

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



UTILIZAÇÃO DE TESTE QUANTITATIVO NA AVALIAÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES

ALEXA MARIA BALBINOT

ORIENTADOR: AGOSTINHO SERRANO DE ANDRADE NETO

Canoas, 2005.

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA



UTILIZAÇÃO DE TESTE QUANTITATIVO NA AVALIAÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES

ALEXA MARIA BALBINOT

ORIENTADOR: 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, 2005

DEDICATÓRIA

*Ao Gaspar, meu marido e aos
nossos filhos Luís Gustavo,
Daniel Augusto e Luísa Maria.*

AGRADECIMENTOS

A Deus que me fortaleceu nesta jornada.

Aos meus familiares que compreenderam minha ausência e colaboraram na solução das situações adversas.

Ao Professor, Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto, que sempre motivou e instigou o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor e coordenador do Curso de Mestrado, Dr. Arno Bayer, que demonstrando firmeza e segurança enriqueceu o mestrado.

Aos Professores do Mestrado, especialmente ao professor Edson, que transmitiu sentimentos de satisfação e realização na sua atuação como educador.

As amigas, Mari Reis, Izabel Andreatta, e Angelita Paixão, verdadeiras conselheiras nos momentos difíceis e de incertezas.

Aos colegas de mestrado pela alegre e amigável companhia.

Ao Daniel, secretário da coordenação do curso, sempre simpático, prestativo e solidário às nossas necessidades.

Uma sã e verdadeira filosofia da Natureza baseia-se na aparência das coisas, as quais nos conduzem, talvez contra nossa própria vontade, a princípios tais que neles se percebe claramente a melhor reflexão e o mais alto domínio do Ser mais sábio e poderoso.

Cotes

RESUMO

O estudo do mundo físico, à luz das ciências físicas, oferece ao estudante a oportunidade de relacionar-se, ao mesmo tempo, com o mundo através de observações experimentais, leis, princípios, conceitos e representações matemáticas. Ao relacioná-las, entre si e também com sua interpretação destes fenômenos físicos, os estudantes constroem seus próprios conhecimentos e concepções a cerca dos mesmos, de modo que estas concepções pessoais influenciam na aprendizagem dos conceitos científicos, como têm demonstrado pesquisas na literatura. Testes e estratégias, elaborados para avaliar e explorar estas concepções podem contribuir para o processo educativo. A presente pesquisa teve como objetivo investigar o teor, a frequência e as relações entre as concepções dos estudantes universitários de física em situações que envolvem o uso das grandes leis de conservação, mais especificamente em colisões mecânicas. Os testes foram elaborados a partir do estudo e utilização das concepções dos estudantes, em colisões mecânicas através das leis de conservação. Os mesmos foram aplicados, após o ensino tradicional do tema, nos cursos de Engenharia, Licenciatura em Física, Química, Matemática e cursos Tecnólogos. Após a aplicação, estes instrumentos foram analisados através de testes estatísticos para uma avaliação das concepções e suas relações entre as mesmas e conceitos, na resolução de situações-problema propostas aos estudantes. A partir dos resultados das análises foi possível identificar as concepções que mais se destacaram, suas possíveis influências na aprendizagem dos conceitos investigados e relações que os estudantes estabelecem entre as mesmas. Um dos resultados obtidos é que, se há uma hierarquia de concepções científicas, ao utilizar as leis de conservação em colisões, no topo desta estaria a lei de conservação da quantidade de movimento, possibilitando uma melhor compreensão dos demais conceitos, uma vez que este conceito tenha sido bem compreendido. Através da pesquisa concluiu-se que testes quantitativos, quando bem elaborados, possibilitam avaliar as concepções dos estudantes e pode-se, ainda, inferir que testes qualitativos e quantitativos podem medir os mesmos objetivos no desempenho educacional, demonstrando ser um bom recurso para avaliação e aprendizagem de conceitos físicos.

Palavras-chaves: Testes objetivos, concepções alternativas, conceitos em colisões.

ABSTRAT

The study of the physical world, in the framework of the physical sciences, offer the student the opportunity to relate himself, at the same time, to the world through experimental observations, law, principles, concepts and mathematical representations. Relating them with him and his own interpretation of the physical phenomena, students construct his own knowledge and conceptions about them, in such a way that these personal conceptions have a deep impact on the learning of physics concepts, as has been show by the published research. Tests and strategies, elaborated to assess and explore these conceptions can contribute to the educational process. This work aims the construction of a quantitative conceptual test to assess the frequency, meaning and relation among the conceptions of college students in physics. The tests have been elaborated by the study and usage of these conceptions by students, in mechanical collisions in the framework of conservation laws. These tests were applied, after traditional teaching of the subject, in engineering, mathematics and physics courses. After the application, these instruments were analyzed through statistical tests to assess the conceptions and their relations among themselves and with concepts, in problem-solving by students. From the results of the analysis it was possible to identify the conceptions that have been more used, their possible influence in learning the scientific concepts associated and the relation the students stabilized among themselves. One of the results obtained is that, if there is a hierarchy of scientific concepts, upon using conservation laws in mechanical collisions, in the very top of this hierarchy there is the momentum conservation law, making it possible a better understanding of the remaining concepts, if this concept is well understood. Through the research we conclude that quantitative tests, when well elaborated, make it possible the evaluation of student conceptions and show similar results to past qualitative research, thus being a good resource to assess learning of physical concepts.

