os resultados.(COSTA;MOREIRA2002,p.103)

O trabalho de Grings (et. all,2006), mostra uma investigação para a detecção de possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos de Termodinâmica.Para atingir o objetivo da pesquisa os autores utilizaram como instrumento de pesquisa um questionário que possuía quatro questões,cada uma com uma quantidade de itens diversificados de resposta aberta, totalizando 22 itens.

Os invariantes operatórios constituem a base conceitual implícita, ou explícita, que permite obter informações pertinentes e inferir, a partir dessas informações e dos objetivos a alcançar, as regras de ação mais pertinentes. Um esquema necessariamente comporta várias possibilidades de inferência. O conhecimento contido nos esquemas é essencialmente implícito, e o aprendiz tem dificuldade em

explicitá-lo ou expressá-lo, mas isto não significa que tal conhecimento não possa ser explicitado.(GRINGS,et.all.,2006,p.4)

Sousa (2006) investigou em seu trabalho de pesquisa a compreensão da resolução de problemas vinculados ao progresso na compreensão da aprendizagem das atividades envolvidas nesse processo, com o foco na análise cognitiva do sujeito humano frente à situação-problema, com base na teoria dos campos conceituais de Vergnaud e da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. Para a investigação foi utilizado um conjunto de questões:

O material gerado por esses conjuntos de questões e as respostas dos alunos aos itens das duas avaliações (provas escritas) da disciplina foram submetidos a uma análise qualitativa com o objetivo de inferir a eventual construção de modelos mentais pelos estudantes e os invariantes operatórios que poderiam emergir nesse processo, evidenciando possíveis dificuldades dos alunos em termos da aprendizagem significativa do tópico experimental em questão.(SOUSA,et.all,2008,p.2).

Os trabalhos correlatos apresentados neste tópico demonstram a complexidade de se trabalhar investigações sobre os invariantes operatórios utilizados por alunos em seus processos cognitivos. Esta complexidade está no fato da dificuldade de fazer com que estes invariantes operatórios que normalmente estão implícitos, tornem-se explícitos para que seja a fonte da investigação.

Os instrumentos de coletas de dados utilizados nestes trabalhos, basearam-se em questionários e entrevistas semi-estruturadas. Como uma tentativa de aprimorar esta coleta de dados utilizaremos em nosso trabalho uma metodologia que nos possibilite fazer uma investigação a nível de invariantes operatórios que permita inferir sobre a evolução conceitual no campo do EECR, a partir da identificação de conhecimentos-em-ação dos alunos antes e depois de serem submetidos a metodologia de execução deste projeto.

Capítulo 3

3. Metodologia

3.1. – Pesquisa qualitativa

Para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa optou-se por fazer uma investigação de caráter qualitativo, pois acreditamos que esse tipo de investigação é o mais adequado, por se tratar de um projeto que objetiva investigar uma evolução conceitual, com base em uma teoria cognitiva que considera a conceitualização do real como seu principal foco, sendo o conceito um conjunto formado por situação, *invariantes operatórios* (conteúdo e preposições) e as representações simbólicas.

As características apresentadas neste projeto que lhe conferem um caráter de pesquisa qualitativa, baseiam-se principalmente no fato de tratar-se de uma pesquisa descritiva em que o processo se torna mais relevante do que os próprios resultados da pesquisa.(BOGDAN; BIKLEN,2008).

3.1.1- O método *Think Aloud* (*Protocolos Verbais*)

Esta pesquisa foi idealizada numa abordagem qualitativa. Para a coleta de dados desta pesquisa, realizamos entrevistas que foram gravadas em vídeo, utilizando-se o método *Think Aloud* ou Protocolo Verbal. Trata-se de um método em que o entrevistado é instigado em relatar suas ações enquanto as executa.

O Protocolo Verbal é um método de coleta de dados que consiste na verbalização dos pensamentos dos sujeitos. Na medida em que o sujeito executa uma atividade ou tarefa, ele externaliza seus pensamentos, verbalizando como resolve os problemas em relação a uma determinada situação problema proposta.

O método consiste em impelir ao entrevistado, no caso os alunos, que exponha verbalmente tudo o que pensa e sabe enquanto lhe são apresentadas diferentes situações, em relação ao equilíbrio estático de uma estrutura. A expectativa é que o aluno externalize seus pensamentos diante da situação que lhes foi proposta. O uso deste método teve como principal

objetivo fazer com que o aluno entrevistado explicitasse , através de falas e gestos, suas concepções sobre o EECR.

O método “think aloud” ou “pensando em voz alta”, utilizado para se coletar dados verbais, surgiu na década de oitenta, e foi bastante difundido e utilizado na década de noventa a partir do aparecimento de pesquisas em áreas como a psicologia, educação e ciência cognitiva (ERICSSON; SIMON, 1993), que fizeram uso deste método. No estudo de processos cognitivos e em situações específicas, os dados verbais podem ser de grande valia para se pesquisar tais processos. Ericsson e Simon caracterizam as diferenças no processo e conteúdo de pensamento do indivíduo através de três diferentes níveis de verbalização, assim descritos por eles:

Primeiro nível de verbalização → é a vocalização articulatória velada ou códigos orais. Nesse nível, não há processo intermediário e o indivíduo não necessita fazer esforço especial para comunicar seus pensamentos. A diferenciação deve ser feita entre os casos em que o indivíduo está direcionando a sua comunicação para ele mesmo ou naqueles em que ele deseja se comunicar com outros indivíduos.

Segundo nível de verbalização → refere-se à explicação do conteúdo do pensamento. Eles fazem uma distinção neste nível no sentido de que este nível de verbalização não traz novas informações dentro do foco de atenção do indivíduo. Os indivíduos explicam ou classificam a informação.

Terceiro nível de verbalização → O indivíduo é requisitado a explicar o seu processo de pensar de forma explícita. No entanto um preceito instrutivo que solicita do indivíduo que ele explique ou descreva seus pensamentos pode modificar a sua atenção ao seu procedimento, conseqüentemente alterando a estrutura do processo de pensamento, porque o indivíduo deve atender a informação que normalmente não é necessária para realizar a atividade (ERICSSON; SIMON, 1993).

Como os indivíduos não precisam praticar antes de se submeterem às entrevistas que usam o método *think aloud*, acredita-se que a coleta de dados de registros verbais é compatível com a estrutura de seu processo cognitivo e a forma que normalmente verbaliza suas informações e pensamentos.

3.1.2 - Perfil dos alunos entrevistados

O perfil dos alunos entrevistados consiste em: serem alunos na faixa etária de 14 a 16 anos, que cursam a 1ª série do Ensino Médio Integrado a Educação Profissional, sendo que três deles fazem o curso de Eletromecânica e os outros três fazem o curso de Informática; três alunos são do sexo feminino e três são do sexo masculino; nenhum dos alunos é repetente na série que cursam. Para a escolha dos alunos levou-se em consideração o fato de que os mesmos não tivessem contato ainda com este conteúdo que fazia parte do campo conceitual a ser trabalhado, ou seja, o equilíbrio estático de corpos rígidos.

3.1.3 – Gravações das entrevistas

As entrevistas foram gravadas em vídeos, utilizando-se a técnica de entrevista aberta, semi-estruturada, onde o entrevistador sempre procurava trazer o assunto de volta para o problema original, analisado anteriormente, isto é o tema equilíbrio estático sempre retornava a entrevista. Para que a entrevista acontecesse de acordo com o terceiro nível de verbalização especificado no item 3.1.1 acima, obedeceram-se as etapas do processo que caracteriza este modalidade de entrevista, ou seja, o problema foi analisado previamente, um roteiro da entrevista foi montado, os alunos foram preparados e orientados para a entrevista e as gravações foram realizadas (BOGDAN; BICKLEN, 2008). A coleta de dados (gravações) foi realizada em duas etapas, assim denominadas:

- ❖ **Pré-teste** - No período em que os alunos foram entrevistados no pré teste, eles já tinham estudado o conteúdo de vetores, operações com vetores e grandezas vetoriais, no período normal de aulas. Nesta etapa de entrevistas, teve-se como objetivo principal fazer uma investigação sobre as concepções alternativas dos alunos em relação ao EECR.

- ❖ **Pós-teste** – As entrevistas nesta etapa aconteceram após os alunos terem assistido as aulas sobre o equilíbrio estático dos corpos rígidos, ministrada pela professora responsável pela pesquisa, e terem feito uso do software Modellus, com simulações sobre EECR. Nesta etapa os alunos já haviam estudado as leis de Newton e suas aplicações em aulas regulares do curso que frequentavam.

Optou-se por entrevistar os alunos, no pré-teste, a partir do manuseio de um modelo que representava uma estrutura concreta de um pórtico plano (estrutura em equilíbrio estático). Este modelo concreto foi produzido exclusivamente para esta pesquisa. Desta forma estaríamos proporcionando aos alunos o uso da percepção visual e uma acessibilidade sensorial, com o manuseio do modelo. Criando uma situação problema pertinente aos questionamentos que os mesmos responderiam durante as gravações.

O modelo a que se refere o parágrafo anterior foi confeccionado utilizando materiais, tais como: folha de isopor, papel madeira, papel cartão, pincel, alfinetes e fita adesiva. O modelo concreto foi apresentado aos alunos, informando aos mesmos que se tratava da representação de uma estrutura em equilíbrio. Explicou-se aos alunos o que representava cada elemento do modelo, e como eles deveriam ser usados. Em seguida os alunos foram orientados a descreverem as razões que os levaram a colocação dos vetores, que representavam as forças que estavam atuando na estrutura representada pelo modelo, à medida que as gravações aconteciam. A Figura 1 mostra o modelo produzido para a realização das entrevistas de pré-teste.



Figura 1 – Modelo utilizado na entrevista do pré-teste

No projeto original, deste trabalho de pesquisa, a intenção era investigar uma turma de alunos da 1ª série do Curso de Ensino Médio Integrado às Edificações, composta de 35 alunos e manter uma turma de controle para analisar os aspectos que evidenciavam uma possível evolução conceitual, após o uso de metodologias de ensino que envolvessem recursos computacionais.

No entanto, em função do caráter qualitativo da pesquisa, e da forma como os dados seriam coletados, isto é, através de gravações, optou-se por reduzir o número de alunos entrevistados para 06 alunos, da 1ª série do Curso de Ensino Médio Integrado, para que o trabalho fosse coerente com o aporte teórico adotado, no que se refere à teoria dos campos conceituais.

Os alunos fizeram parte de um laboratório de ensino, onde todas as etapas do projeto foram desenvolvidas em horários que não eram os horários de aulas normais da turma, isto é, a pesquisa com os alunos, desenvolvia-se em turno contrário ao que eles estudavam. Sendo os mesmos, voluntários na participação deste projeto.

3.2 Aulas Expositivas dialogadas

Após a gravação das entrevistas, no pré-teste, os alunos assistiram a aulas teóricas sobre o equilíbrio estático os corpos rígidos, com duração de quatro horas aulas, distribuídos em dois dias da semana. A aula expositiva é um recurso didático fundamental, nesta etapa do projeto, pois ela tem o propósito de transmitir verbalmente aos alunos, as informações estruturadas sobre o assunto a ser trabalhado, utilizando a linguagem, a nomenclatura e a simbologia apropriada ao estudo EECR. Na aula expositiva a professora fez considerações, sobre a nomenclatura e a simbologia apropriada ou cientificamente aceita neste campo conceitual, por exemplo, alguns dos alunos confundiam o significado da palavra massa com o significado da palavra peso, ou não identificavam na situação as aplicações das leis de Newton, como a ação e reação, por exemplo, no contexto do EECR.

Segundo Godoy (2000,p.76) a importância dada aos objetivos de utilização da aula expositiva, como recurso didático, pode sofrer variações, em função do estilo de ensino do professor e dos assuntos a serem trabalhados .

Para o planejamento da aula a ser ministrada, fez-se uso dos resultados dos pré-teste no sentido de procurar trabalhar, os *invariantes operatórios* identificados, como sendo possíveis indicadores de obstáculo a superação da dificuldade de aprendizagem dos alunos, em relação ao campo conceitual do EECR.

O recurso utilizado para a aula expositiva foi o livro didático utilizado pelos alunos nas aulas normais do curso que freqüentam. Após as aulas expositivas, os alunos foram informados que nos próximos encontros, os mesmos fariam uso de um software, com simulações do conteúdo sobre EECR. A avaliação das aulas ministradas foi feita através de questionamentos direcionados aos alunos no decorrer das aulas.

3.3 Métodos Computacionais

As simulações computacionais, aplicadas ao ensino de um modo geral, permitem que os alunos possam resolver situações, que normalmente são difíceis de simular em laboratórios ou mesmo na sala de aula. No ensino de Física o uso de uma metodologia computacional, vem sendo utilizado como recurso metodológico. Possibilitando condições para se trabalhar um conhecimento, antes limitado as aulas expositivas ou ao uso do livro didático.

Os modelos matemáticos permitem criar em ambientes computacionais, condições para que o aluno simule situações dentro do conteúdo estudado e possa fazer reflexões sobre os resultados obtidos, proporcionando assim uma melhoria na qualidade dos processos de ensino e aprendizagem.

3.3.1 O software Modellus

O recurso computacional, escolhido para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa foi o software Modellus. O software de modelagem Modellus desenvolvido por Teodoro, Vieira & Clérigo trata-se de uma ferramenta cognitiva que auxilia no aprendizado de conhecimento simbólico, dando maior ênfase ao contexto de atividades que envolvam grupos e classes em que as reflexões e discussões dominam as situações de aprendizagem em oposição aos tradicionais métodos de ensino, que concentram a maioria das metodologias relacionadas ao ensino do professor. (VEIT; TEODORO 2002)

Este foi idealizado como o objetivo de integrar o ensino de Ciências e Matemática, tendo como uma de suas características mais importantes, o fato de ser um produto gratuito, que permite exploração de diversos conceitos científicos a partir da construção de múltiplas representações da mesma situação. De manuseio simples, este software apresenta interfaces que não exigem do usuário nenhum conhecimento de linguagens de programação.

O *Modellus* permite a inserção de equações matemáticas que representam fenômenos e a partir desta inserção, gerar simulações de modelos que representem fenômenos físicos, permitindo ao aluno analisar de diferentes maneiras a situação do fenômeno simulado. (TEODORO, 1997).

Através da modelagem é possível a construção e manipulação de modelos dinâmicos que matematicamente descritos possam ser analisados de forma mais eficiente e elucidativa. Os modelos matemáticos que representam muitos dos experimentos científicos são

normalmente bastante complexos, pela própria existência do cálculo. O *Modellus* sobressai-se ao demais software educativo por permitir que alunos e professores desenvolvam através de modelos matemáticos definidos a partir de funções, derivadas, taxas de variação, equações diferenciais, escritas diretamente em sua interface, sejam utilizadas para simular experimentos conceituais, sem a necessidade de conhecimento de linguagens de programação.

Modellus é um software dirigido ao ensino e aprendizagem de Matemática, Física, Química e ciências correlatas, a essas áreas. Permite a alunos e professores realizarem experiências com modelos matemáticos, controlar as variáveis, tempo, velocidade e distância, analisar a variação da função e a respectiva representação gráfica, prepararem animações e utilizar os exercícios já propostos ou criar o seu próprio exercício no sistema de autor (Tutorial Modellus) (TEODORO,1997)

No ensino de ciências, mais especificamente no ensino de Física, muitos trabalhos são desenvolvidos, tendo o software Modellus, como uma ferramenta computacional, eficiente quanto às diversas possibilidades de uso para o ensino, bem como quanto a sua robustez.

Modellus, como outras ferramentas computacionais, permite ao usuário fazer e refazer representações, explorando-as sobre as mais diversas perspectivas. Deste modo, facilita a familiarização com essas representações, criando de certo modo uma intimidade entre aprendiz e representação, intimidade essa que muito dificilmente resulta da simples observação ao ocasional de equações e representações feitas pelo professor ou apresentadas nos livros. (VEIT,2002)

Neste projeto de pesquisa, o Modellus foi utilizado, criando-se simulações, que representassem os mesmos modelos de estruturas com os quais os alunos foram entrevistados, como o modelo da Figura 2.