Keywords: Objective tests, alternative conceptions, concepts in mechanical collisions.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO | 11 |
| 1 DELINEAMENTO DA PESQUISA | 14 |
| 1.1 Contextualização do problema da pesquisa | 14 |
| 1.2 Objetivos da pesquisa | 17 |
| 1.3 Importância dessa pesquisa para o ensino da física | 18 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 21 |
| 2.1 Enfoque teórico das abordagens quantitativo e qualitativo | 21 |
| 2.1.1 Fundamentação histórica dos enfoques quantitativo-realista e qualitativo-idealista | 22 |
| 2.1.2 Fundamentação epistemológica e metodológica dos enfoques quantitativo-realista e qualitativo-idealista | 24 |
| 2.2 Testes na avaliação do processo educativo..... | 27 |
| 2.2.1 Elaboração de testes objetivos | 29 |
| 2.3 Influência das concepções alternativas dos estudantes em ciências | 30 |
| 2.4 Mudança e evolução conceitual numa perspectiva de aprendizagem significativa | 33 |
| 3. METODOLOGIA | 37 |
| 3.1 Primeira fase da elaboração dos testes objetivos | 37 |
| 3.2 Elaboração dos testes aplicados nesta pesquisa..... | 39 |
| 3.3 Utilização das concepções dos estudantes e conceitos na elaboração dos testes..... | 42 |
| 3.4 Metodologia utilizada na aplicação e análise dos testes..... | 42 |
| 4 ANÁLISES DOS DADOS | 44 |
| 4.1 Análise das respostas nos testes de acordo com as concepções dos estudantes | 45 |
| 4.1.1 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no conceito 1 | 45 |
| 4.1.2 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no conceito 2 | 47 |
| 4.1.3 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no Conceito 3 | 48 |
| 4.1.4 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no Conceito 4 | 50 |
| 4.1.5 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no Conceito 5 | 51 |
| 4.1.6 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no Conceito 6 | 53 |
| 4.2 Análise das correlações entre conceitos nas alternativas de respostas dos estudantes .. | 54 |
| 4.2.1 Análise dos cruzamentos entre conceitos em Lei de conservação de energia | 55 |
| 4.2.2 Análise dos cruzamentos entre conceitos em Lei de conservação da quantidade de movimento | 56 |
| 4.2.3 Análise dos cruzamentos entre conceitos, das leis de conservação, ao definir as velocidades | 58 |
| 4.2.4 Análise dos cruzamentos entre conceitos que investigam a aplicação das duas leis de conservação | 62 |

| | |
|---|-----|
| 5 RESULTADOS DA PESQUISA..... | 68 |
| 5.1 Resultados das análises das concepções alternativas dos estudantes, antes da elaboração dos testes..... | 68 |
| 5.2 Resultados da análise dos dados do teste conceitual objetivo | 73 |
| 5.2.1 Teor e frequência das concepções apresentadas pelos estudantes | 74 |
| 5.2.2 Resultados das relações entre conceitos e concepções | 76 |
| 5.3 Alterações necessárias nos testes quantitativos | 78 |
| 5.3.1 Alterações no Teste 1 | 78 |
| 5.3.2 Alterações no Teste 2 | 79 |
| CONCLUSÃO..... | 82 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 85 |
| OBRAS CONSULTADAS | 89 |
| APÊNDICE A | 91 |
| INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS – TESTE 1..... | 91 |
| APÊNDICE B..... | 94 |
| INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS – TESTE 2..... | 94 |
| APÊNDICE C..... | 97 |
| TESTE 1 MODIFICADO | 97 |
| APÊNDICE D | 100 |
| TESTE 2 MODIFICADO | 100 |
| ANEXO A | 103 |
| INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS - PRÉ-TESTE | 103 |
| ANEXO B | 105 |
| RESULTADOS GERAIS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA | 105 |
| ANEXO C | 106 |
| RESULTADO DOS CRUZAMENTOS | 106 |
| ANEXO D | 115 |
| DISTRIBUIÇÃO DAS REPOSTAS DOS ESTUDANTES CIENTIFICAMENTE CORRETAS | 115 |

LISTA DOS GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1: Distribuição das concepções analisadas na questão 1, conceito 1 (Conservação de energia cinética, potencial e total)..... | 46 |
| Gráfico 3: Distribuição das concepções analisadas na questão 3, conceito 3 (Lei de conservação de quantidade de movimento) | 49 |
| Gráfico 4: Distribuição das concepções analisadas na questão 4, conceito 4 (Quantidade de movimento como grandeza vetorial)..... | 51 |
| Gráfico 5: Distribuição das concepções analisadas na questão 5, conceito 5 (Definir velocidades através das duas leis de conservação).. | 52 |
| Gráfico 6: Distribuição das concepções analisadas na questão 6, conceito 6 (Dependência entre as duas leis de conservação) | 53 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Cruzamento entre os conceitos na lei de conservação de energia - T1. | 55 |
| Tabela 2: Cruzamento entre os conceitos na lei de conservação de energia - T2. | 56 |
| Tabela 3: Cruzamento entre os conceitos na lei de conservação da quantidade de movimento - T1..... | 57 |
| Tabela 4: Cruzamento entre os conceitos na lei de conservação da quantidade de movimento - T2..... | 58 |
| Tabela 5: Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T1. | 59 |
| Tabela 6: Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T1. | 60 |
| Tabela 7: Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T2. | 61 |
| Tabela 8: Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T1. | 61 |
| Tabela 9: Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T2. | 62 |
| Tabela 10: Cruzamento entre conceitos que investigam a aplicação das duas leis de conservação - T1. | 63 |
| Tabela 11: Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T2. | 64 |
| Tabela 12: Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T2. | 65 |
| Tabela 13: Cruzamento entre conceitos, das leis de conservação, ao definir as velocidades T1 | 66 |
| Tabela 14: Cruzamento entre conceitos, das leis de conservação, ao definir as velocidades- T2..... | 66 |

INTRODUÇÃO

O ensino de Física pode ser considerado uma arte, cuja natureza do conhecimento oferece dificuldades, visto que, “o conhecimento englobado pela física forma um corpo articulado de modo complexo, e parte da dificuldade de se ensinar esta disciplina advém do fato de não reconhecermos ou considerarmos essa complexidade em toda a sua extensão” (ROBILOTTA, 1988, p.9). Utilizar estes conhecimentos de modo simplificado é muito complicado e pode torná-lo ininteligível aos estudantes.

Um modo de conhecer o mundo físico, caracteristicamente não formal, pode ser não verbal, e acontece num mundo de coisas as quais se atribui certo grau de realidade, podendo ser descrito como possível relacionamento, do tipo sentimento (PIETROCOLA, 2001). O acesso a esse mundo pode também ser feito por meio de palavras, imagens e intuições, onde a mente busca a intimidade do objeto a ser conhecido.

Uma outra forma de representar o conhecimento físico é através do formalismo matemático que constitui também uma fonte de problemas para o ensino. Este formalismo dá sustentação lógica a uma teoria física e significado a realidade. Assim, “o objetivo das ciências é uma descrição tão exata quanto possível dos fatos” (ASTOLFI & DEVELAY,

2003, p. 28). Entretanto, no ensino da física a nível básico, este significado se reduz apenas aos aspectos das relações lógico-matemáticas de uma teoria (ROBILOTTA, 1988).

Durante boa parte da década de 1980, a pesquisa em ensino se debruçou sobre o problema das concepções alternativas (DRIVER, 1986; VIENOT, 1979). Após as discussões entusiastas a cerca das ciências nos anos 1960 e 1970, a década de 1980 ficou marcada pelo balanço pedagógico do conhecimento científico. Segundo Santos (1998) muitos mitos ficaram sem serem testados sobre os propósitos do ensino da ciência, de modo que não resultou nenhuma certeza sobre como deveria ser o ensino: voltado para fatos, para conteúdos, para estruturas conceituais ou para processos da ciência. “O aluno constrói (reconstrói) seu próprio sistema cognitivo e, reciprocamente, ao aprender, deliberadamente, a utilizar o seu potencial de pensamento adquire uma ferramenta indispensável à formação de conceitos” (idem, p. 38).

Como resultados do movimento das concepções alternativas muitas, perspectivas sobre mudança conceitual foram originadas, mas pouco se produziu quanto à forma de ensinar e auxiliar os estudantes na construção de conceitos. Este fato justifica-se em pesquisas que investigam as concepções do professor sobre as ciências, influenciando no que ele ensina (fatos, conteúdos e procedimentos) e como ele ensina (técnicas e estratégias de ensino).

“O conceito científico não designa um fato bruto, mas uma relação que pode reaparecer em situações diversas, apresentando duas características inseparáveis: permitem explicar e prever” (ASTOLFI & DEVELAY, 2003, p.31). As teorias unem as leis, conceitos e fatos, numa unidade coerente, podendo ser compreendidas por um modelo (PIETROCOLA, 2001). Para haver um ensino efetivo dos conhecimentos físicos não é possível ignorar a

bagagem conceitual que o aluno traz ao se deparar com o ensino formal de Física na escola (PEDUZZI, 2001).

Segundo o Peduzzi e Peduzzi (2001), muitos professores consideram que apenas através da resolução de questões propostas o estudante demonstra sua compreensão dos assuntos estudados e prepara-se adequadamente para avaliação. “No entanto, a forma como tais listas são estruturadas, tanto por parte dos professores como pelos livros de texto, é passível de muitas críticas” (idem, p.103).

Os instrumentos de avaliação, qualitativos ou quantitativos, quando bem estruturados proporcionam testar a compreensão e capacidade de pensar criticamente, selecionar e aplicar princípios, resolver problemas novos e complexos, visando o domínio do conhecimento (VIANNA, 1978). Eles podem investigar e explorar idéias intuitivas dos estudantes, com o propósito de auxiliá-los na construção de conceitos científicos.

1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Este capítulo será destinado à contextualização da pesquisa. Inicialmente, serão abordados o problema em seu contexto e, posteriormente, os objetivos e importância desta pesquisa para o ensino da Física, tendo em vista que o ensino requer o desenvolvimento de estratégias didáticas que favoreçam a aprendizagem. É importante destacar que, ao se referir as estratégias didáticas, os testes ocupam lugar de destaque no processo ensino, aprendizagem e avaliação.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA

Esta pesquisa se propõe responder a seguinte pergunta: Qual o teor, frequência e relações entre as concepções alternativas de estudantes universitários de física, medidos por um teste quantitativo?

Inicialmente, através de uma revisão da literatura em áreas pertinentes à Educação em Ciências, constatou-se que os pesquisadores estão longe de defender pesquisa qualitativa

como a única metodologia (NIAZ, 1997). Segundo o autor, uma avaliação crítica de alguns suportes fundamentais de pesquisa qualitativa poderia facilitar a integração de programas de pesquisa qualitativo e quantitativo.

Pesquisas qualitativas em educação de ciências têm se destacado pela interpretação do conhecimento dos estudantes em relação às concepções trazidas do cotidiano (NIAZ, 1997). Essas idéias trazidas pelos estudantes diferem das idéias científicas aceitas e se mostram resistentes a mudanças (MALONEY et al., 2001). A identificação e estudo dessas concepções são de extrema relevância para o ensino da Física, já que elas ocupam um papel dominante nesta ciência (HESTENES, WELLS & SWACKHAMER, 1992; DRIVER, 1986).

Com relação à escolha do tema colisões mecânicas, através das leis de conservação, concordou-se com Grimellini-Tomasini (1993), quando relata que o mesmo permite articular vasta gama de fenômenos “em um padrão compacto e auto-consistente que proporciona para os estudantes um dos exemplos mais ilustrado das potencialidades da descrição de fenômenos naturais dado na Física e também pode contribuir para uma compreensão mais profundo do entendimento de campo” (p.169). Também reforçada, pelo fato de termos encontrado substanciais levantamentos sobre as concepções dos estudantes.