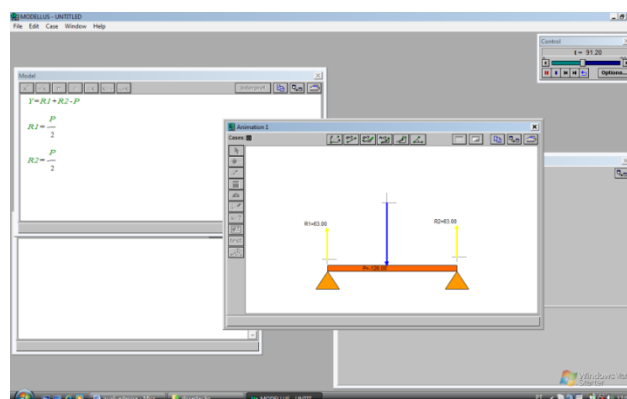


Figura 2 - Exemplo de simulação criada no Modellus

3.3.2 – O Uso do Modellus em pesquisas em Ensino de Ciências

A seguir tem-se o relato de alguns trabalhos que foram desenvolvidos, e fizeram uso do software Modellus. “No trabalho desenvolvido por Oliveira (2005), ressalta-se o uso do computador como uma forma de potencializar o ensino de Física de forma integrada à Matemática.”

Acreditamos que a modelagem e a simulação estimulam a exploração e a discussão dos modelos e conseqüentemente a aprendizagem dos conceitos físicos. Os alunos ao criarem e explorarem modelos de situações-problemas está formando e desenvolvendo seu conhecimento sobre determinado conteúdo... Como objetivo específico, buscamos verificar as potencialidades do software Modellus como recurso complementar motivador e facilitador para o ensino de conteúdos de Física. Dentre vários softwares de modelagem disponíveis, escolhemos o Modellus devido suas características e sua versatilidade no estudo das ciências. Outro ponto importante é sua afinidade com as competências e habilidades preconizadas nos PCNEM para as Ciências Naturais e Matemática.(OLIVEIRA,2005,p.63)

Em uma busca de integração da Física com a Matemática, os autores Fireman e Santos, utilizam o software Modellus, como a TIC, que facilitaria esta integração e concluem:

O software de modelagem Modellus, nos permite muito bem transcorrer de uma representação à outra, tornando-se desta forma um importante aliado num contexto de sala de aula onde se trabalhe com a exploração dos conteúdos de física e de matemática de forma integrada e com a utilização de modelos.(FIREMAN;SANTOS,2007,p.8)

Outros trabalhos também enfatizam o potencial do Modellus, como formar de integrar o ensino de Física e Matemática, considerando o software um importante aliado na sala de aula por permitir em suas interfaces diferentes formas de integrar os conteúdos de matemática e Física (FIREMAN, 2007).

Segundo os resultados obtidos por Santos,2006,o Modellus, demonstra ser ferramenta mediadora dos processos de aprendizagem, de bastante aceitação de seus usuários:

Durante as aulas no Laboratório Virtual de Física, foi notório e relevante o interesse dos alunos pela disciplina, na busca da compreensão dos experimentos, conceitos, interpretação gráfica mudança de variáveis, levantamento de hipóteses e estímulo á pesquisa. Em resumo, nossos resultados mostram que o uso do Modellus como ferramenta mediadora do ensino de Física, obteve uma aceitação acima dos 90% entre os alunos pesquisados. Com isso, entendemos que o uso de Ambientes Virtuais de Aprendizagem, contextualizados com a educação em ciências, se torna uma linguagem de fácil entendimento para alunos do ensino médio e objeto facilitador aos professores.(SANTOS,2006,P.63)

Muitos outros trabalhos, que utilizam o software Modellus em seus projetos ou pesquisas, são encontrados na internet ou na literatura, e na maioria dos casos a aceitação é positiva no sentido de que a maioria dos trabalhos encontrados, concordam em considerar este software um grande aliado dos processos de ensino e aprendizagem, que buscam uma maior interatividade entre e participação do aluno

3.3.3 – Modelagem e Simulações de EECR, usando o software Modellus

Para a elaboração e construção das simulações, levou-se em consideração os resultados dos pré- testes, isto é, as entrevistas gravadas com os alunos, que objetivava identificar quais os possíveis *invariantes operatórios* que poderiam dificultar uma evolução conceitual no campo conceitual do EECR. Segundo Laércio Ferracioli e Michel Rabbi] (2002):

... A utilização da modelagem computacional no contexto educacional demanda o delineamento de uma investigação que inclua tanto o desenvolvimento de atividades de modelagem, quanto a sua efetiva utilização em sala de aula para que se possa concluir sobre as reais possibilidades de sua integração no cotidiano de sala de aula (FERRACIOLI;RABBI, 2002).

As simulações foram produzidas, a partir do modelo concreto, com o qual os alunos foram entrevistados no pré teste, o modelo representava uma estrutura de um corpo rígido em equilíbrio. As funções matemáticas que estabelecem as condições de EECR foram inseridas na janela *model*, mesmo o usuário do Modellus, não precisando ter conhecimento de linguagem de programação, durante a criação da simulação descobriu-se que algumas seqüências de inserção de fórmulas devem ser respeitadas, por exemplo: as condições de equilíbrio estático de um corpo rígido baseiam-se em três expressões matemáticas, que garantem que não haverá movimento de translação e nem movimento de rotação da estrutura, em função da somatória das forças atuantes na estrutura que deve ser nula, para inserir essas fórmulas no Modellus, deveria se respeitar a ordem de entrada das variáveis.

Para a simulação representada pela Figura 3, os modelos matemáticos inseridos foram os seguintes:



Figura 3 - Figura (. gif) inserida na produção da simulação

As instruções sobre a estrutura acima eram as seguintes, tratava-se de uma viga apoiada em suas extremidades, onde se deveria considerar o peso próprio da viga e as reações nos apoios, poder-se-ia também inserir um objeto extra localizado em qualquer lugar na extensão da viga. As variáveis eram, portanto:

- ❖ P = peso da viga;
- ❖ P₁ = peso extra colocado sobre a viga;
- ❖ L = comprimento da viga
- ❖ X = distancia do peso extra P₁, a extremidade esquerda da viga;
- ❖ R_A = reação no apoio esquerdo;
- ❖ R_B = reação no apoio direito.

A Figura 4 mostra a janela do Modellus, com a inserção do modelo matemático.

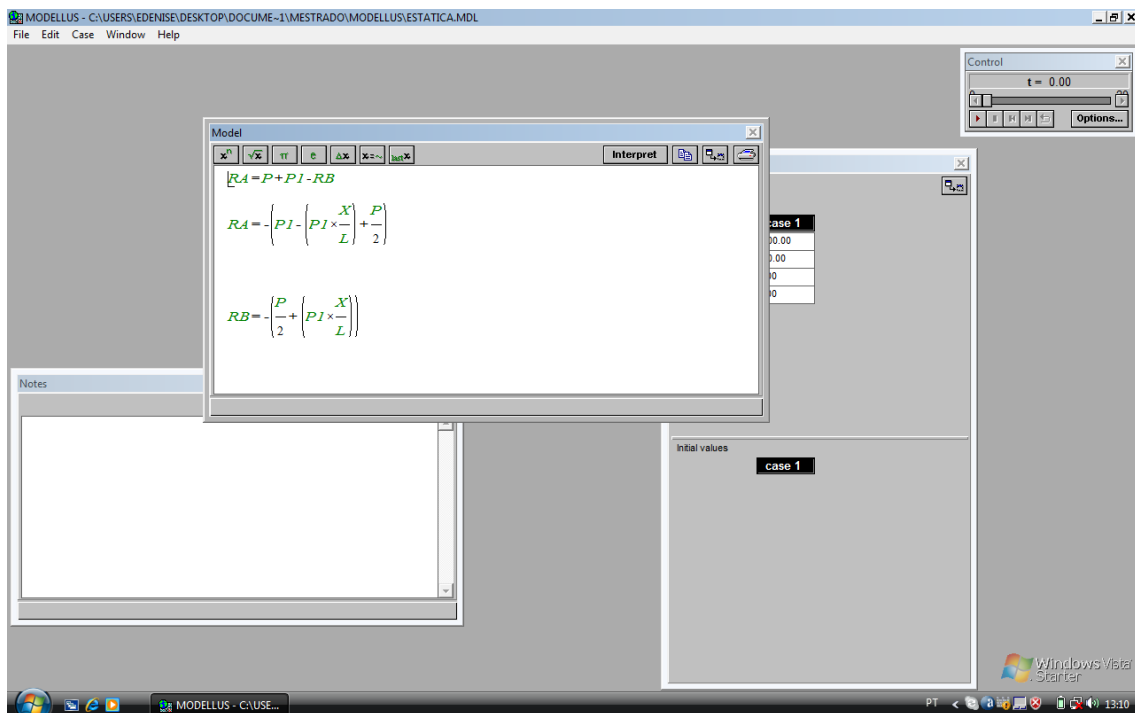


Figura 4 - Tela do Modellus na inserção das fórmulas

Aos alunos foram apresentadas informações sobre o software, quem o produziu e quais objetivos de seu uso nos processos de ensino e aprendizagem. Os alunos também foram informados quanto à manipulação e a construção da simulação que iriam utilizar durante as atividades.

Os seis alunos foram divididos em duas equipes de três alunos cada uma e durante duas semanas, fizeram uso do software. A carga horária de manipulação da simulação fez um total de doze horas aulas. Cada aluno dispunha de um computador todos localizados na mesma sala, desta forma poderiam os alunos interagir entre eles, sobre as diferentes formas de analisar as condições de equilíbrio da estrutura em função das alterações que as variáveis sofriam. As atividades de uso da simulação consistiam em fazer alterações nos valores dos

pesos, que agiam na estrutura no tamanho da estrutura e na posição do peso extra colocado sob a estrutura, A partir dessas alterações os valores das reações eram calculados automaticamente e os resultados de R_A e R_B , apareciam no modelo.

Na seqüência, deste trabalho, no capítulo 4, apresentamos os resultados obtidos em todas as etapas desenvolvidas, incluindo as análises feitas durante o uso do software pelos alunos.

Capítulo 4

4. Resultados e Discussão

Neste capítulo apresentamos os resultados obtidos nas entrevistas do pré-teste e do pós-teste. Como se trata de uma pesquisa qualitativa, que coletou dados através de entrevistas abertas e semi-estruturadas combinada com o método *think aloud* e registradas por meio de gravações de vídeos, analisamos os resultados através da análise e interpretação do discurso dos entrevistados. As siglas alfanuméricas (A1, A2, A3, A4, A5 e A6) são utilizadas para representar os alunos entrevistados e E representa o entrevistador. Os alunos foram entrevistados separadamente, para que as resposta de um não influenciassem na resposta do outro.

Para a análise do conteúdo das entrevistas este trabalho fundamentou-se nas técnicas de análises descritas por Bardin (1997). Utilizando a técnica que Bardin denomina de *codificação*, as respostas dadas pelos alunos foram categorizadas, com o objetivo de classificá-las em *conhecimento-em-ação* e *teoremas-em-ação* pertencentes ao campo conceitual do EECR. Para se estabelecer essa relação de pertinência, tomou-se como base o levantamento referente ao item 2.3.2, do capítulo 2, sobre o campo conceitual do EECR.

Os resultados apresentados em pesquisas qualitativas geralmente são alvo de várias críticas, quanto à confiabilidade e legitimidade, pois são apresentados em sua maioria de forma indutiva. (DUARTE, 2002). Para auxiliar na confiabilidade e legitimidade dos dados apresentados neste capítulo, as codificações resultantes da análise dos conteúdos das transcrições das gravações encontram-se no texto deste trabalho dissertativo para fornecer ao leitor, o acesso ao material coletado, como forma de subsidiar as conclusões em relação a este trabalho.

4.1. – Resultados da entrevista do Pré-teste

O pré-teste baseou-se em uma entrevista gravada em vídeo, para a qual os alunos foram orientados em como ela deveria transcorrer, isto é, utilizaríamos o método *think aloud*, durante a entrevista. Antes do início das gravações o entrevistador explica aos alunos os objetivos do da pesquisa e como eles devem proceder para que as gravações correspondam ao

método de entrevista utilizado ,ou seja, o *think aloud*, como mostra a transcrição da fala do entrevistador abaixo:

E – vocês devem falar sobre tudo que estão pensando quando estiverem respondendo as perguntas sobre a estrutura que nós vamos usar na entrevista, tem que falar para que eu possa ter dados para analisar.

A entrevista é iniciada com uma orientação para o aluno sobre o esquema que representa uma estrutura em equilíbrio estático e no qual todos os questionamentos da entrevista deverão se basear.

E – nós temos aqui uma estrutura que pode está representando um banco de praça em equilíbrio. Para fazer essa entrevista nós vamos fazer uso desse matéria[...]que são representações de vetores onde você vai colocar na estrutura a direção e sentido de cada vetor, fixando com as tachinhas.

As entrevistas transcorreram procurando-se ter como base, de acordo com o método *think aloud*, a utilização do terceiro nível de verbalização, onde o indivíduo é requisitado a explicar o seu processo de pensar de forma explícita.

4.1.1 – Estruturação da entrevista do pré-teste

A estruturação da entrevista foi elaborada para acontecer em três blocos diferentes de questionamentos, descritos a seguir:

1 – O conceito prévio ou alternativo de Equilíbrio.

Neste bloco a entrevista transcorre após a explicação a explicação e orientação dada aos alunos, sobre a *situação*, escolhida para que eles expressassem seus conhecimentos sobre equilíbrio estático. O entrevistador explica o significado do esquema apresentado, afirmando que o mesmo se encontra em equilíbrio estático e começa a entrevista orientando o aluno a falar o que ele sabe a respeito do termo equilíbrio, sem se preocupar se o que ele está dizendo, está certo ou errado, apenas falando francamente sobre os seus conhecimentos a respeito desse tema.

2 – As forças atuantes na estrutura.

No segundo bloco, o entrevistador afirma para o aluno, que se a estrutura é concreta e está representado, um banco de praça, por exemplo, ela tem um peso. Então o entrevistador solicita que o aluno, a partir de seus conhecimentos adquiridos em sala de aula, sobre vetores e representação de grandezas vetoriais, utilize os vetores que estão dispostos sobre a bancada para representar a força peso da estrutura. Dessa forma, o foco da entrevista é centralizada na utilização de representações explícitas associadas ao conceito de força (indiretamente associado ao conceito de vetor). Em seguida o aluno é instigado a analisar se somente a força peso atuava na estrutura ou existiam outras forças. Nesta seqüência da entrevista, o entrevistador colocava um bloco extra sobre a estrutura, e questiona o aluno se este fato, ou seja, à colocação do bloco extra, altera a condição inicial de equilíbrio da estrutura ou não.

3 – Os apoios da estrutura.

Neste último bloco, o entrevistador modificava a situação inicial da estrutura e solicitava ao aluno que ele falasse a respeito desta nova situação. O que poderia acontecer com a estrutura, em relação à situação inicial de equilíbrio? Objetivava, com essa modificação, fazer com que o aluno analisava esta nova situação a partir do enfoque de uma condição de desequilíbrio que a estrutura poderia passar a ter com a retirada do apoio, evocando desta forma o surgimento de grandezas como o *torque* ou *momento de uma força*.

Apesar desta estruturação, outras perguntas do entrevistador, também eram feitas em função das respostas que eram dadas pelos alunos, no intuito de extrair o máximo possível de informação nesta etapa de buscar os conceitos alternativos dos alunos sobre o EECR.

4.1.2 – Interpretação da entrevista do pré-teste

A seguir têm-se as interpretações das respostas extraídas das entrevistas.

1 – O conceito prévio ou alternativo de Equilíbrio.