Tais pesquisas nesta área têm relatado que os estudantes de diferentes níveis de ensino apresentam dificuldades de aprendizagem. Essas dificuldades normalmente estão associadas a concepções alternativas dos estudantes representando uma barreira na abordagem do tema (VILLANI & PACCA, 1990; GRIMELLINI-TOMASINI, 1993; REIS, 2004). Assim, os resultados desses trabalhos tiveram um papel fundamental no desenvolvimento da presente pesquisa. É importante relatar que, particularmente no ensino médio, pouca importância tem

se dado ao ensino de colisões. Segundo Orquiza e Villani (1997) no Brasil o ensino de colisões, quando acontece, dificilmente passa da “fase de coleção de conceitos”, sendo, segundo os autores, o fato satisfatório para esses educadores (p. 10).

Foi a partir de pesquisas encontradas na literatura, de autores como Hestenes, Wells & Swackhamer (1992)¹ e Maloney e colaboradores (2001)², que emergiu a idéia de desenvolver um teste conceitual objetivo para ser utilizado com estudantes universitários. Nas pesquisas, os autores têm desenvolvido testes conceituais quantitativos que auxiliem os professores a avaliar não apenas o nível de conhecimento mas principalmente as concepções dos estudantes. Esta visão é de grande relevância para um ensino eficiente, pois para que isto ocorra é necessário um “conhecimento técnico de como os estudantes pensam e aprendem” (HESTENES, WELLS & SWACKHAMER, 1992 p. 141).

Um teste conceitual objetivo pode ser elaborado sem utilizar formalismos matemáticos (algoritmos e cálculos). Segundo Pozo (2000), na elaboração de testes desse tipo, ao invés de pedir ao estudante que defina alguns conceitos, propõe-se situações nas quais reconheça o significado de um conceito entre várias possibilidades que lhe são oferecidas. O reconhecimento do significado, nesse tipo de avaliação, é mais fácil que a evocação e, possivelmente, produzirá melhores níveis de rendimento.

O teste utilizado neste trabalho foi elaborado de forma a agrupar concepções espontâneas e científicas nas alternativas de respostas das questões propostas. Considerou-se de grande vantagem a utilização deste tipo de teste, devido a sua facilidade de correção e informações significativas que pode proporcionar sobre os erros mais comuns que os

¹ O trabalho destes autores investiga os conceitos de Força através do FCI (Inventário do Conceito de Força).

² Este trabalho investiga conceitos de Eletricidade e Magnetismo através do CSEM (Estudo Conceitual de Eletricidade e Magnetismo).

estudantes cometem em sua compreensão, quando bem planejado. Como exemplo de tais erros, Pozo (2000) considera a não-diferenciação entre os diferentes conceitos ou idéias prévias.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Conforme discutido na seção anterior, a presente pesquisa teve como objetivo investigar o teor, a frequência e as relações entre as concepções dos estudantes de física em situações que envolvem o uso das grandes leis de conservação, mais especificamente em colisões mecânicas. Um objetivo que naturalmente se segue ao supracitado é investigar a construção do mesmo teste, sendo o mesmo de caráter quantitativo e elaborado a partir das concepções alternativas dos estudantes, como é parte dos pressupostos desta pesquisa.

Além deste, a pesquisa buscou investigar os seguintes objetivos específicos:

- i) pesquisar as concepções alternativas dos estudantes relatadas em pesquisas anteriores sobre conceitos físicos utilizados no estudo de colisões mecânicas, através das leis de conservação;
- ii) utilizar as concepções pesquisadas na elaboração de teste conceitual objetivo;
- iii) verificar quais as concepções alternativas mais utilizadas pelos estudantes da amostra investigada;

- iv) investigar qual o vínculo, se houver, entre a situação problema apresentada aos estudantes e uma determinada concepção científica ou alternativa utilizada para resolvê-la;
- v) Investigar uma possível hierarquização de concepções científicas, ou seja, se uma concepção bem-estabelecida propicia maior compreensão dos demais conceitos investigados;
- vi) Investigar a ocorrência da mesma concepção alternativa ou científica em diferentes situações-problema.

A partir da validação deste teste espera-se gerar um conhecimento público, para que possa ser replicado por outros pesquisadores e professores de diferentes níveis de ensino, em conjunto com diferentes estratégias didáticas.

1.3 IMPORTÂNCIA DESSA PESQUISA PARA O ENSINO DA FÍSICA

Em relação às características intrínsecas do conhecimento físico e os processos pelos quais ele é gerado, Robilotta (1988) afirma que “mesmo dominando com fluência alguns elementos do conteúdo técnico da física, em geral compreendemos pouco de onde ele veio e o que é a física enquanto disciplina”. Segundo o autor, este é o aspecto cinzento e triste da Física. Assim, muito do que é ensinado em sala de aula não se relaciona claramente com situações do cotidiano, de forma que o estudante chega ao término do curso sem dar sentido a muitos conteúdos estudados, que em geral são vistos, pelo estudante, como desnecessários.

Este resultado, em geral, está relacionado aos processos de avaliação que normalmente são utilizados no ensino de Física. Conforme relatado na introdução do presente trabalho, as listas elaboradas e utilizadas por alguns professores priorizam a resolução de um grande número de problemas, essencialmente numéricos, que envolvem apenas cálculos algorítmicos e algébricos e, muitas vezes, com o emprego incorreto de conceitos, leis e princípios (PEDUZZI & PEDUZZI, 2001).

Importante lembrar que os conceitos, por constituir o eixo principal das matérias propostas nos currículos, apresentam peculiaridades e características, que determinam a natureza de sua aprendizagem, de seu ensino e da sua avaliação (POZO, 2000). Entretanto, para o autor, a aprendizagem de um conceito ocorre quando o estudante consegue estabelecer relações significativas com outros conceitos e conhecimentos prévios.

Neste contexto de avaliação da aprendizagem é necessário que o professor utilize estratégias que favoreçam a compreensão das concepções, sobre os diferentes conceitos, apresentadas pelos estudantes, de modo que, a avaliação comece com uma análise dos conhecimentos prévios dos estudantes e continue durante o próprio processo de aprendizagem (POZO, 2000). E, na utilização de técnicas de avaliação, não somente fazer uso de problemas numéricos (sem sentido para o estudante), mas que sejam propostas situações que evidenciem as suas concepções na compreensão do fenômeno.

Ao desenvolver testes para avaliar o desempenho dos estudantes, independentemente se o teste for objetivo ou de questões abertas, o professor deve preocupar-se com o que é significativo para a Educação. Os testes objetivos, segundo Vianna (1978) podem ser utilizados a fim de: a) medir qualquer objetivo educacional; b) testar compreensão e

capacidade de aplicar princípios; c) testar a capacidade de pensar criticamente; d) testar a capacidade de resolver situações novas; e) testar a capacidade de solucionar fatos e princípios relevantes, integrando-os para a solução de problemas complexos; f) encorajar os estudantes ao domínio do conhecimento.

Assim, todas as atividades de aprendizagem-ensino-avaliação que se desenvolvem em sala de aula devem ter como finalidade promover a aquisição de conceitos (POZO, 2000). E a aprendizagem de conceitos deve possibilitar ao estudante desenvolver autonomia na interpretação e compreensão de situações do mundo real. É através da compreensão científica dos conceitos que os estudantes podem ser capazes de transpor os conhecimentos físicos, de situações idealizadas, para situações reais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica, apresentada no presente capítulo, serão discutidos temas que constituem o suporte teórico desse trabalho. A proposta é discutir a questão dos paradigmas de pesquisa, quantitativo e qualitativo, numa abordagem teórica e metodológica (Seção 2.1.2) e esclarecer que a escolha por um método de pesquisa requer um conhecimento do conjunto de elementos existentes em diferentes níveis, porém conectados para formar o todo: o processo de pesquisa. Esta proposta estende-se ainda a influência das concepções alternativas dos estudantes no ensino de ciências (em especial física), suas implicações e contribuições na construção de estratégias de ensino.

2.1 ENFOQUE TEÓRICO DAS ABORDAGENS QUANTITATIVO E QUALITATIVO

Em pesquisa educacional, iniciantes demonstram ter dificuldade na escolha do enfoque metodológico a ser utilizado na construção de projeto de pesquisa. Estes gostariam de encontrar normas específicas para a abordagem de um ou outro método, o que seria inviável

frente à diversidade de áreas de pesquisa, objeto, foco, amostragem, valores, realidades, etc. Estas preocupações com as opções técnicas e metodológicas estão longe de serem resolvidas, tornando-se necessárias reflexões sobre o tema, estabelecendo conexões entre teorias e práticas de pesquisa dentro destes enfoques.

Nesta sessão serão abordados os dois principais enfoques referentes às técnicas e métodos de pesquisa na educação: o quantitativo-realista e qualitativo-idealista. Há mais de duas décadas, ambas as abordagens vêm sendo utilizadas, fomentando discussões, críticas e dúvidas a cerca da escolha mais adequada, não apenas entre os iniciantes, mas inclusive entre os especialistas na área. Entende-se que uma breve análise das bases históricas, epistemológicas e metodológicas destas discussões contribuirá para um melhor entendimento da situação atual.

2.1.1 Fundamentação histórica dos enfoques quantitativo-realista e qualitativo-idealista

As indagações em torno da utilização dos modelos de pesquisa na área da educação não são exclusivas dos dias atuais, foram instigadas e confrontadas ainda no século XIX (SANTOS FILHO, 2002). As discussões referentes ao melhor método a ser aplicado em pesquisa educacional estão fundamentadas em questões filosóficas e epistemológicas. Os paradigmas de pesquisa, quantitativo-realista e qualitativo-idealista, estarão sempre em evolução visto que as idéias defendidas em cada modelo representam uma “visão de mundo” na investigação científica.

Inicialmente pesquisadores e filósofos acreditavam que as ciências humanas podiam ser investigadas através dos métodos utilizados nas ciências físicas, devido à credibilidade

destes métodos. Comte, Stuart Mill, Durkheim defendiam a unidade das ciências, e, portanto, a legitimidade do uso do mesmo método para todas as ciências. Esta idéia norteou pesquisas nesta área durante décadas, até que Dilthey, Weber, Husserl, Habermas passaram a defender um método científico específico para as ciências sociais e humanas (SANTOS FILHO, 2002).

Quanto ao método científico das ciências naturais vale destacar três características básicas: a primeira defende o dualismo epistemológico, (a radical separação entre o sujeito e o objeto do conhecimento), a segunda vê a ciência social como neutra ou livre de valores e a terceira considera que o objeto da ciência social é encontrar regularidades e relações entre os fenômenos sociais (op. cit.).

Comte e Stuart Mill tiveram suas idéias fundamentadas na tradição positivista-empirista. Para Comte a sociedade era um organismo com leis próprias e o estudo da psicologia não seria possível, visto que a mente humana não seria diretamente observável. Já Stuart Mill, defendeu que as leis sociais poderiam ser reduzidas às leis do comportamento (Reduccionismo) de modo que o estudo da psicologia se sobrepõe ao da sociedade.