A1 – *É quando tudo está com a mesma força, tudo com o mesmo valor e a força com a mesma direção.*

A2 – *Equilíbrio é quando o corpo está em repouso em relação a alguma coisa ou ele também pode ta em movimento em relação à outra coisa.*

A3 – *O corpo tem que ter força nos apoios.*

A4 – *Equilíbrio é quando as forças estão em um percentual que permita que a estrutura fique estática.*

A5 – *O corpo está em movimento constante, e movimento constante é não sair do lugar, ficar em repouso, mas tem que ter força para equilibrar.*

A6 – *Equilíbrio, é ter apoio na estrutura, não precisa ser nas extremidades, pode ser um apoio no meio.*

Analisando as respostas dos alunos sobre o conceito de equilíbrio, podemos aparentemente estabelecer três categorias finais para o conceito de equilíbrio:

a – O equilíbrio como resultante da equivalência de forças.

Esta categoria pode se identificada em falas tais como: “tudo mesma força”, “tudo mesmo valor” e “força com a mesma direção”, presentes na fala do aluno A1. Provavelmente o aluno baseia-se em um pensamento de representação de equilíbrio de forças, para expressar suas concepções sobre o conceito de equilíbrio. Podemos inferir que são as representações de equilíbrio que ele tenta externalizar verbalmente e não a idéia de equilíbrio, através de um conceito. O conceito de equilíbrio dado pelo aluno A5 inclui-se nessa categoria por citar o termo “forças para equilibrar”. Assim, o *conceito-em-ação* de equilíbrio que o estudante expressa é como o resultante da equivalência de forças. *Teoremas-em-ação* que emergiram foram “tudo com a mesma força”, “tem que ter força para equilibrar”; assim, o equilíbrio só existe quando há forças equivalentes atuando na estrutura. Este equilíbrio está focado em representações oriundas do campo conceitual da dinâmica.

b – O equilíbrio existe quando há estática em uma estrutura.

Para os alunos A2, A4 e A5, existe a idéia de equilíbrio em suas respostas, associada a noções de repouso, movimento e estática. Observamos que nas respostas desses alunos para o conceito de equilíbrio não houve uma preocupação em explicar como o equilíbrio pode ser

representado através do equilíbrio de forças, mas sim qual a sua idéia para o conceito de equilíbrio, em função de conceitos de mecânica já estudados em aulas anteriores. O *conceito-em-ação* de equilíbrio que detectamos nos alunos enquadrados nesta categoria foi de que o equilíbrio é quando existe uma estática, do ponto de vista cinético ou quando subsiste a inércia no movimento. *Teoremas-em-ação* que emergiram: “*está em repouso em relação a alguma coisa*” (A2); “*estrutura fique estática*” (A4) e “*ficar em repouso*” (A5). Sendo assim, os *teoremas-em-ação* focam em representações que surgem da cinética, com algum apoio na estática para o estudante A4 e principalmente A5, que também enquadrados na categoria (a) acima.

c – O equilíbrio ocorre quando existem forças de apoio ou apoio simplesmente.

Os alunos A3 e A6 associaram ao conceito de equilíbrio a condição da presença ou ausência de apoios. Não percebemos na fala desses alunos, nenhuma referencia quanto à representação de uma situação de equilíbrio através do equilíbrio de forças, demonstrando que suas concepções sobre equilíbrio estão diretamente relacionadas a algo concreto que são os apoios. O *conceito-em-ação* aqui presente foi muito bem expresso por A6: “*Equilíbrio, é ter apoio na estrutura*”. Os *teoremas-em-ação* correspondentes é que “*tem que ter força nos apoios*” ou que “*tem que ter apoio na estrutura*”. É um *conceito-em-ação* muito vinculado a representações sensoriais e à presença de um “*apoio*”, um objeto sensorio, que irá equilibrar a estrutura.

2 – As forças atuantes na estrutura.

2.1. O peso da estrutura

A1 – *O peso da estrutura é representado por um vetor na vertical para baixo, mas inicialmente é colocado fora da estrutura. Como se o peso não fosse da estrutura.*

A2 – *A estrutura tem um peso, ele é representado por um vetor na vertical para baixo, porém após colocar a representação vetorial, o aluno afirma que o peso não é da estrutura, mas da seta que representa o vetor.*

A3 – *O peso da estrutura existe e é representado por um vetor na vertical para baixo, próximo a um dos apoios.*

A4 – *O peso existe é representado na estrutura em cada um dos apoios, mas o que tem para cima tem que ter para baixo, se não for assim então está em equilíbrio.*

A5 – *O peso está nos apoios e é confundido com as reações do peso da estrutura sobre os apoios. Um vetor é colocado depois para representar a força peso, como forma de manter a situação inicial em equilíbrio.*

A6 – *O peso é uma força de sustentação da estrutura e está nos apoios. Ele é representado por vetores na vertical para cima, nos apoios, mas tem que existir representação vetorial também na vertical para baixo, como uma forma de manter o equilíbrio.*

Os alunos A1, A2 e A3, representam a força peso da estrutura, através de um único vetor na vertical para baixo. No entanto eles não tem uma convicção a respeito de onde a força peso é representada na estrutura, ou seja, sabem que o peso da estrutura existe, mas não conseguem localizar a representação dessa força na estrutura, logo colocam o vetor que representa a força peso fora da estrutura.

Os alunos A4, A5 e A6, procuram representar o vetor força peso a partir da representação de equilíbrio da estrutura, ou seja, se existir um vetor que representa a força peso e este vetor for representado na vertical para baixo, então deverão existir vetores que também são pesos representados na vertical para cima.

Nenhum dos alunos, externalizam em suas respostas um conceito de peso que possa ser considerado ou comparado a idéia de peso, pois todos eles referem-se ao peso da estrutura como uma representação através de um vetor.

O *conceito-em-ação* que podemos identificar aqui refere-se à aceitação da existência da força peso pelos os alunos: (A3) e (A4) "*o peso existe*"; (A5) "*o peso está nos apoios*" e (A6) "*o peso é uma força de sustentação*". Os alunos A1 e A2, apresentam um *conceito-em-ação* para a força peso que difere dos outros pelo fato de que externalizam em suas respostas que o peso não é da estrutura e sim da seta que utilizam para representar a força peso na estrutura. Esta interpretação desses alunos gera uma impertinência desse conceito de força no campo conceitual da estática, pois é necessário compreender esse conceito cientificamente para podermos tratar de EECR.

No entanto os *teoremas-em-ação* que dão sentido aos conceitos são todos verdadeiros, pois os alunos fazem as representações da força peso na estrutura, colocando os vetores que as representam sempre na vertical para baixo.

2.2. Outra força atuando na estrutura.

A1 - *A estrutura não tem peso, o que pode existir são pesos nos apoios, ou peso que estão em cima estrutura por exemplo. Como a comparação do esquema da estrutura foi em relação a um banco de praça, o aluno afirma que somente haverá um peso se uma pessoa sentar no banco.*

A2 - *Existem forças nos apoios, representadas por vetores na vertical para cima, que também são denominadas pelo aluno de peso. Porém não se trata do peso da estrutura, mas sim do peso dos apoios.*

A3 - *A força atuante nos apoios é chamada de força da Terra.*

A4 - *Existem forças nos apoios, porque o peso da estrutura empurra o chão então o chão empurra a estrutura. As forças nos apoios estão envolvidas com o peso e a gravidade.*

A5 - *Existem forças nos apoios para equilibrar o sistema, se não for assim não vai zerar. Existe o equilíbrio do banco e o equilíbrio dos apoios.*

A6 - *Existem forças nos apoios que representam o peso dos apoios, representados com vetores na vertical para baixo.*

O conceito-em-ação relativo à força que os alunos trazem em seus conhecimentos prévios, ainda não possuem uma relação de pertinência com o campo conceitual do EECR, pois como mostram as falas dos mesmos, o conceito de força é algo ainda muito abstrato e confuso para eles. Por exemplo: A1, diz que a estrutura não tem peso e esta fala gera uma contradição em relação a sua resposta no item 2.2, no qual ele representa força peso da estrutura através de um vetor. No entanto os demais alunos associam a necessidade da existência de apoios para que possam existir outras forças atuando na estrutura e isto é uma preposição (*teorema-em-ação*) correta, para se estabelecer as condições de equilíbrio de uma estrutura estática.

2.2. Alteração da situação inicial, colocando-se um peso extra sobre a estrutura.

A1 - *A colocação de um objeto extra não faz aparecer mais uma força na estrutura.*

A2 - *Ao colocar um peso extra sobre a estrutura, surge uma nova força: o peso do corpo extra.*

A3 – *A força peso do objeto extra aparece e é representada por um vetor na vertical para baixo, colocado no objeto.*

A4 – *Na colocação do objeto, vai surgir uma força que o aluno denomina: a força da massa do objeto. E representa essa força com um vetor na vertical para baixo e ao lado deste, coloca um vetor na vertical para cima, que segundo o aluno representa o atrito.*

A5 – *A colocação do corpo extra faz surgir uma força que pode desequilibrar a estrutura, que para continuar em equilíbrio teria que ser colocado outro corpo extra.*

A6 – *Colocar um corpo extra não muda em nada a situação de equilíbrio, isto somente aconteceria se o peso do corpo fosse muito grande.*

O aluno A1, nega o aparecimento de uma nova força, com a colocação do peso extra, não havendo, portanto uma alteração no padrão de forças com as quais ele já vinha construindo as suas representações e concepções sobre o equilíbrio da estrutura. O *conceito-em-ação* de força para este aluno ainda continua sem uma conexão com os *teoremas-em-ação* que ele utiliza para descrever a situação de equilíbrio da estrutura.

Para os demais alunos, a colocação do corpo novo sobre a estrutura, faz surgir uma nova força que representa o peso do novo corpo. O aluno A3 representa essa nova força na vertical para baixo e o aluno A4 além de também representar o peso do novo corpo na vertical para baixo associa, a um vetor na vertical para cima colocado ao lado do corpo novo, a idéia de atrito. O *conceito-em-ação* de força para esses alunos dão sentido aos *teoremas-em-ação* que eles utilizam para descrever a situação de equilíbrio proposta.

A colocação do corpo novo tinha como objetivo instigar os alunos a pensarem sobre a possibilidade de perturbação do equilíbrio inicial. Somente o aluno A5 refere-se a uma possibilidade de desequilíbrio da estrutura com a colocação do corpo novo, argumentando que esse desequilíbrio seria compensado se houvesse a colocação de outro novo corpo extra. Somente o aluno A5, refere-se ao *conceito-em-ação* de desequilíbrio que é pertinente ao campo conceitual da estática, quando os seus sentidos estão relacionados ao *teorema-em-ação* de procurar equacionar as forças que estão atuando na estrutura.

3 – Os apoios da estrutura.

A1 – *A retirada do apoio provoca a descida (queda) da estrutura, inclusive do corpo extra que está sobre ela, que vai escorregar no sentido do lado que está sem o apoio.*

A2 – *O aluno diz que a retirada do apoio provoca a queda da estrutura por causa da força peso da estrutura e da força peso do corpo extra colocado sobre a estrutura. O aluno*

gesticula para demonstrar o movimento que a barra da estrutura faz ao cair, fazendo um arco de parábola e afirma que esta trajetória é definida em torno das forças peso da estrutura e peso do corpo extra.

A3 – A retirada do apoio faz a estrutura cair, descrevendo uma trajetória que pode ser um arco de parábola em torno da força extra colocado sobre a estrutura.

A4 – A retirada do apoio faz a estrutura perder o equilíbrio. A queda da barra da estrutura acontece na direção vertical. O aluno faz a representação da trajetória da queda da barra, com um vetor na vertical para baixo e diz que depois que ela cair no chão, ela voltará a ter equilíbrio.

A5 - O aluno diz que a retirada do apoio muda tudo, pois faz a barra cair em torno do apoio que ficou descrevendo uma trajetória que é um arco de parábola.

A6 – O equilíbrio da estrutura poderia continuar mesmo com a retirada do apoio, isto iria depender da intensidade do peso do corpo extra. A trajetória da queda da estrutura é representada por um vetor colocado na vertical para baixo, na extremidade sem o apoio.

As concepções dos alunos relativas à situação que lhes foi colocada sobre a retirada de um dos apoios objetivavam criar uma possível situação de desequilíbrio da estrutura e identificar a partir das respostas dos alunos alguma concepção prévia sobre o conceito de torque ou momento de uma força. Classificamos as respostas dos alunos como um resultado mais sensório do que conceitual sobre essa situação em função dos termos “queda” e “cair” expressos por eles.

Todos os alunos entrevistados responderam que a retirada de um dos apoios vai provocar a queda da estrutura. Apenas o aluno A6 que demonstrou ter dúvidas em responder o que aconteceria com a estrutura após a retirada de um dos apoios, usando termos como “não cair” ou “pode não cair”, para definir a situação.

Os alunos não mencionaram o que poderia provocar a queda da estrutura, ou seja, qual a causa (dinâmica) dessa queda. Exceto o aluno A2 que atribui a força peso da estrutura e do corpo extra colocado sobre a estrutura, como uma causa para a queda da mesma após a retirada de um dos apoios.

A trajetória do movimento de queda da estrutura não é definida pelo aluno A1 e para os alunos A2, A3 e A5 essa trajetória é descrita como um arco de parábola. Os alunos A4 e A6 atribuem vetores para representar a trajetória de queda da estrutura, apesar do aluno A6 não considerar que a estrutura vai cair.

O movimento de queda da estrutura é definido pelos alunos A1, A5 e A6 pelos apoios e para os alunos A2 e A3 o movimento é definido em função da força peso.

Quando os alunos entrevistados são questionados sobre o que é equilíbrio objetiva-se que o aluno torne explícitos seus conceitos sobre o significado da palavra equilíbrio, mesmo que não seja no contexto do campo conceitual do EECR. Quando solicitados a usar os vetores para representar as forças que estão atuando na estrutura, objetiva-se que o aluno torne explícito seus *teoremas-em-ação*, sobre o tema, isto é, em função do que ele já falou sobre o significado do termo equilíbrio.

Os ingredientes do *esquema* que são os *conceitos-em-ação* e os *teoremas-em-ação* são externalizados pelos alunos a partir da situação a qual foram submetidos, isto é, analisar a situação em que lhes foi apresentada uma estrutura (corpo rígido) em equilíbrio. Como através de vetores ele pode representar essa situação de equilíbrio? O que pode acontecer com a estrutura quando se coloca outro objeto sobre ela? O que aconteceria com a estrutura caso fosse retirado um dos apoios que a sustenta?

Os conceitos externalizados foram classificados em pertinente ou não pertinente ao que se considera como conceito cientificamente aceito, dentro do campo conceitual do EECR. Usou-se como parâmetro para a identificação desta relação de pertinência o conteúdo de ECCR, encontrado em livros didáticos de Física do Ensino Médio, bem como em livros didáticos de Física.

4.1.2.1 – Imagens da estrutura com representação vetorial

Neste item mostramos os resultados das representações vetoriais, feitas pelos alunos na estrutura, durante a entrevista, quando os mesmos eram solicitados a representar com vetores, as situações em que fossem necessárias tais representações, como exemplo: representação da força peso da estrutura, representação de outras forças atuantes na estrutura e representação do peso extra colocado sobre a estrutura. Ao planejar a metodologia de execução deste projeto de pesquisa, determinamos que o foco principal nesta etapa de pré-teste é identificar, através das concepções prévias dos alunos sobre uma determinada *situação* de equilíbrio estático, quais são os *invariantes operatórios*, que os mesmos evocam em seus esquemas cognitivos para analisar e compreender a *situação* proposta.

No entanto durante o processo das entrevistas observamos que as representações simbólicas utilizadas pelos alunos, nos dariam uma gama muito grande e importante de informações que poderíamos utilizar como subsídio para atingir o objetivo principal deste trabalho que é desenvolver uma metodologia de ensino que possibilite uma evolução

conceitual no campo do EECR:isso implica que para estudar o desenvolvimento e uso de um conceito, ao longo da aprendizagem ou de sua utilização, é necessário considerar esses três conjuntos simultaneamente.” (MOREIRA, 2004)

Os três conjuntos a que se refere à citação acima são: situação (S), *Invariantes operatórios* (I) e Representações Simbólicas(R).