Durkheim, confirmava as idéias de Comte, estabelecendo que fatos sociais, tais como leis e costumes, têm poder coercitivo sobre os indivíduos. Segundo Durkheim, o fenômeno social tem o mesmo status do fenômeno físico porque é independente da consciência humana e pode ser investigado através da experiência dos sentidos e da observação (SANTOS, 2002). Através destas idéias, a psicologia e a educação desenvolveram-se ao longo do século XIX, até os anos 1970, no paradigma das ciências naturais. Neste período surgiram, também, as críticas de Dilthey, Rickert e Max Weber que contrariaram a abordagem positivista e

contribuíram para o desenvolvimento das ciências sociais na tradição filosófica interpretativo-idealista.

As idéias fundamentais defendidas por estes autores, em relação ao método qualitativo-idealista, estabelecem que: a) as ciências sociais não lidam com objetos inanimados; b) a sociedade é o resultado da intenção humana consciente; c) existe uma inter-relação entre o objeto pesquisado e o investigador; d) a busca de regularidades, ou leis causais, não se aplica às ciências sociais; e) estudos humanos deveriam ser descritivos e não explanatórios; f) o propósito das ciências sociais consistiria em buscar uma compreensão interpretativa dos fatos estudados.

2.1.2 Fundamentação epistemológica e metodológica dos enfoques quantitativo-realista e qualitativo-idealista

A explanação feita nesta seção visa possibilitar uma análise de questões epistemológicas e metodológicas destas abordagens de pesquisa, uma vez que as técnicas e práticas de pesquisa deveriam estar conectadas a uma visão de mundo, do conhecimento e do objeto de estudo. Em toda investigação científica deve haver uma preocupação com articulação dos aspectos instrumentais e práticos, com os fundamentos teóricos e seus pressupostos filosóficos. A discussão destes elementos permite uma articulação entre as técnicas, os métodos e os paradigmas epistemológicos.

As opções técnicas estão diretamente relacionadas às metas a serem atingidas e aos procedimentos desenvolvidos na pesquisa científica, representando a própria construção do método de investigação. “A técnica é a expressão prático-instrumental do método, sendo este

uma teoria científica em ação. As teorias são maneiras diversas de ordenar o real, de articular os diversos aspectos de um processo global e de explicitar uma visão de conjunto” (SANTOS FILHO, 2002, p. 87-88). Assim, os métodos só têm sentido quando inseridos no modelo ou paradigma científico, sendo que na prática as relações entre os métodos e as técnicas não têm sido claras para pesquisadores iniciantes.

Do ponto de vista epistemológico, os métodos devem ser entendidos como modos diversos de relacionar a realidade aos pressupostos teóricos, ao estudo do objeto, à construção dos instrumentos e à abordagem conceitual. Segundo De Bruyne e colaboradores (1975, apud HÉBERT, GOYETTE & BOUTEN, 1990, p.17) “o pólo epistemológico é o motor de pesquisa do investigador” na construção do objeto científico.

Do ponto de vista metodológico, pesquisas em educação vêm sendo dominadas por paradigmas clássicos: um inspirado na metodologia das ciências naturais que enfatizam observações empíricas quantificáveis e adequadas para tratamentos estatísticos; o outro derivado da área humanística com ênfase em informações holísticas e qualitativas, com enfoques interpretativos (MOREIRA, 2002).

Ao estabelecer um paralelo entre esses dois enfoques Moreira (2002) descreve que em relação ao paradigma qualitativo-realista como método indutivo usa técnicas etnográficas, estudos de caso, antropologia educativa, ocupando-se da observação participativa; significados individuais e contextuais; interpretação, desenvolvimento de hipóteses; particularização, fazendo uso de estatística descritiva. Já em relação ao paradigma quantitativo-idealista, este utiliza o modelo das ciências físicas para investigar o mundo social e humano. Neste modelo hipotético-dedutivo faz-se uso de desenhos experimentais, quase

experimentais e correlacionais; testes de hipóteses; instrumentos válidos e fidedignos; testes de significância; amostra; inferência estatística; generalização.

A retomada da discussão sobre o dualismo quantidade-qualidade não pode ser mantido no nível técnico, como parece ter sido o teor predominante da controvérsia na década de 1990. Na medida em que outros elementos constitutivos do processo de produção do conhecimento são recuperados, a importância do debate sobre as técnicas qualitativas ou quantitativas torna-se relativa. Quando isso ocorre, o debate sobre as alternativas da pesquisa adquire enfoques epistemológicos. “Esses enfoques, entendidos como lógicas reconstituídas, integram maior ou menor coerência outros elementos, incluindo as técnicas, dentro de um todo que articula desde os instrumentos de coleta de dados até a visão de mundo e os interesses cognitivos que os pesquisadores exprimem no processo de construção do conhecimento” (SANTOS FILHO, 2002, p.90).

O esclarecimento destas dúvidas e críticas, a iniciantes e especialistas, requer, necessariamente, estudos e reflexões sobre as conexões existentes entre os elementos e níveis de ambas as abordagens, contribuindo para evolução na qualidade da pesquisa científica. Na elaboração e análise do instrumento de pesquisa predominou o enfoque quantitativo, uma vez que a idéia central deste trabalho foi a elaboração e aplicação de testes objetivos úteis para o ensino de física (ver próxima seção e cap. 3).

2.2 TESTES NA AVALIAÇÃO DO PROCESSO EDUCATIVO

A pesquisa em ensino de ciências propõe a investigação de fenômenos relacionados ao ensino, entretanto, é necessário compreender que o ensino estabelece importantes inter-relações com outros elementos. Novak (1981, apud MOREIRA, 1999) relaciona os cinco elementos como: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação como “constituintes básicos de um número infinito de eventos educativos” (p. 36). Segundo o autor a avaliação ocupa um destaque especial, uma vez que “muito do que acontece no processo ensino-aprendizagem-conhecimento-contexto depende da avaliação” (op. cit. p. 37).