Para o aluno A1, o vetor grande na vertical para baixo, não representa o peso da estrutura, mas o peso de um possível objeto que possa ser colocado sobre ela. Este peso faz força nos apoios. Os apoios têm um peso representado por um vetor pequeno na vertical para baixo, que são forças que o peso da estrutura faz nos apoios. E o peso extra colocado sobre a estrutura, não provoca o aparecimento de nenhuma outra força.

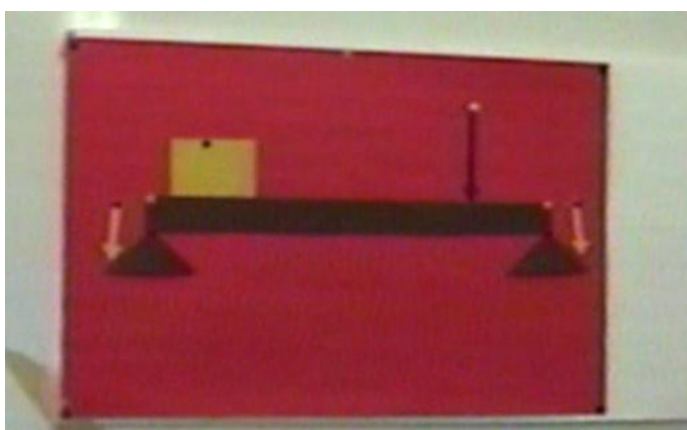


Figura 5 – Representação vetorial – A1

O aluno A2 representa com um vetor grande na vertical para baixo o peso, no entanto o peso representado não é o peso da estrutura, mas sim o peso do próprio vetor. Este aluno não vê o vetor como um elemento simbólico para representar grandezas vetoriais como a força, por exemplo, mas algo que é concreto e materializado. Os apoios da estrutura têm peso e o corpo extra também, no entanto observa-se que os pesos dos apoios são representados na vertical para cima e não na vertical para baixo, como os demais pesos representados por este aluno, pois o aluno diz que estes vetores têm que está na vertical para cima para que a estrutura possa está em equilíbrio.

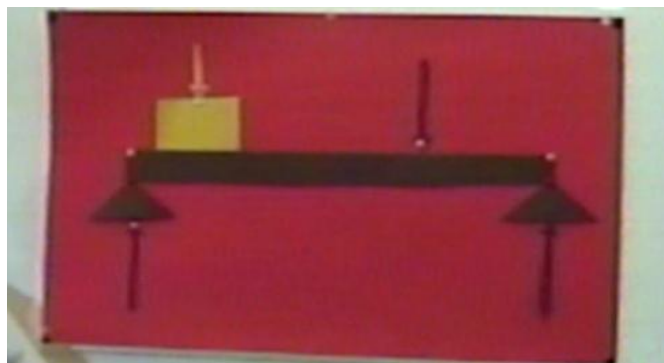


Figura 6– Representação vetorial – A2

Para o aluno A3, o vetor colocado na extremidade direita é a força que a Terra exerce na a estrutura e isto acontece em somente um dos lados do apoio. A estrutura tem um peso representado pelo vetor amarelo colocado na vertical para baixo. O objeto tem um peso e representado na vertical para baixo, afirmando que quando for para representar força tem que ser na vertical para baixo.



Figura 7 – Representação vetorial – A3

A construção do esquema de representação vetorial do aluno A4 define que: o peso da estrutura é representado na vertical para baixo em ambos os apoios, pelos vetores amarelos. Os vetores colocados na vertical para cima representam a reação do peso da estrutura nos apoios. Os vetores azuis na vertical para baixo representam o peso do apoio no solo e a reação do solo a este peso, está representada pelos vetores azuis na vertical para cima. O objeto extra colocado na estrutura também tem um peso representado por um vetor na vertical para baixo. O vetor azul colocado na vertical para cima ao lado do objeto extra, representa o atrito, pois segundo o aluno é o atrito que vai manter o objeto extra em equilíbrio sobre a estrutura.

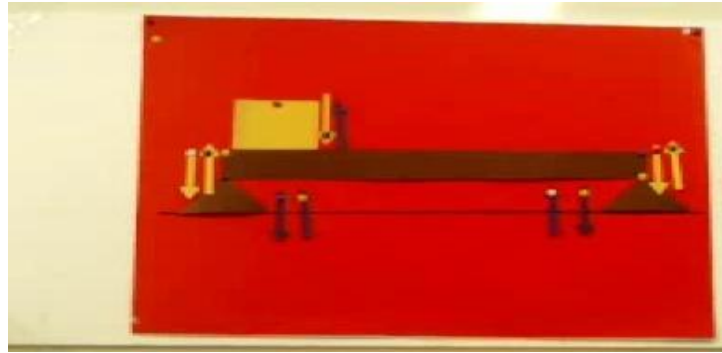


Figura 8 - Representação vetorial – A4

Neste esquema desenvolvido pelo aluno A5, o peso dos apoios é representado nos, com vetores colocados na vertical para baixo e o peso da estrutura é representado na vertical para cima, pois só assim haverá o equilíbrio. O corpo extra tem o peso e esta força é representada na vertical para baixo. Ao colocar o peso extra acontece um desequilíbrio na estrutura.



Figura 9 - Representação vetorial – A5

No esquema definido pelo aluno A6, o vetor amarelo pequeno colocado na vertical para cima no apoio representa o peso da estrutura no apoio e vetor colocado na vertical para baixo representa uma força de sustentação do apoio na estrutura. No outro apoio é colocada a mesma representação vetorial, para representar o equilíbrio. O peso do objeto é representado por um vetor na vertical para baixo, este vetor é colocado fora do objeto, porque para o aluno o vetor não é um peso é somente uma representação do peso.



Figura 10 – Representação vetorial – A6

As representações para Vergnaud são um sistema simbólico que significa algo para o sujeito. Símbolos e conceitos estão estreitamente relacionados quando se observa o uso que os alunos fazem dessas representações em seus processos cognitivos.

4.1.3 – Identificação dos *invariantes operatórios* a partir da entrevista do pré-teste

Após o processo de *codificação* das entrevistas, as interpretações foram analisadas e apontaram para a identificação dos seguintes *conceitos e teoremas-em-ação*, apresentados na tabela 1 que os alunos entrevistados possuem sobre EECR:

Tabela -1 - Conceitos-em-ação e Teorema-em-ação

Aluno	<i>Conceito-em-ação</i>	<i>Teorema-em-ação</i>
1	<p>O equilíbrio da estrutura é considerado, quando nela atuam forças de valores iguais e na mesma direção.</p> <p>O peso da estrutura existe e estar sob ela, mas não é o peso real da estrutura, mas algo que pode está em cima dela.</p> <p>O peso é uma força, forças são representadas por vetores.</p>	<p>O peso é representado por um vetor na vertical para baixo.</p> <p>Inicialmente o peso não está na estrutura, mas sim fora dela.</p> <p>Um peso extra colocado sobre a estrutura, não faz aparecer uma nova força, que pode modificar a situação de equilíbrio.</p> <p>Quando um dos apoios é retirado, inicialmente são as forças que caem e não a estrutura.</p>
2	<p>Equilíbrio pode ser uma situação de repouso ou movimento, em relação a alguma coisa.</p>	<p>É a seta utilizada para representar a força peso da estrutura que empurra a estrutura sob os apoios, pois é necessário que existam forças nos apoios para que</p>

	<p>O peso é uma força na vertical para baixo.</p> <p>Os símbolos utilizados para representar as forças na estrutura é que tem o peso, que age na estrutura.</p>	<p>a estrutura fique em equilíbrio.</p> <p>Quando um objeto extra é colocado sob a estrutura há o aparecimento de um a força peso: o peso do objeto.</p>
3	<p>As ações das forças caracterizam uma situação de equilíbrio.</p> <p>Uma força proveniente da Terra age sob a estrutura.</p> <p>A estrutura tem um peso.</p> <p>O objeto extra colocado sobre a estrutura tem um peso.</p>	<p>O equilíbrio da estrutura se dá pela existência de forças.</p> <p>A ação de apoio da Terra age somente em uma dos apoios da estrutura.</p> <p>Forças que representam peso são na vertical para baixo, por que existem apoios sustentando a estrutura, se algo empurra para baixo, algo tem que empurrar para cima, se não, não há equilíbrio.</p>
4	<p>Equilíbrio está associado a estático.</p> <p>O peso é uma força representada na vertical para baixo.</p> <p>As leis de Newton justificam a presença da ação e reação das forças.</p> <p>O atrito é uma força que influencia no equilíbrio estático de uma estrutura.</p>	<p>Força atuante em uma estrutura tem que ter o mesmo percentual de valor.</p> <p>Toda força que age de cima para baixo, terá uma reação de baixo para cima.</p> <p>No equilíbrio da estrutura a representação vetorial tem que está balanceada, ou seja, o que tiver para cima vai ter que ter para baixo.</p> <p>Sem um dos apoios a barra cai na vertical e volta a se equilibrar quando chega ao solo.</p>
5	<p>Equilíbrio é movimento constante e movimento constante é repouso.</p> <p>O peso age nos apoios.</p> <p>O equilíbrio tem que existir na estrutura e nos apoios.</p>	<p>O equilíbrio depende da existência de forças e essas forças têm que “zerar”.</p> <p>Para se manter a situação de equilíbrio deve-se manter a quantidade de forças atuantes na estrutura iguais.</p> <p>Sem um dos apoios a estrutura cai em um movimento que descreve uma trajetória que não é retilínea.</p>
6	<p>Equilíbrio é está apoiado.</p> <p>Peso é uma força de sustentação.</p>	<p>O peso (sustentação) tem que existir para cima e para baixo para manter o equilíbrio.</p> <p>A intensidade da força peso influencia no equilíbrio estático.</p> <p>Sem um dos apoios a estrutura cai na vertical.</p>

4.2 Análises do Pré-teste

Para o aluno A1, o conceito de equilíbrio da estrutura está associado à existência de forças, as quais ele dá um tratamento vetorial. As propriedades dadas ao conceito de equilíbrio que o aluno possui, são percebidas quando ele diz que as forças devem ter mesmo valor e mesma direção, para que a estrutura esteja em equilíbrio. Quanto ao conceito de força peso, o aluno A1 tem dificuldade em afirmar ou compreender que a estrutura tem um peso próprio, na verdade ele acredita que ela somente terá um peso se algo como um objeto ou mesmo uma pessoa, for colocada sobre a estrutura. Foi interessante verificar durante a entrevista com o aluno A1, que ele usa os vetores para representar as forças que estão na estrutura e quando é colocada para ele a situação de que será retirado um dos apoios da estrutura, ele afirma que ela cairá, inclusive cairão também, os vetores que estão representando as forças, dando uma idéia de que ele interpreta que os símbolos utilizados para representar as forças atuantes na estrutura também tem um peso.

Analisando as respostas do aluno A1, em relação à situação que lhe foi apresentada sobre equilíbrio, pode-se inferir que os conceitos que ele possui sobre o equilíbrio estático de uma estrutura, podem ser considerados conceitos espontâneos ou alternativos, no que se refere ao campo conceitual do EECR, e quando são explicitados, tem grandes possibilidades de evoluírem para um conhecimento aceito cientificamente. O conhecimento quando explicitado tem um estado diferente em relação ao conhecimento que é implícito, pois sendo explicitado estará sendo comunicado e poderá ser discutido, vindo a torna-se um conhecimento científico (VERGNAUD, 1998).

Os *conceitos-em-ação*, mais importantes identificados no aluno A1, são: Equilíbrio, Força e Peso. Não se pode afirmar que esses conceitos que o aluno possui, são conceitos que tenham uma conotação científica, apenas através de suas falas em relação à situação que lhe foi apresentada, pois é preciso ter muito cuidado ao identificar se estes conceitos são do tipo “conceitual” ou são essencialmente “relacionados ao evento”. Mas os *teoremas-em-ação*, aqui identificados, ou seja, as proposições e derivações que o aluno A1 faz em relação aos conceitos pertinentes à situação, nos permitir ter como resultado da identificação de *invariantes operatórios* que foram externalizados por ele, que alguns dos seus teoremas evocados pela situação podem ser aproveitados no ensino do EECR, como por exemplo: as forças são representadas por vetores e que deve haver um equilíbrio em relação às forças atuantes na estrutura, para que a mesma seja considerada em situação de equilíbrio.

No entanto alguns *invariantes operatórios* podem tornar-se um impeditivo para o aluno compreender os conhecimentos científicos em relação ao campo conceitual do ECCR, como por exemplo: o aluno não tem segurança ao afirmar se a estrutura possui um peso próprio e como esse peso poderá ser representado por vetores, ou mesmo o fato do aluno compreender que os vetores passam a influenciar no equilíbrio da estrutura, entendendo que os vetores são objetos concretos e não somente representações simbólicas para as forças atuantes na estrutura.

O aluno A2 associa a situação de equilíbrio ao conceito de movimento ou repouso em relação a um determinado referencial. Para este aluno a estrutura tem um peso, mas este peso vem do vetor que ele coloca em cima da estrutura e não da própria estrutura. O vetor que representa o peso empurra a estrutura para baixo, aí então o aluno A2, afirma que aparecerão outras forças, que estarão atuando nos apoios, em sentido contrário ao vetor peso.

O conceito de equilíbrio para esse aluno, também é associado ao equilíbrio de forças que estão atuando na estrutura. Pois ele justifica que as forças nos apoios são representadas por vetores na vertical para cima, para “equilibrarem-se” com a força peso que esteja para baixo. Quando outro objeto é colocado sobre a estrutura, o aluno A2 afirma que aparecerá outra força, que é o peso do objeto. No entanto quando a situação se altera com a retirada de um dos apoios da estrutura, o aluno diz que a estrutura irá cair, mas para ele isso acontecerá somente em função da força peso que ele representasse inicialmente.

Os *conceitos-em-ação* que podem ser identificados através das respostas do aluno A2 são: Equilíbrio, Repouso, Movimento e Força. As proposições feitas pelo aluno relativas a esses conceitos demonstram que a situação de equilíbrio da estrutura, depende fundamentalmente da ação de forças na estrutura e como através de um equacionamento de forças, ou seja, as forças devem existir na estrutura na mesma direção e em sentidos opostos para que possam ser equilibradas. O esquema que o aluno utiliza, quando fala a respeito da situação de equilíbrio da estrutura que lhe foi apresentada, demonstra que o mesmo possui *conceitos-em-ação* que são relevantes e pertinentes ao campo conceitual ECCR, porém seus *teoremas-em-ação* relativos a esses conceitos, não nos permitir inferir que o *conhecimento-em-ação* que o aluno externalizou durante a entrevista possa ser considerado como um conhecimento cientificamente aceito.

O aluno A3 associa a situação de equilíbrio da estrutura, também como os outros alunos entrevistados, à existência de forças que se equilibram, para garantir essa situação. Inclusive o aluno A3, chega a citar existência da força da terra sobre os apoios. No entanto este aluno, não demonstra segurança, nessa afirmação, pois descreve a ação da força da Terra

sobre a estrutura apenas em um dos apoios. O peso próprio da estrutura é facilmente representado pelo aluno com um vetor, que ele coloca no centro da estrutura na vertical para baixo. Quando a situação é modificada com acréscimo de um objeto extra sobre a estrutura, este aluno, não hesita em afirmar que este fato fará surgir um novo peso sobre a estrutura.

Os *conceitos-em-ação*, que podemos identificar nas falas deste aluno são: Equilíbrio, Força, Peso, Força de ação e Força de reação, todos estes conceitos são pertinentes ao EECR, e seus *teoremas-em-ação* propostos pela ação em relação à situação e aos conceitos, nos permitem acreditar que há uma real possibilidade de, através do ensino, fazer uma utilização dos *invariantes operatórios* explícitos por esse aluno, como um suporte ao aprendizado de conhecimentos científicos relacionados ao campo conceitual do EECR.

O aluno A4, procura associar o termo equilíbrio a um sinônimo como, por exemplo, as palavras estável ou estática. O conceito de equilíbrio pode ser associado a movimento, no entanto para este aluno quanto mais movimento mais equilíbrio. Existem alguns conceitos identificados nesta entrevista que pertencem ao campo conceitual do EECR, tais como estabilidade, força, peso, ação e reação. Os teoremas que este aluno utiliza para relacionar estes conceitos com a situação de equilíbrio que lhe foi apresentada, vem sempre uma relação com as operações vetoriais, em que um vetor representado para cima terá que ter sempre um a representação vetorial para baixo, para compensar e configurar a situação de equilíbrio.

Para o aluno A4 para haver o equilíbrio da estrutura, deve haver uma distribuição dos pesos na estrutura sobre os apoios, ou seja, os valores dos pesos devem ser somados e o valor obtido deve se dividido sobre os apoios. Dos *invariantes operatórios* que podemos identificar analisando a entrevista deste aluno, nos faz inferir que a preocupação do aluno em representar as forças atuantes na estrutura de forma que sempre deve haver uma ação e reação se anulando, independente da intensidade de diferentes forças que podem está atuando na estrutura.

“Equilíbrio é não mudar de posição”, desta forma o aluno A5, define o que é equilíbrio para a situação que lhe foi apresentada. Logo em seguida o aluno lembra que tem que ter força para está em equilíbrio. As concepções prévias deste aluno sobre uma situação de equilíbrio estático, inicialmente tem um aproximação como o conceito científico no campo do EECR, pois o mesmo associa a situação de equilíbrio a repouso. No entanto quando o aluno procura dar sentido a esse *conceito-em-ação* (equilíbrio) através de preposições, ou seja, compreender a situação de equilíbrio através de uma representação simbólica (vetores), ele demonstra uma insegurança muito grande, e não faz nenhuma relação ao conceito de equilíbrio feito anteriormente.

Os *invariantes operatórios* utilizados por este aluno precisam ser trabalhados em situações de ensino de modo a fazer com que o aluno A5, utilize de preposições adequadas aos conceitos que ele já possui. Este aluno demonstrou bastante timidez, apesar da participação no projeto ter sido voluntária, este fato, nos deu a impressão de que o aluno não conseguiu externalizar seus pensamentos o suficiente para que pudéssemos analisá-los dentro da proposta deste projeto.

Os *conceitos-em-ação* externalizados pelo aluno A6, referem-se ao fato de que equilíbrio está associado a apoio, ou seja, se tiver apoiado haverá equilíbrio. O termo “sustentação” aparece na fala do aluno como sendo um substituto para a palavra equilíbrio. Desta forma o aluno utiliza várias vezes à palavra sustentação para dar sentido ao conceito de equilíbrio. Nos teoremas explícitos pelo aluno A6, como nos demais alunos entrevistados, a principal argumentação para explicar a situação de equilíbrio que lhes foi proposta, são buscar uma forma de representar a situação de equilíbrio através de um balanceamento de forças atuantes na estrutura.

Teoremas e conceitos explícitos, a partir de abordagens metodologias que permitam esta externalização, tal como a que foi utilizada nesta pesquisa, tornam visível, a parte obscura da conceitualização, que são os *invariantes operatórios*.

Quando é dada ao aluno a possibilidade de externalizar seus conhecimentos, quando o mesmo é colocado diante de uma situação problema, é possível que os *conhecimentos-em-ação*, até então implícitos em relação aquela situação sejam, externalizados e transformados através do uso de palavras, sentenças, símbolos e expressões, em *conceitos-em-ação* e *teoremas-em-ação* que possam ser discutidos e utilizados na elaboração de metodologias que possam mudar o status do conhecimento, que normalmente não é considerado científico, para um status de conhecimento cientificamente aceito.

Sendo os *invariantes operatórios* explícitos e identificados, tem-se a possibilidade de inferir que *conceitos-em-ação* e *teoremas-em-ação*, podem de maneira progressiva e com o uso de uma metodologia de ensino planejada, evoluírem e tornarem-se verdadeiros conceitos e teoremas científicos, capazes de serem discutidos, questionados, analisados e transferidos a outros, diferentemente de conceitos e teoremas implícitos, no cognitivo do aluno (MOREIRA, 2002). Isto, óbvio não é uma tarefa das mais fáceis, pois tal evolução pode demorar muito tempo. Como então, vencer este obstáculo temporal?

Acredita-se que a identificação desses *invariantes operatórios* permitirá o desenvolvimento de metodologias, que façam uso os *invariantes operatórios* identificados, como subsídios na escolha de situações problemas adequadas, capazes de contribuir para uma

evolução dos conceitos identificados, como não aceitos pela comunidade científica, para conceitos aceitos. O obstáculo do tempo a ser superado para que se atinja essa evolução conceitual, dentro de um processo normal de ensino, poderá ser resolvido caso os recursos computacionais sejam utilizados como metodologia.

Os *invariantes operatórios* que podem ser indicadores, de obstáculo no processo de evolução de alternativas para o conceito científico, são identificados aqui através da relação entre as concepções prévias de força que os alunos possuem as representações simbólicas destas concepções.

Nos alunos entrevistados, percebe-se que o conceito de força tem uma forte relação com o conceito newtoniano para esta grandeza. No entanto, existe ainda uma grande dificuldade dos alunos em representar através de vetores, uma situação que simule um equilíbrio estático de um corpo rígido.

Quando os alunos entrevistados foram submetidos a analisar, situações sobre equilíbrio, todos eles tinham uma preocupação em equacionar a situação como forma de justificar suas respostas.

Dos conceitos e *teoremas-em-ação*, identificados a partir das transcrições das entrevistas, pode-se observar que os alunos entrevistados, possuem em sua maioria conceitos que são pertinentes ao campo do EECR, como por exemplo: todos os alunos quando se referem à força peso, sempre a representam, com vetores na vertical para baixo e todos eles associam a condição de equilíbrio da estrutura, a forma como as forças estão atuando nessa estrutura.

Porém a forma como estabelecem algumas preposições e derivações sobre estes conceitos, é que podem se tornar um obstáculo para uma evolução conceitual, no campo conceitual do EECR, por exemplo: percebe-se que nos três alunos entrevistados, existe uma grande dúvida sobre a existência ou não do peso próprio da estrutura, pois só afirmam veementemente a presença de um peso da estrutura, quando é colocado um corpo extra sobre a estrutura.

Para todos os alunos entrevistados, os conceitos que eles possuem sobre equilíbrio, são pertinentes ao campo conceitual do EECR, mesmo que os conhecimentos prévios, aqui apresentados por eles tenham sido relatados em função do evento, que é a situação de equilíbrio que lhes foi apresentada. Isto não nos levará a previsões errôneas em classificá-los como aceitos ou não aceitos cientificamente, pois o modelo apresentado ao aluno para que pudéssemos fazer as entrevistas, não se tratava de algo abstrato ou que o aluno estivesse sendo colocado em situação totalmente nova. Apesar do objetivo ser uma investigação

científica sobre conceitos da Física, o próprio entrevistador chama a atenção do aluno para o fato de que o modelo pode ser comparado a um banco de praça que é uma situação totalmente corriqueira.

Podemos então categorizar os *invariantes operatórios* (conceitos e teoremas em ação) que foram externalizados pelos alunos durante a entrevista como, impeditivos e não impeditivos, na busca de subsidiar a elaboração de uma metodologia de ensino que possa promover uma evolução conceitual no campo do EECR.

- **São *invariantes operatórios não impeditivos*:** a maioria dos alunos acredita que a compreensão da situação de equilíbrio, está no fato de se estabelecer uma relação de equilíbrio entre as forças que atuam na estrutura e a maioria faz uso da 3ª lei de Newton para suas argumentações mesmo que isto não ocorra de forma consciente.
- **São *invariantes operatórios impeditivos*:** alguns alunos não associaram a situação de equilíbrio à ausência de movimento, não fizeram uso do conceito de força peso de forma adequada, já que tinham estudado este conteúdo, como sendo uma força vetorial que tem direção vertical e sentido de cima para baixo e nenhum aluno consegue, compreender, visualizar ou argumentar a respeito do movimento que a estrutura poderá realizar com a retirada de um dos apoios, como sendo um movimento de rotação.

No item seguinte 4.3, faremos a descrição da elaboração da simulação usando o software Modellus, tomando-se como referência os *invariantes operatórios* identificados, tanto os impeditivos como os não impeditivos para pudéssemos elaborar uma situação problema que estimule o aluno a uma interação sujeito-situação capaz de lhe proporcionar uma aprendizagem significativa. Cabe aqui lembrar que a situação a que nos referimos não é uma situação didática, mas uma situação problema, onde o aluno possa evocar seus esquemas de assimilação de forma a solucioná-la.

4.3 Elaboração e produção da simulação no Modellus

Dando seqüência ao processo de investigação de uma possível evolução conceitual no campo do equilíbrio estático dos corpos rígidos, elaboramos uma simulação usando o

software Modellus. Para fazermos esta elaboração estabelecemos que os dados coletados na etapa de pré-teste deveriam ser utilizados para nortear e fundamentar a elaboração da simulação. Como então utilizaríamos os dados do pré-teste?

Na produção da simulação iniciamos por escolher o modelo da estrutura em equilíbrio que queríamos que os alunos trabalhassem. Optamos por utilizar um modelo semelhante ao modelo concreto que foi utilizado nas entrevistas do pré-teste, pois desta forma teríamos condições de comparar os resultados das entrevistas dos alunos após o uso do software como os resultados obtidos no pré-teste.

A estrutura consiste de uma barra apoiada em suas extremidades, possuindo a mesma um peso próprio e um peso extra sobre ela. Durante a aula expositiva os alunos tiveram conhecimento sobre as condições de equilíbrio de um corpo estático e como podemos formalizar matematicamente essas condições.

Com base na Tabela 1 de identificação de conceitos e teoremas-em-ação e na classificação de invariantes operatórios não impeditivos e invariantes operatórios impeditivos de uma evolução conceitual no campo do EECR como consta no item 4.2, estabelecemos que a elaboração da simulação deveria atender aos seguintes requisitos:

4.3.1 – Forças de Ação e Reação

Constamos nas análises das entrevistas de pré-teste que os alunos acreditam que em uma situação de equilíbrio estático deve haver um equilíbrio de forças atuantes na estrutura. Este fato é evidenciado através das falas dos alunos e quando os alunos fazem uso dos vetores para descrever tal situação. Inferimos a respeito deste fato que mesmo de forma inconsciente, os alunos fazem uso da Terceira Lei de Newton, para estabelecer quais são os fatores que envolvem uma situação de equilíbrio estático.

Procuramos elaborar uma simulação em que ficasse evidenciado que as forças são representadas por vetores e que durante o manuseio do software fosse possível visualizar essas representações.

As etapas seguintes consistiram na inserção das fórmulas no software, como mostra a Figura 11, onde as variáveis que poderiam ser manipuladas pelos alunos são: o peso próprio da barra (P), o peso extra (P_1), a distância (X) de P_1 , em relação ao apoio esquerdo e o comprimento da barra. As fórmulas foram inseridas no software de forma que o resultado da simulação fossem os valores das reações normal de apoio, denominadas reação no apoio A (R_A) reação no apoio B (R_B). A simulação foi construída juntamente com os alunos, pois só

assim eles poderiam saber o porquê e como as formulas foram trabalhadas para se obedecer as condições de equilíbrio de um corpo rígido.

O formalismo matemático dado a esta situação de equilíbrio foi discutido com os alunos durante as aulas expositivas. Com o conhecimento das condições de equilíbrio de um corpo rígido estabelecida em função do cálculo da resultante de forças que agem na estrutura, foi possível definir as fórmulas que seriam utilizadas na construção da simulação. Conforme o quadro abaixo:

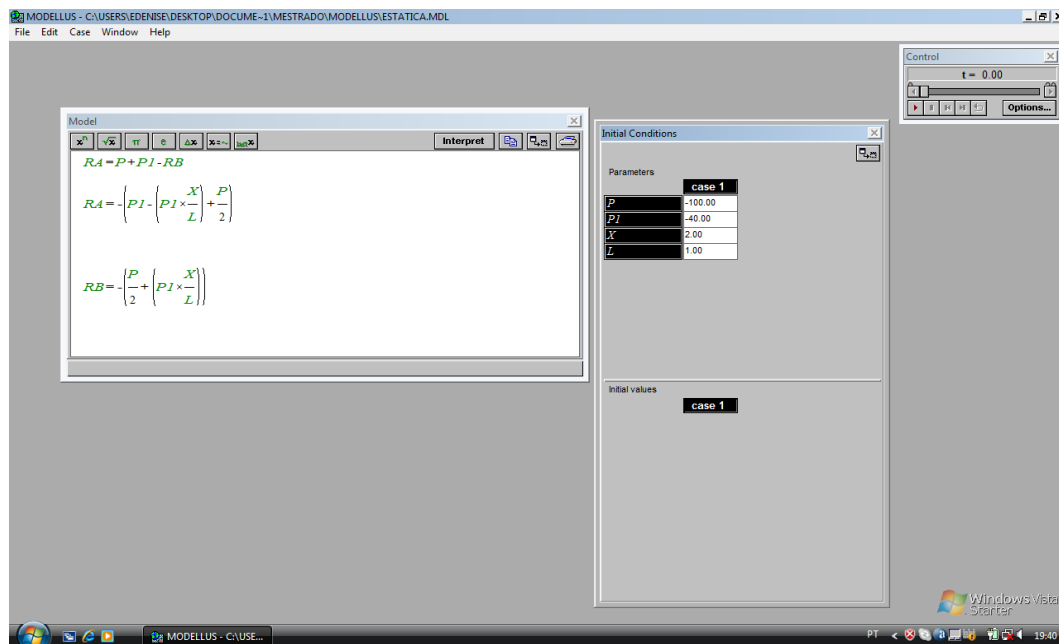


Figura 11 - Definição das variáveis na tela do Modellus

Utilizamos os resultados do pré teste no sentido de elaborar uma simulação em que fosse possível evidenciar que as forças de ação e reação são *conceitos-em-ação* pertencentes ao campo do equilíbrio estático dos corpos rígidos. Quando as preposições relativas a estes conceitos fossem verdadeiras, isto é, os alunos compreendessem que para toda força de ação corresponde a uma reação de mesma intensidade e sentido contrário, poderíamos então ter as representações vetoriais vistas na tela do computador. Isto aparece na simulação criada no Modellus, quando vetores são associados às variáveis P, P₁, R_A e R_B. (Figura 12)

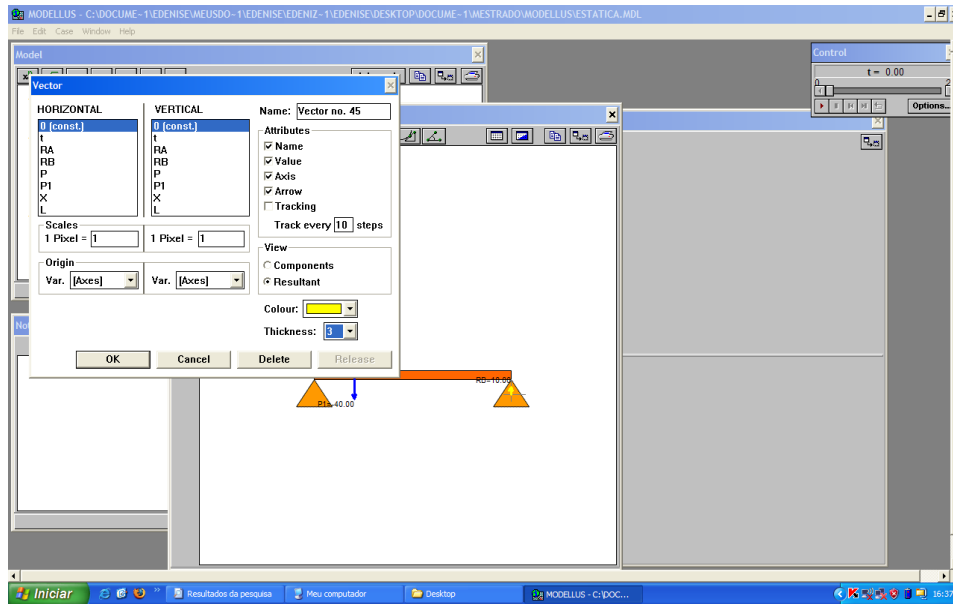


Figura 12 - Vetores

4.3.2 – Direção e Sentido dos Vetores (Força Peso)

Na inserção das fórmulas, procurou-se trabalhar com um formalismo matemático em que fosse necessário que o aluno trabalhasse com a notação do vetor força peso, como sendo um segmento de reta orientado na direção vertical e sentido para baixo. Para isto durante o manuseio do software seria necessário que o aluno, ao incluir um determinado valor para a força peso da estrutura (P), o mesmo fosse precedido de um sinal negativo.