Em escolas secundárias mais avançadas e até mesmo em universidades, o conhecimento dos estudantes consiste em um pequeno número de fatos e equações que não são eficientes para a interpretação de fenômenos simples do mundo real (JIMOYIANNIS & KOMIS, 2001). “Para que os dados e fatos adquiram significado, os alunos devem dispor de conceitos que lhes permitam interpretá-los” (POZO, 2000, p.21). Segundo o autor, um dos problemas mais graves na aprendizagem escolar atual é que o professor propõe-se a ensinar conceitos, mas os estudantes limitam-se a aprender informações carentes de significado, que somente são capazes de repetir, sem que haja compreensão.

Nessa ampla visão de avaliação do processo educativo, os testes são de extrema importância para que os objetivos educacionais possam ser mensurados (VIANA, 1978). “Um teste de medida educacional não é uma ‘coisa’ meramente física; ao contrário, traduz um processo humano (DYER, 1960 apud. VIANNA, 1978), que, segundo Vianna, envolve o julgamento humano desde as suas fases iniciais até o seu término, exigindo tempo, esforço e

pensamento criativo” (p. 29). A partir de uma avaliação é possível extrair evidências sobre o que foi aprendido e até que ponto o ensino colaborou com a aprendizagem. Aubrecht e Aubrecht (1983), consideram que testes de múltipla escolha podem ser instrumentos úteis para avaliar o desempenho dos estudantes.

Idéias para transformar e corrigir defeitos do conhecimento dos estudantes em física vão além do alcance das aproximações pedagógicas tradicionais, porque elas tendem a ignorar a possibilidade de que a percepção dos estudantes é diferente em relação à do professor (McDERMOTT, 1993). O alvo principal da aproximação pedagógica do construtivismo alternativo deveria ser o desenvolvimento de condições que facilitem o compromisso ativo dos estudantes no processo de aprendizagem e fundamentação da física (JIMOYIANNIS & KOMIS, 2001). Tal aproximação deveria habilitar os estudantes a aplicar conceitos e princípios físicos em situações modernas.

Testes objetivos e não objetivos costumam ser valorizados ou criticados por alguns autores. Questionamentos sobre que tipo de teste utilizar podem gerar opiniões emocionais e substantivas, bem como declarações igualmente fortes opondo-se aos princípios dos testes objetivos (AUBRECHT & AUBRECHT, 1983; VIANNA, 1973). Os autores acreditam que há lugar e razão para ambos os testes. Segundo Vianna (1978), “qualquer que seja o tipo de instrumento escolhido sempre haverá quem aponte vantagens e desvantagens; entretanto, os problemas educacionais não podem ficar sujeitos a preconceitos”. Segundo Aubrecht e Aubrecht (1983), existe um equilíbrio de dificuldade: é mais difícil elaborar um teste objetivo do que um descritivo, porém é consideravelmente mais fácil sua correção.

2.2.1 Elaboração de testes objetivos

Testes objetivos, “verdadeiro-falso ou múltipla-escolha podem ser instrumentos úteis para avaliar o desempenho de estudantes” (AUBRECHT & AUBRECHT, 1983, p. 613). Os autores sugerem, na elaboração de testes de múltipla-escolha, uma resposta correta e um número fixo de respostas incorretas. O número de respostas deve ser grande o suficiente para exigir o pensamento do estudante, porém não tão grande que ele não possa tê-las todas em mente. Considera-se, então, razoável um total de cinco alternativas: uma correta e quatro incorretas.

Conforme relatado no capítulo anterior (Seção 1.1), na utilização da técnica de múltipla-escolha em um teste conceitual é proposto ao estudante o reconhecimento do significado de um conceito. O reconhecimento da definição é, para os estudantes, mais fácil do que a evocação do conceito, possibilitando melhores resultados nas avaliações (POZO, 2000).

Na elaboração de um teste, o importante é se ter em mente que as técnicas e metodologias a serem utilizadas devam estar coerentes com aquilo que se pretende avaliar e com os demais elementos constituintes do processo educativo (ensino-aprendizagem-conhecimento-contexto), independente do tipo de teste (VIANNA, 1973; MOREIRA, 1999). Entre as dificuldades na utilização da técnica de múltipla-escolha, “a principal talvez seja construir ou elaborar questionários com opções de respostas significativas, tanto para o professor quanto para o aluno, e que os testes não sejam meros ‘distratores’ (POZO, 2000, p.65).

Quanto ao uso de concepções alternativas dos estudantes na elaboração dos testes, sua importância se deve a grande influência que estas exercem sobre a aprendizagem dos novos conhecimentos. Conforme relatado posteriormente (seção 2.3), os conhecimentos prévios dos estudantes, frequentemente, estão em desacordo com aqueles cientificamente aceitos, dificultando o processo de aprendizagem. Entre as estratégias utilizadas para investigar essas concepções, “a entrevista clínica parece ser a melhor técnica para investigar o verdadeiro conhecimento prévio do aprendiz” (SILVEIRA, MOREIRA & AXT, 1992). Porém, segundo os autores, esta estratégia não tem se mostrado viável para a sala de aula, visto que, cada estudante deve ser entrevistado individualmente. A construção e validação de testes pode ser a solução natural, a partir de dados obtidos em entrevistas clínicas (op. cit) ou ainda em pesquisas anteriores. Neste sentido o presente trabalho busca, através de dados registrados em pesquisas anteriores (REIS, 2004), elaborar um teste objetivo conceitual utilizando concepções científicas e alternativas dos estudantes em colisões.

2.3 INFLUÊNCIA DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DOS ESTUDANTES EM CIÊNCIAS

Os primeiros trabalhos que investigaram as concepções alternativas dos estudantes surgiram na década de 1970, tendo como pioneiros as teses de doutorado de Driver (1973) e Viennot (1979). Entretanto, alguns anos antes, Ausubel (1968) já defendia a idéia de que o conhecimento prévio é o fator, isolado, que mais influencia a aprendizagem. Na década de 1980, o número de investigações nesta área multiplicou-se significativamente buscando diagnosticar a compreensão conceitual privada dos alunos antes, durante e depois do ensino

formal (SANTOS, 1998). Segundo Moreira, “Concepções prévias dos alunos têm sido consideradas como erros, *misconceptions*, concepções ingênuas, concepções alternativas, em relação ao conhecimento científico” (2002, p.13).