4.3.3 – Alteração da situação de equilíbrio estático (Desequilíbrio)

Como resultado de levantamento das concepções alternativas dos alunos sobre o equilíbrio estático dos corpos rígidos, podemos verificar que quando são feitas alterações na estrutura que possivelmente caracterizariam uma condição de equilíbrio, os alunos entrevistados demonstraram não compreender um possível movimento de rotação (Torque) na estrutura.

A forma encontrada para trabalhar essa situação na simulação, foi a de fazer observações durante o uso do software dos valores numéricos que seriam necessários para que esta situação fosse representada pelo programa, ou seja, procuraríamos atribuir valores ao peso de forma que uma das reações nos apoios fossem igual a zero. Ao trabalharmos esses tópicos podemos constatar também as nossas limitações em relação ao domínio das

funcionalidades que o software nos oferece, ou seja, nos faltou conhecimentos mais aprimorados sobre o uso do programa para que pudéssemos utilizar todas as suas funcionalidades, inclusive o uso de vídeos que enriquecesse a simulação.

4.4 Resultados da entrevista do pós-teste

Para a análise das entrevistas do pós-teste, procuramos fazer um estudo comparativo entre *os invariantes operatórios* que foram possíveis de identificar no pré-teste, e quais alterações nas falas dos alunos, poderiam configurar uma evolução conceitual no campo do EECR, quando analisamos as entrevistas de pós-teste e a partir do discurso dos alunos, procuramos verificar se os *invariantes operatórios* categorizados, no item 4.2 deste capítulo como *impeditivos* de uma evolução conceitual no campo do EECR foram superados ou evoluíram para conceitos cientificamente aceitos após o uso do software.

A análise do conteúdo das entrevistas deste trabalho, conforme a fundamentação utilizada nas entrevistas de pré-teste, também se fundamentou nas técnicas de análises descritas por Bardin (1997), após as transcrições das gravações, utilizamos a técnica de *codificação*, categorizando as respostas dadas pelos alunos em *conhecimento-em-ação* e *teoremas-emação pertencente ao campo conceitual do EECR*.

4.4.1 – Estruturação da entrevista do pós-teste

Durante a entrevista de pós-teste o professor questionava o aluno à medida que ele ia utilizando a simulação no Modellus. As perguntas iniciais do professor procuravam seguir a mesma seqüência de perguntas feitas durante a entrevista de pré-teste. Os alunos entrevistados no pós-teste foram os mesmo alunos entrevistados na fase anterior. Ao contrário das entrevistas de pré-teste os alunos não demonstraram nenhum desconforto em ser entrevistados na presença dos colegas. As entrevistas durante o pós-teste foram organizar em quatro blocos com as seguintes denominações e objetivos citados abaixo:

1 – O conceito de Equilíbrio Estático

Neste bloco o entrevistador relembra ao aluno entrevistado que durante a entrevista de pré-teste ele foi orientado a falar sobre suas concepções a respeito do conceito de equilíbrio. Então o entrevistado solicita que o aluno expresse verbalmente suas concepções sobre

equilíbrio após ter passado pelo processo de ensino e aprendizagem utilizado na realização desse trabalho de pesquisa.

2 – Identificação e representação de forças atuantes na estrutura

Diante da tela do computador, manipulando o modelo criado no software os alunos são entrevistados para concomitante ao uso da simulação, falassem a respeito de como identificar e representar as forças atuantes na estrutura que lhes foi apresentada.

3 – Condições de equilíbrio estático de um corpo rígido

A identificação das condições de equilíbrio é um ponto fundamental para o entendimento do EECR (SERWAY, 1992), por isto neste bloco os alunos são questionados sobre em que condições podemos afirmar que um corpo rígido está em equilíbrio estático. Entendemos que na compreensão por parte dos alunos das condições de equilíbrio de uma estrutura estática é possível fazer uso de conhecimentos-em-ação através de conceitos de teoremas, que possivelmente apresentem o conhecimento científico relativo ao campo conceitual do EECR.

4.4.2 – Interpretação da entrevista do pós-teste

A seguir apresentamos os resultados mais relevantes extraídos das falas dos alunos durante a entrevista do pós-teste.

1 – O conceito de Equilíbrio Estático

A1: Equilíbrio é quando não está em movimento nem na horizontal, nem na vertical e nem rotacionando.

A2: Conforme eu aprendi o que a senhora explicou, o equilíbrio é a metade aqui (o aluno aponta para a simulação que aparece na tela do computador [...]) se dividir o bloco na metade [...] se for 100 a força peso, R_A que é a reação aqui nesse apoio vai ser a mesma que R_B . A3: Equilíbrio é quando eu tenho uma soma de vetores que estão atuando num objeto [...] e o peso que é um vetor na vertical pra baixo.

A3: Equilíbrio é quando a gente tem uma soma de vetores atuando num objeto.

A4: *É quando a resultante de todas as forças que atuam na estrutura se tornem zero permitindo assim que não haja nem movimento de rotação nem translação. A estrutura quando ta em equilíbrio ela não ta se mexendo nem assim (o aluno faz um gesto com o dedo de movimento na horizontal) e nem assim (da mesma forma o aluno descreve um traço inclinado).*

A5: *Quando as forças atuantes são igual a zero.*

A6: *Percebi que equilíbrio é quando a soma das forças resultantes é nula, ou seja, é igual a zero e também quando a estrutura está estática.*

Fazendo uso das mesmas categorias de conceito de equilíbrio estabelecidas a partir das concepções prévias dos alunos durante do pré-teste, analisamos a seguir as respostas dadas durante a entrevista de pós-teste, para o mesmo questionamento sobre o conceito de equilíbrio.

a – O equilíbrio como resultante da equivalência de forças.

O aluno A2 exemplifica com valores numéricos para justificar o que é equilíbrio estático. Percebemos que os alunos A3, A4, A5 e A6, conceituam o equilíbrio como sendo uma equivalência de forças que atuam na estrutura. Apesar dos alunos A4 e A5, não utilizarem a palavra soma para expressar esse conceito. Os alunos A3 e A6 diferentemente da resposta dada do pré teste para o conceito de equilíbrio, não citam mais os apoios como um fato importante para analisar a situação de equilíbrio da estrutura. O *conceito-em-ação* de equilíbrio utilizado por esses alunos na situação que lhes foi apresentada continua sendo resultante da equivalência de forças e fazem sentido através de *teorema-em-ação* como os que aparecem na fala: “*não há movimento nem na horizontal, nem na vertical e nem rotacionando*” (A1). Observamos que os alunos utilizam conceitos provenientes do campo conceitual do EECR, pois estabelecem em suas falas as condições de equilíbrio estático pertencente ao campo conceitual do EECR, conforme citamos no item 2.3.2 do capítulo 2.

b – O equilíbrio existe quando há estática em uma estrutura.

Os alunos A4 e A6, além de considerarem a equivalência de forças para conceituar equilíbrio, também incluem em suas falas uma relação de equilíbrio com a ausência de movimentos em diferentes dimensões. O aluno A1 que na entrevista de pré teste associou o equilíbrio estático ao equilíbrio de forças atuantes na estrutura, conceitua nesta etapa da

pesquisa também o equilíbrio como a ausência de movimentos de translação e rotação da estrutura.

Observamos aqui que ainda existe uma forte relação do *conceito-em-ação* de equilíbrio nesta categoria diretamente relacionado com a cinética. No sentido de que o aluno associa a situação de equilíbrio à ausência de movimento. Os *teoremas-em-ação* continuam focando representações que surgem da cinética, tais como: “...*não tá em movimento...*” (A1) e não “...*não tá se mexendo...*” (A2).

Percebemos uma discreta evolução nos *teoremas-em-ação* utilizados pelos alunos nesta categoria, em comparação com a mesma categoria utilizada no pré-teste por parte dos alunos A3, A4 e A5, quando agora eles procuram estabelecer um *teorema-em-ação* mais direcionado para a o campo conceitual do EECR do que para a cinética, no que se refere à soma de forças resultante igual a zero, como garantia de uma situação de equilíbrio estático, conforme observamos nas transcrições das falas dos alunos A5 e A6, acima.

c – O equilíbrio ocorre quando existem forças de apoio ou apoio simplesmente.

Nenhum dos alunos entrevistados nesta etapa de pós teste faz referência a presença de apoios na estrutura para conceituar uma situação de equilíbrio estático da mesma. Nesta fase de pós-teste os alunos abandonaram a presença dos apoios para definir uma situação de equilíbrio. Interpretamos anteriormente, o fato dos alunos citarem os apoios como uma representação sensorial importante na definição de equilíbrio. Percebemos agora que possivelmente pelo uso da simulação no Modellus, o aluno foi submetido a um novo formato de representação e pode estar enxergando os apoios agora através de uma representação vetorial. Deixando de lado o *conceito-em-ação* vinculado a representação sensorial, isto é, não enxergando mais os “apoio” como objetos sensórios para equilibrar a estrutura.

2 – Identificação e representação de forças atuantes na estrutura

A1: *forças na vertical para cima que se igualam a zero [...] força peso na vertical para baixo [...] não existem forças na horizontal na estrutura.*

A2: *com o peso da metade a reação normal no apoio A e no apoio B são iguais [...] a força que está atuando nele é a força peso.*

A3: *o peso é vetor na vertical pra baixo.*

A4: *Quando todas as forças são zero não está ocorrendo movimento.*

A5: *Na estrutura tem a reação em A, a reação em B e o peso da estrutura.*

A6: *O peso do banco (estrutura) na vertical para baixo, o peso que vai atuar aqui do lado (peso extra) na vertical para baixo e as reações [...] reação ao peso do banco e ao banco e ao peso que foi colocado.*

Observamos nesta etapa da entrevista que os *conceitos-em-ação* para a identificação e representação das forças atuantes na estrutura, tais como “força vertical, força horizontal” (A1); “reação normal de apoio de A e B” (A2) e os *teoremas-em-ação* que citam diferentes indicações de direção e sentido das forças atuantes como podemos ver nas transcrições acima, apresentam-se mais pertinentes e significativos ao campo conceitual do EECR, pois os alunos, já demonstram a compreensão de que é necessário identificar as forças atuantes na estrutura para inferir se a situação é ou não de equilíbrio.

3– Condições de equilíbrio estático de um corpo rígido

A1: *não existem forças na horizontal [...] tem força na vertical pra cima e pra baixo elas são igualadas a zero [...] o momento de uma força é quando faz o somatório de todas as forças e iguala a zero.*

A2: *com relação à horizontal é zero [...] as forças na vertical é zero, a terceira condição é que o momento da força que pode ser zero ou depende da questão [...] se tirar esse apoio aqui a barra vai girar [...] e o peso ta puxando.*

A3: *vetores atuando no objeto e o peso.*

A4: *quando todas as forças são zero não ta ocorrendo movimento, então a estrutura realmente ta estática.*

A5: *identificar as forças que estão atuando [...] elas tem que ter mesma direção e sentidos contrários...*

A6: *a resultante das forças é zero.*

O *conceito-em-ação* para as condições de equilíbrio de um corpo rígido para o aluno A1 baseiam-se na existência ou não de forças atuando na estrutura: “*não existem forças na horizontal... existem forças na vertical (A1)*”. Com *conceitos-em-ação* tais como: “*igualadas a zero*” (A1); “*a horizontal é zero*” (A2); “*todas as forças são zero*” (A4) e a “*resultante das forças é zero*” (A6), podemos inferir que houve uma compreensão por parte dos alunos de que é preciso equacionar a atuação das forças na estrutura, em busca de uma resultante nula para que se caracterize uma situação de equilíbrio estático.

4.4.3 – Análise da entrevista do pós-teste

O aluno A1, quando questionado sobre o que é equilíbrio na situação problema que lhe proposta, faz uma referência sobre equilíbrio estar associado à ausência de movimentos.

O professor pede ao aluno que fale sobre como as forças que estão atuando na estrutura podem justificar essas condições de equilíbrio citadas por ele, através de uma análise que recorra a operações com vetores.

Durante a entrevista o professor pede que o aluno faça alterações nos valores da simulação e que ele faça uma análise e tire algumas conclusões sobre o que as alterações modificam em relação a forças que estão atuando na estrutura e suas condições de equilíbrio. O professor orienta o aluno a colocar o peso P_1 em uma posição sobre a estrutura que corresponde à metade do valor atribuído ao comprimento (L) da barra, como mostra a tela do Modellus na Figura 13. O professor pergunta ao aluno A1, qual é o valor do peso resultante que está agindo sobre a estrutura, o aluno prontamente faz a soma dos dois valores. Então o aluno observa que os valores nas reações dos apoios agora são iguais.

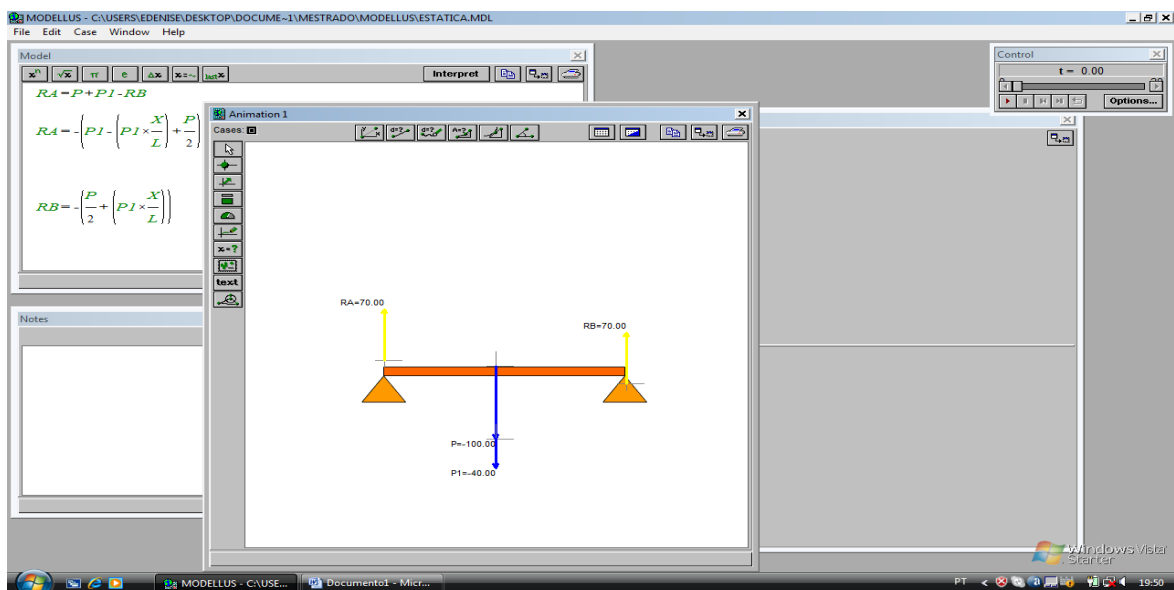


Figura 13 - Exemplo de Simulação aluno A1

O objetivo desta ação do professor foi investigar se o aluno continua usando o mesmo esquema cognitivo com base em conceitos e *teoremas-em-ação*, para analisar a situação de equilíbrio, que utilizou durante o pré-teste, ou seja, a organização do comportamento utilizada pelo aluno A1, para essa situação problema, não foi alterada.

Podemos inferir que as *metas de antecipação* que o aluno utiliza para evocar os *invariantes operatórios*, relativos à *situação*, continuam sendo utilizadas, mesmo após ter

passado por um processo de ensino que recorreu a metodologias de ensino tais como aulas expositivas e uso de simulação computacional.

Quando o aluno A1, foi requisitado a falar sobre o momento de uma força, o mesmo demonstrou muita insegurança tendo dificuldades de se expressar durante os questionamentos. Apesar deste aluno demonstrar algumas mudanças em relação à compreensão do campo conceitual do EECR, como, por exemplo, entender que equilíbrio neste contexto, está associado à ausência de movimento em diferentes direções, não podemos garantir que houve uma evolução de conceitos neste campo, pois o mesmo demonstrou utilizar os *ingredientes do esquema* de forma equivocada, isto é mesmo conseguindo assimilar que a resultante das forças que atuam no sistema seja igual a zero, para que se possa caracterizar uma situação de equilíbrio estático, o aluno A1, não consegue compreender como isso pode acontecer, pois eles entende que as forças devem “zerar”, inclusive a força peso. Os *invariantes operatórios* que são os conhecimentos contidos nos esquemas continuam praticamente inalterados para este aluno, tanto no que se refere aos *conceitos-em-ação*, como no que se refere aos *teoremas-em-ação*.

Sobre o que é equilíbrio durante o pós-teste, o aluno A2, diz: “conforme eu aprendi que a professora explicou”. A professora interrompe a fala do aluno e pergunta a estrutura está em equilíbrio significa o quê? O aluno continua: “que a metade aqui ó (o aluno aponta para a tela do programa) se dividir aqui a força peso vai está atuando, por exemplo, se for 100 a força peso, R_A que é essa reação normal nesse apoio aqui vai ser a mesma em R_B por que só tem o peso aqui não tem outro.

O professor perguntou o que está se equilibrando? Esta pergunta foi feita na seqüência da fala acima do aluno, com o objetivo de analisar se o aluno utiliza o termo equilíbrio com relação a uma operação matemática em que o resultado é zero, ou se ele utiliza para conceituar uma *situação* em que o corpo está em repouso.

Interpretamos durante a entrevista que quando o aluno analisa que quando as forças atuantes na estrutura tem resultado igual a zero, isto para ele significa que a estrutura está em repouso. O aluno A2, já havia externalizado na entrevista de pré-teste que o equilíbrio está associado a repouso. Mas em suas concepções prévias o aluno também argumenta que um corpo em equilíbrio também pode está em movimento em relação a alguma coisa. Após as transcrições percebemos que teria sido interessante pergunta a este aluno como ele poderia justificar através da mecânica newtoniana, que ele já havia estudado (as leis de Newton, MRU e outros conteúdos) que um corpo em equilíbrio também pode está em movimento, talvez sua

resposta nos fornecesse mais argumentos para discernirmos sobre o conceito de equilíbrio para esse aluno.

Quando o aluno A2, é questionado sobre o que ele entendeu em relação às condições de equilíbrio ele diz que uma das condições está associada ao fato de que as forças atuantes na estrutura na direção horizontal e na direção vertical têm que ser zero. Nesta argumentação do aluno observa-se que ainda há uma grande dificuldade do aluno em compreender que para a caracterização de uma situação de equilíbrio, a justificativa aceitável como conhecimento científico, estabelece que a soma resultante das forças que atuam no corpo na direção horizontal e na direção vertical seja igual a zero. O discurso do aluno A2, nos faz inferir que ele acredita que considerando estas condições de equilíbrio as forças atuantes na estrutura, quando “zeradas”, deixam de existir.

O aluno A2, também demonstra insegurança quando questionado sobre o momento de uma força, ele afirma que a soma dos momentos resultantes não necessariamente tem que ser igual a zero para que a estrutura esteja em equilíbrio. O professor sugere que o aluno observe as alterações feitas na simulação quando é alterado o valor de P_1 , para um valor bem superior ao peso P , por exemplo, de o peso $P = 100\text{ N}$, então faremos $P_1 = 200\text{ N}$, o aluno observa que os valores das reações são alterados e que R_B que está mais distante de P_1 , passa uma intensidade bem maior em relação ao valor anterior, como mostra a Figura 14:

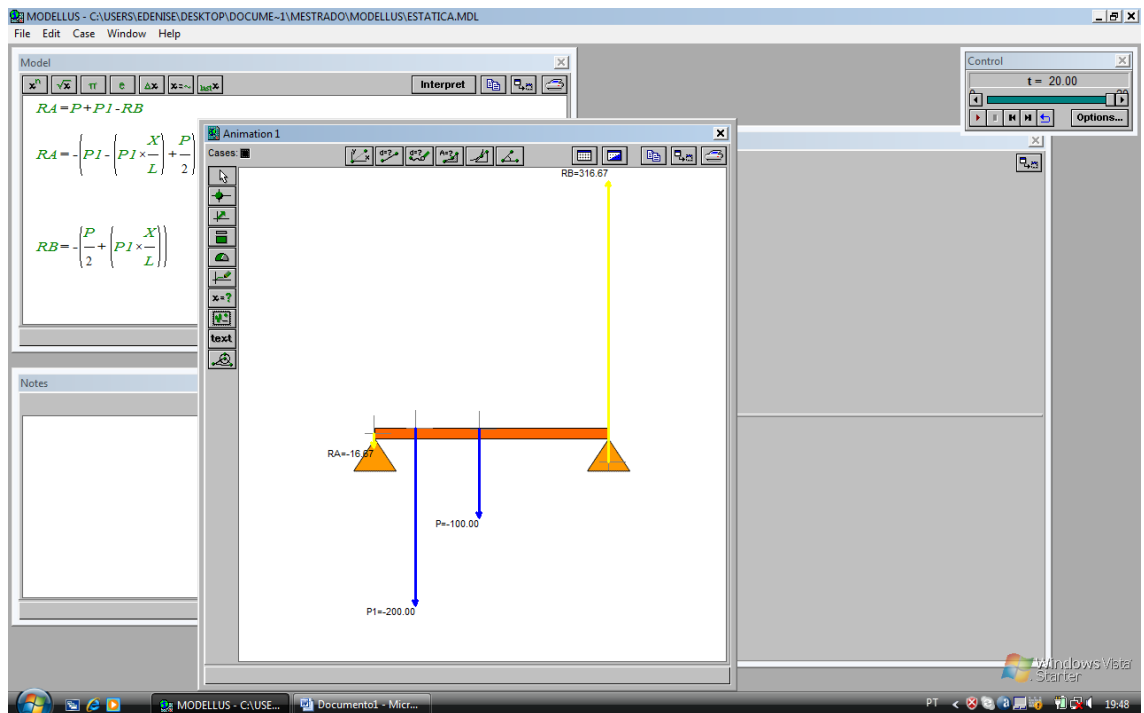


Figura 14 - Exemplo de Simulação aluno A2

O professor pede que o aluno explique porque isso acontece. O aluno responde que se a reação R_A , não compensasse o valor de P_1 , a estrutura faria um “giro”. No entanto durante a entrevista o aluno A2, demonstra insegurança quando questionado sobre o momento de uma força. Ele afirma que a soma dos momentos resultantes não necessariamente tem que ser igual a zero, para que a estrutura esteja em equilíbrio.

O uso do software Modellus, possibilita ao aluno uma maior abstração em relação ao uso de representações simbólicas para a *situação* de equilíbrio que lhe foi apresentada, pois anteriormente este aluno confundia os vetores utilizados para a representação das forças atuantes na estrutura no modelo concreto, como algo que se materializa e afirmou que o peso que ele estava considerando não era o peso da estrutura, mas o peso do vetor que ele utilizou para a representação da força, como está indicado como *conceitos-em-ação* na tabela do item 4.1.3, deste capítulo.

Podemos observar que este aluno continua a fazer uso dos mesmos *conceitos-em-ação* identificados anteriormente em suas concepções prévias, ou seja, Equilíbrio, Repouso, Movimento e Força, são pertinentes ao campo do EECR, no entanto houve uma evolução no que se refere ao *teoremas-em-ação* utilizando propriedades, que dão um sentido mais significativo aos conceitos, como por exemplo, quando o aluno não mais associa à condição de equilíbrio da estrutura a existência de forças nos apoios como sendo uma força que é inerente ao apoio, mas sim como uma reação aos pesos que estão sobre a estrutura.

O conceito de equilíbrio para a situação específica apresentada é quando tem vetores atuando em um objeto. Esta foi a resposta dada pelo aluno A3, quando o mesmo foi solicitado a falar o que ele entendia sobre equilíbrio estático, depois de ter assistido aula sobre EECR e usado uma simulação no Modellus, que foi elaborada para se fazer estudos em diferentes situações de equilíbrio estáticos.

O professor explica ao aluno A3, quais os objetivos da simulação e o orienta a usá-la. O aluno insere valores na simulação atribuindo valores para o peso da estrutura (P) e o peso extra (P_1), ao fazer isso o professor chama a atenção do aluno para o sentido dos vetores que ele inseriu e pergunta por que o vetor peso apareceu na tela da simulação com o sentido orientado de baixo para cima, o aluno não conseguiu compreender porque este fato aconteceu, nesse momento outro aluno A1, que estava assistindo a entrevista, fez uma intervenção e respondeu: “é porque você colocou o valor do peso positivo, por isso ele ficou como o sentido para cima”.

O aluno A3, não consegue usar a simulação estabelecendo uma relação com os questionamentos sobre o EECR. O professor solicita que o aluno resumidamente fale sobre o

que ele compreendeu do conteúdo de EECR. Houve novamente a intervenção dos alunos A1 e A3, em função da demora do aluno A3, em responder, pois o mesmo não conseguia se expressar sobre o tema.

Podemos observar que o aluno A3, desde a entrevista do pré-teste demonstrou pouquíssimas explicitações de seus pensamentos a respeito do tema investigado. Sua resposta para o que é equilíbrio durante a entrevista do pré-teste, resumiu-se a estabelecer uma relação entre equilíbrio e forças nos apoios.

Apesar de representar corretamente a direção e sentido da força peso, quando foi entrevistado no pré-teste, o aluno compreendeu a necessidade de inserir os valores para representar a força peso com um sinal negativo antes do valor numérico, quando fez uso da simulação.

É interessante observamos que este aluno A3, no pré-teste atribuiu as forças nos apoios, não como reações ao peso, mas como forças da Terra, o que pode configurar que ele procura fazer uma interpretação com base na terceira lei de Newton, ação e reação. Muito se pode concluir a respeito de uma evolução conceitual, para este aluno, pois não conseguimos durante que ele tornam-se explícitos seus *conceitos-em-ação* e *teoremas-em-ação*.

E teoremas somente serão teoremas se puderem ser explicitados, pois a partir da comunicação poderemos classificá-los como falsos ou verdadeiros, para dar sentido aos *conceitos-em-ação* que são pertinentes a um dado campo conceitual.

O aluno A4, afirma que a resultante das forças que atuam na estrutura se torne zero e isto faz com que não haja movimento de translação e nem de rotação. Este conceito está bem mais elaborado do que o conceito anteriormente dado a situação de equilíbrio, em que o aluno A4 associou a configuração de uma situação de equilíbrio, como matematicamente justificada pelo balanceamento de forças que deveriam existir na estrutura, ou seja, sempre que uma força for representada para baixo, seria necessário que outra força fosse representada para cima, para que existisse um “percentual” que permitisse que a estrutura ficasse estática (ver figura-8).

Para este aluno as palavras estático e equilíbrio têm o mesmo significado no contexto da situação problema apresentada. Durante a entrevista do pós-teste o aluno deixa de lado seus argumentos de balanceamento de forças, para justificar a situação de equilíbrio e concentra a maior parte de suas argumentações em explicitar que a resultante das forças que atuam na estrutura deve ser igual a zero. Porém percebe-se que o aluno não está seguro quando afirma que são as resultantes que tem que ser igual a zero. Em algumas frases o aluno A4, diz que as forças devem ser iguais a zero e não a resultante delas.

O aluno A5 conceitua equilíbrio afirmando que a força resultante tem que ser igual à zero, consegue identificar na estrutura as forças e as reações, durante o uso do programa inicialmente não consegue explicar por que as forças que representam peso são verticais para baixo. Pois quando faz uso da simulação não atenta para o sinal negativo que as forças que representam peso devem ter para que o sentido da força seja representado para baixo na simulação. As condições de equilíbrio para esse aluno resumem-se ao fato que todas as forças tem que ter mesma direção e sentidos contrários.

Este aluno tem grande dificuldade de se expressar como também foi verificado na entrevista do pré teste. Numa tentativa de fazer o aluno externalizar seus pensamentos o entrevistador fez várias intervenções, no sentido de instigá-lo a responder mais claramente. No entanto os resultados não foram satisfatórios.

Quando utiliza o termo rotação para explicar que um a estrutura em equilíbrio não gira. O aluno A6, não faz referencia ao momento de um a força ou o qual o significado desta grandeza no estudo do EECR.

Quanto ao uso da simulação no Modellus, o aluno enfatiza sua contribuição para o aprendizado dos conceitos no campo do EECR, como um facilitador para a visualização dos vetores representados na estrutura: *”quando a gente coloca no programa os valores ele representa os vetores aí é mais fácil de entender o que o professor ta pedindo.”*

Os *teoremas-em-ação* utilizados por este aluno durante a entrevista de pós-teste, forma modificados para dar sentido aos conceitos que ele já possuía sobre uma situação de equilíbrio. Observamos que maior demonstração de evolução conceitual para este aluno foi o fato dele compreender e até explicar com gestos que o equilíbrio estático de um corpo rígido está diretamente associado à ausência de movimentos.

Segundo a fala do aluno A5, suas concepções de equilíbrio estático resumem-se a: *“quando as forças resultantes forem igual a zero”*. Durante a manipulação dos valores na simulação criada no Modellus, o aluno A5, teve dificuldades em interpretar os resultados que a simulação lhe fornecia, por exemplo: semelhante ao aluno A3, o aluno A5, não consegue interpretar e compreender porque o vetor P_1 , que representa o peso do corpo extra colocado sobre a estrutura, fica com a direção orientada de cima para baixo.

Na entrevista percebemos que o aluno A5 usa as palavras banco e estrutura, sem conseguir fazer uma distinção entre elas. Quando o professor pede que ele explique o que ele denomina de banco e o que ele denomina de estrutura, ele responde que banco é figura completa e estrutura é a barra horizontal sobre os apoios. Na análise e interpretação das respostas do aluno A5, não podemos fazer comparações com as suas resposta anteriores, pois

durante a entrevista de pós-teste o aluno demonstrou claramente que tinha muita dificuldade em se expressar e as suas falas resumiam-se em responder sem muitos argumentos as perguntas do professor.

Neste caso em particular, o professor necessitou explicar suas perguntas de forma mais detalhada do que para os demais alunos entrevistados. Acreditamos que este fato influenciou negativamente nos resultados do pós-teste para este aluno.

As concepções prévias apresentada pelo aluno A5, conforme mostra o quadro no item 4.1.3, demonstram que seus *conhecimentos-em-ação* são pertinentes ao campo conceitual do EECR, no entanto durante o pós-teste não foi possível avaliar uma evolução conceitual no campo do EECR, no processo de aprendizagem deste aluno, pois o mesmo resumia-se em se expressar em relação ao tema apenas matematicamente.

O aluno A6, diz que: “*afirmar que uma estrutura está em equilíbrio é quando a soma das forças resultante é igual a zero e a estrutura está estática.*” Na simulação feita pelo aluno durante a gravação, ele insere valores para o peso próprio da estrutura $P = -100\text{N}$ e $P = -50\text{N}$. O professor pergunta por que os valores de P e P_1 são negativos, o aluno responde que isto vai definir o sentido das forças peso para que haja uma reação nos apoios.

Após obter os valores das reações, o professor solicita que o aluno explique qual a sua compreensão sobre o que representa as reações nos apoios. O aluno A6, responde que as reações nos apoios surgem” em reação ao peso do banco e do corpo extra colocado sobre a estrutura. Quando o aluno A6, usa as expressões: “o peso do banco” e “banco”, o professor solicita que ele fale a respeito destas expressões, questionando-o se ele considera que essas expressões tem um significado distinto no contexto da situação de equilíbrio apresentada, ou seja, o peso é do banco ou o peso é algo que existe, mas não pertence ao banco? O aluno responde enfaticamente esses questionamentos: “o peso é do banco”. O Professor lembra ao aluno que na entrevista de pré-teste ele não soube explicar se a força peso que existia na estrutura era da estrutura ou não

Sobre o momento de uma força o aluno A6 demonstrou não compreender qual o seu significado para se estabelecer as condições de equilíbrio de um corpo rígido.

Considerando as respostas anteriores, observamos que o aluno A6, continua organizando seus conhecimentos em relação à situação apresentada, condizente com o que Vergnaud, em sua teoria dos campos conceituais, denomina de *esquema*: A organização invariante do comportamento. O comportamento desde aluno mudou ante as classes de situações as quais ele foi submetido, pois se considerarmos a forma como esse aluno dá sentido aos conceitos que ele possui previamente sobre o equilíbrio de um corpo qualquer,

podemos inferir que os conhecimentos deste aluno em relação ao campo conceitual do EECR, evoluíram consideravelmente, basta analisarmos a forma que ele abandonou, na entrevista do pós-teste, o uso do termo “sustentação”, que foi frequentemente utilizado por ele na entrevista do pré-teste para definir equilíbrio e apoio. O aluno conclui a entrevista falando em como o uso do software auxilia na representação simbólica, através de vetores das forças que atuam em estrutura em equilíbrio estático.

Capítulo 5

Conclusão

A integração do uso de software educativo e teorias de aprendizagem é maneira mais eficiente de se obter resultados positivos em processos de ensino aprendizagem que buscam uma evolução conceitual. Para fazer uso desses softwares de forma adequada, através do planejamento de procedimentos, quer sejam de modelagem ou simulação, é de fundamental importância que conste desse planejamento um referencial que esteja intrinsecamente relacionado aos processos cognitivos do aprendiz.

Neste trabalho dissertativo, nos fundamentamos na teoria dos campos conceituais de Vergnaud, acreditando ser esta teoria da aprendizagem extremamente rica e pertinente aos objetivos dessa pesquisa. Vergnaud ao criar sua teoria para os campos conceituais das estruturas aditivas e multiplicativas, a fez através de um embasamento consideravelmente didático, isto é, considerou os processos de aprendizagem que ocorrem dentro da sala de aula.

Seguindo as propostas da teoria dos campos conceituais, iniciamos nosso trabalho em busca de uma evolução de conhecimento no campo conceitual do EECR, elaborando uma *situação problema*, pois para Vergnaud a *situação* é a porta de entrada da *conceitualização*. Tendo então a situação problema, objetivamos fazer com que os alunos pesquisados, quando frente à *situação*, evocam-se através de sua estrutura cognitiva, os *esquemas*, necessários para que suas ações tornem-se operatórias. Através de seus objetivos, antecipações, regras de ação, inferência e invariantes operatórios.

Os conhecimentos em ação contidos nos esquemas, através de *conceitos-em-ação* e *teoremas-em-ação*, apóiam-se em uma *conceitualização* implícita (Vergnaud, 1990). Seria necessário então tornar esta *conceitualização* explícita. Nasce então uma das grandes dúvidas para continuação desta pesquisa: segundo Vergnaud, os esquemas apóiam-se sempre em uma *conceitualização* implícita. Como saber se, nos alunos escolhidos para participar da pesquisa, existem *esquemas* disponíveis? Seria então necessário fazer com que os alunos tornam-se explícitos estes esquemas.

A escolha do método *think aloud*, contribuiu de forma positiva para superarmos este obstáculo. A definição prévia do perfil do aluno a ser entrevistado também foi um fator importante para que essa dúvida fosse sanada, pois escolhemos para entrevistar alguns alunos que em seu repertório, adquirido em um momento específico de seu desenvolvimento e sob

certas circunstâncias, haviam se deparado com situações de equilíbrio estático dos corpos mesmo sem saber do que se tratava, como por exemplo, perceber que a estrutura a ser analisada durante a entrevista, poderia ser comparada a um banco de praça.

Nas entrevistas para a investigação das concepções prévias ou alternativas, no campo conceitual do EECR, os alunos associaram a condição de equilíbrio de uma estrutura, a algo que está apoiado ou a algo que está parado, sem movimento. Concluímos das entrevistas prévias que as concepções dos alunos no que se refere *conceitos-em-ação*, que os mesmos eram pertinentes ao campo do EECR, no entanto inferimos que esses conceitos estavam sendo articulados pelos alunos de forma inadequada, resultando em preposições (*teoremas-em-ação*) que não poderiam ser considerados como cientificamente aceitos.

Concluímos nas análises das entrevistas de pré-teste que os conceitos que os alunos possuíam não eram considerados como conceitos científicos pelo fato de que os alunos querem atribuir aos conceitos científicos o mesmo significado que atribuem em situações de seu cotidiano. O uso da palavra equilíbrio no contexto da fala dos alunos demonstra claramente essa situação, pois os alunos explicitaram conhecimentos que foram construídos mediante suas interações com o meio.

Com base nessas informações passamos a etapa seguinte de desenvolvimento desse projeto. Nesta etapa, os resultados sobre como os alunos organizam seus comportamentos e reconhecem, através de seus *invariantes operatórios*, os conteúdos e propriedades pertencentes à situação, foram utilizados para a elaboração da metodologia de ensino, usando o software Modellus, com a finalidade de contribuir para a superação das dificuldades de aprendizagem em função de transpor ou mesmo abandonar, os *invariantes operatórios* que foram identificados como impeditivos no processo de evolução conceitual do EECR.

A contribuição da simulação usando o software Modellus, foi possibilitar que o aluno pudesse criar diferentes situações de equilíbrio, como sugere Vergnaud em sua teoria, alterando os valores e observando os resultados provocados por essas alterações, fazendo assim com que nesse processo de ensino aprendizagem, o aluno tivesse a oportunidade de apoiar-se em conhecimentos prévios, ou mesmo descartar alguns desses conhecimentos, rompendo com possíveis *invariantes operatórios*, dos quais ele fez uso na etapa inicial desta pesquisa, que poderiam estar impedindo uma evolução conceitual no campo do EECR. As maiores evoluções percebidas nos alunos, ficaram a cargo dos *novos teoremas-em-ação* articulados para os *conceitos-em-ação* que eles já possuíam, para permitir que esses teoremas evoluíssem para teoremas verdadeiros em relação ao que é considerado um conceito científico no campo do EECR.

Um dos focos desta pesquisa é a identificação dos *invariantes operatórios*, que são um dos ingredientes mais importantes do *esquema*. No entanto sabemos que seria impossível analisarmos os resultados deste projeto, sem consideramos outros elementos do *conceito*, tais como as representações simbólicas. A partir das representações simbólicas apresentadas pelos alunos, que elas têm uma contribuição significativa, quando o aluno vai explicitar seus conhecimentos. Observamos que após o uso da simulação no Modellus, os alunos modificaram seus conhecimentos em relação às representações envolvidas no campo do EECR, pois o software contribuiu para a visualização dos vetores, por exemplo, que iam sendo acrescentados a estrutura à medida que os alunos inseriam valores na simulação.

Como resultado deste trabalho de pesquisa, podemos destacar também que há realmente uma organização de comportamento, quando um esquema é evocado pelo aprendiz, para analisar ou compreender uma determinada *situação*. De acordo com Vergnaud (1998), não é o comportamento que é invariante, mas a organização desse comportamento. Isto se evidencia na atitude dos alunos entrevistados, nas duas etapas, pré e pós teste, em sempre associar o equilíbrio estático a um equilíbrio de forças, como se fosse um comparativo com a funcionalidade de uma balança, ou seja, para os alunos a força que atua de um lado da estrutura, tem que atuar do outro lado também, dessa forma haverá um equilíbrio estático.

No decorrer da pesquisa, principalmente durante a análise das gravações, verificamos que o grande desafio de se utilizar uma estratégia qualitativa em pesquisas na área de ensino é perceber que há uma interação entre o entrevistador e o entrevistado, que com certeza influenciam nos resultados da pesquisa. No entanto temos consciência de que seria impossível realizarmos esta pesquisa sem consideramos a possibilidade dessa interação, pois para Bogdan e Biklen (2008), as pesquisas qualitativas devem considerar que a experiência humana é mediada pela interpretação e que está se dá à medida que o indivíduo interage com o outro, é preciso então encontrar um “equilíbrio” entre o ser professor e ser o pesquisador, buscando uma identidade para esses papéis nesse novo mundo do ensino e da pesquisa em ensino.

Estratégias de ensino que fazem uso de recursos computacionais são emergentes em diversos trabalhos de pesquisa em ensino de Física, encontrados na literatura, ou mesmo na rotina da prática profissional de muitos professores. Essa pesquisa traz a oportunidade de acompanhar um processo em que concluímos que com o uso de um software é possível contribuir, para a evolução conceitual, neste caso especificamente do EECR, quando levamos em consideração que a simulação criada, permite que o aluno fazendo uso do repertório de

esquemas presente em sua estrutura cognitiva, terá a oportunidade de trabalhar os conceitos-em-ação pertencentes a este campo utilizando preposições verdadeiras.

Este fato é observado quando ao inserir valores na simulação é necessário que o aluno use de raciocínio para identificar o sentido através da definição do sinal (positivo ou negativo) que será atribuído ao valor numérico. É importante enfatizarmos que é preciso utilizar o software em consonância com outros elementos, tais como a teoria dos campos conceituais, para que esse uso seja uma ação planejada que traga resultados satisfatórios, contribuindo para que a construção do conhecimento científico em sala de aula seja um processo dinâmico e evolutivo.

Como objetivo alcançado através deste trabalho de pesquisa, podemos considerar que promover uma evolução conceitual nos processos de ensino e aprendizagem, não é uma substituição do conhecimento prévio em conhecimento científico, mas uma tentativa de compreender os caminhos percorridos pelos alunos em seus processos cognitivos que já estão enraizados em sua forma de pensar. Esse enraizamento consiste nos invariantes operatórios através de seus conceitos e *teoremas-em-ação*.

Durante o processo de desenvolvimento deste trabalho, procuramos através da identificação dos invariantes operatórios dos alunos, utilizarmos as formas de pensamento dos alunos para que essa forma de pensar contribuísse em um processo de evolução conceitual. Consideramos este objetivo alcançado quando fizemos uso das concepções alternativas dos alunos para o EECR, para a elaboração da aula expositiva e da simulação no Modellus.

Podemos identificar através deste trabalho que outros elementos da teoria dos campos conceituais podem ser utilizados como base para as investigações em processos de ensino e aprendizagem de ciências, tais como o papel das representações simbólicas nestes processos de ensino, tanto no enfoque do aluno como do professor. E como continuidade deste trabalho pretendemos, investigar o papel da *representação simbólica* em processos de evolução conceitual.

Referências

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Eduactional psychology: a cognitive view**. 2ª edição, Nova York, Holt, Rinehart and Wiston,1978.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Trad.Luis Antônio Reto e Augusto Pinheiro.Lisboa:Edição 70,2002.

BRANDÃO, R. V. **Investigando a aprendizagem do campo conceitual associado à modelagem científica por parte de professores de física do ensino médio**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física), Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

BOGDAN, R. BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: Uma Introdução à Teoria e a aos Métodos**. 1ª Edição, Lisboa, Porto Editora, 2003.

COSTA, S. S. C. ; MOREIRA, Marco Antonio . **Conhecimentos-em-ação: um exemplo em cinemática de um corpo rígido**. In: Marco Antonio Moreira. (Org.). A teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Investigação na área. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

DRIVER,R.et.all Construindo o conhecimento científico na sala de aula.**Revista Química Nova na Escola**. SP, 1999.Disponível em :<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/aluno.pdf> Acessado em 02 de maio de 2008.

DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. **Revista Educar**, Curitiba, n. 24, p. 213-225, 2004. Editora UFPR.

DUARTE, Rosália. Pesquisa qualitativa Reflexões sobre o trabalho de campo. **Cadernos de Pesquisa**, n. 115, março/ 2002.

ERICSSON, K. A., & Simon, H. A. Protocol analysis; Verbal reports as data.**Bradford books/MIT Press**. Cambridge, MA, 1993.:

FERRACIOLI, L;RABBI,M.Estudo preliminar de um módulo educacional sobre métodos numéricos de integração através da modelagem computacionalq uantitativa.**VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**,2000.Disponível em<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/vii/PDFs/PA104.pdf> acessado em 18 de julho de 2008.

FIOLHAIS, C; TRINDADE, J. Física no computador: O computador como uma ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, no. 3, Setembro, 2003.

FIREMAN, E.C., SANTOS, J. R.G. O ensino de Matemática e de Física integrado pela modelagem computacional. **IX Encontro Nacional de Educação Matemática**, Belo Horizonte, 2007. Disponível:<http://www.sbem.com.br/files/ix_enem/index.htm>Acessado em 18 de junho de 2008

GENTILE, P. Lembre-se: sem memória não há aprendizagem. **Revista Nova Escola**, São Paulo: Abril, jun./jul. 2003.

GRECA, I.M.; MOREIRA, M.A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes uma proposta representacional integradora. **Investigação em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.07, n.1, março. 2002. Disponível em http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n1/v7_nl_a2.html>Acesso em 13 de março de 2008.

GRECA, I.M.; MOREIRA, M.A. Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de Física. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências** Porto Alegre, v.05, n.1, março. 2003.

GODOY, L.A. Sobre La Estructura de La Analogias em Ciência, **Interciência**, v. 7, n. 8, p.422-429. agosto.2000

GRINGS, E.O., CABALLERO, C., MOREIRA, M.A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. **Revista Brasileira do Ensino de Física.**, vol.28, no. 4, p.463-471. 2006

MATHEUS, T.A.M., SOUSA, C.M.S.G., MOREIRA, M.A., A resolução de situações problemáticas experimentais em Física Geral a luz da teoria dos campos conceituais, XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Luiz-MA, 2008.

MÁXIMO, A. ALVARENGA, B. **Curso de Física**, volume 1, 6ª Ed. Scipione, São Paulo, 2006.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigação em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.07, n1, março 2002.

MOREIRA, M.A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MORTIMER, E.F. **Studying conceptual evolution in the classroom as conceptual profile change**. In: Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca, NY: Misconceptions Trust, 1993.

OLIVEIRA, Ricardo Bastos, **Uso do software Modellus como motivador e facilitador de aprendizagem em Física**. IV Simpósio Nacional do Ensino de Física (2000)

SANTOS, G. H. ALVES, L. MORET, M.A.; Modellus: Animações Interativas Mediando a Aprendizagem Significativa dos Conceitos de Física no Ensino Médio, **Sitientibus Série Ciências Físicas** 2006).

SERWAY, R. A. **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**, Editora LTC.1992

TALIM, S. L.; OLIVEIRA, J.; LEBOEUF, H. A. Construção e Validação de um Teste para Verificar a Compreensão das 1ª e 3ª Leis de Newton. **V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física**, 1998, Águas de Lindóia. Anais.

TEODORO, V.D. Tutorial Modellus, Disponível em, <<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/>> Acesso em 12 de fevereiro de 2008.

VASCONCELOS, Francisco Herbet Lima, A utilização de software educativo aplicado ao ensino de Física como uso de modelagem, **IV Simpósio Nacional do Ensino de Física** (2000).

VEIT, E.,TEODORO,V. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 24, no. 2, Junho, 2002.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In Nasser, L. (Ed.) Anais do **1º Seminário Internacional de Educação Matemática**, Rio de Janeiro. 1993

VERGNAUD, G.A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, Nº 4: 9-19. 1996

VERGNAUD,G.The nature of mathematical concept.In **Nunes,T. & Bryant,P.**(Eds)Learning and teaching mathematical, an international perspective.Hove(east Sussex), Psychology Press Ltd. 1997

VERGANUD,G.A comprehensive theory of representation for mathematics education.**Journal of Mathematical Behavior**. 1998.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Récherches em Didatique des Mathématiques**. 1990.

VILLANI, C. E. P. **As práticas discursivas argumentativas de alunos do ensino médio no laboratório didático de física.** Belo Horizonte (MG): Faculdade de Educação da UFMG, 2002. (Dissertação de Mestrado).

VYGOTSKY, Levy S. **A formação social da mente.** 2^a ed. brasileira. São Paulo, Martins Fontes. 1988.