Este modo de interpretar o conhecimento prévio dos estudantes, como conhecimento incompleto ou deficiente quando comparado com especialista, segundo Vergnaud é inadequada ao desenvolvimento cognitivo, pois seria mais frutífero considerar o sujeito como um sistema dinâmico, de modo que ele seja capaz de assegurar o seu desenvolvimento cognitivo (VERGNAUD, 1990 apud MOREIRA, 2002). Moreira (2000a, p.44) apresenta as “concepções alternativas como àquelas em que o aluno constrói à medida que vai situando-se no mundo em que ele vive. São representações, conceitos, modelos, teorias que o homem vai construindo para explicar objetos e eventos que observam em seu mundo”. Neste sentido, o autor defende que tais concepções são frutos de aprendizagem significativa, com importante significado para o aprendiz.

Os primeiros estudos sobre concepções alternativas não somente resultaram em grande número de investigações da mesma natureza, como também produziram investigações com outros objetivos: “como ocorre à interação entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento, aparentemente incompatível?; por que persiste o conhecimento prévio?; através de que processos as pessoas mudam suas concepções alternativas por concepções aceitas no conceito científico?; como se produz a mudança conceitual?” (MOREIRA, 2000a, p. 64). Estes e outros questionamentos reforçam a idéia de que esta linha de investigação não se encontra esgotada, ao contrário, justificam a necessidade de estudos que visem a construção e utilização de estratégias de ensino que facilitem a aprendizagem.

Driver (1986), ao fazer uma análise das concepções alternativas dos estudantes em força e movimento, destaca algumas características como: a) se trata de esquemas dotados de certa coerência interna; b) os estudantes utilizam uma linguagem e termos imprecisos para expor suas idéias; c) podem ser detectadas as idéias intuitivas semelhantes entre estudantes de diferentes meios e de diferentes idades; d) as concepções alternativas são persistentes e não se modificam facilmente através do ensino tradicional; e) os esquemas conceituais dos estudantes representam uma teoria coerente e é esta coerência que torna estável; f) não se podem atribuir todas as dificuldades dos estudantes às concepções alternativas.

Como resultado desses trabalhos, as concepções alternativas dos estudantes são consideradas uma das variáveis mais significativas do ensino de ciências, uma vez que são encontrados elementos importantes que permitem maior compreensão da natureza e implicações destas concepções no processo de aprendizagem. Na literatura podem ser encontradas pesquisas que descrevem as concepções alternativas dos estudantes sobre diferentes tópicos da física, como o tema colisões mecânicas, utilizado neste trabalho.

Alguns autores (GRIMELLINI-TOMASINI et al., 1993; VILLANI & PACCA, 1990; ORQUIZA & VILLANI, 1997; REIS, 2004), no estudo de colisões mecânicas através das leis de conservação, investigam as concepções alternativas dos estudantes, suas características e implicações para o ensino e aprendizagem. Ao investigar sobre as concepções dos alunos, o interesse dos educadores deveria ir além da catalogação das idéias alternativas ou intuitivas, senão também a dinâmica da mudança cognoscitiva, para que esta possa guiar o ensino e a planificação do currículo (DRIVER, 1986).

As concepções alternativas dos estudantes representam um elemento determinante para a construção de estratégias de ensino na busca da facilitação da aprendizagem, especialmente, no ensino das ciências e que a elas deveria ser dado o mesmo respeito que é dado às concepções científicas (HESTENES, WELLS & SWACKHAMER, 1992). Frente à importância destas concepções e sua influência no processo de ensino-aprendizagem, sua exploração pretende viabilizar a aplicação de testes objetivos, na avaliação de qualquer estratégia e em diferentes níveis de ensino. Também, estes testes permitem que as concepções sejam avaliadas no sentido de acompanhar o seu desenvolvimento (ou mudança de concepção).

2.4 MUDANÇA E EVOLUÇÃO CONCEITUAL NUMA PERSPECTIVA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Muitos dos trabalhos sobre ensino e aprendizagem na área da educação, particularmente em Física, investigam aspectos cognitivos. Observa-se que os trabalhos caracterizam-se por temas referentes a propostas didáticas, metodologias de ensino, currículo, etc. Neste conjunto de temas destacam-se as concepções dos estudantes como objeto de investigação (VILLANI & CABRAL, 1997). Conforme relatado na seção anterior, esta linha de investigação não se encontra esgotada, ao contrário, há necessidade de estudos na construção e utilização de estratégias de ensino, no sentido destas vincularem conhecimento e utilização das concepções dos estudantes, possibilitando que o estudante atribua significado às novas informações. A visão de aprendizagem através da modificação na maneira de pensar

dos estudantes, corresponde ao modo de ensino que lida com as concepções dos estudantes, transformando-as em conceitos científicos: o modelo de mudança conceitual (MORTIMER, 1996; MORTIMER, 2000).

Ao discutir sobre mudança conceitual, no III Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Villani (1990), propõe que:

... no ensino, tal mudança se opera gradualmente respeitando as finalidades do sujeito; inicia-se normalmente com a localização de novas variáveis e novas relações significativas, continua-se com uma sistematização mais abrangente dos conhecimentos adquiridos, com a percepção da complexidade da nova estrutura, e termina-se com a adesão às novas metodologias a partir do sucesso delas, com a conscientização dos novos valores epistemológicos implícitos na prática científica e com o abandono explícito do antigo modo de ver (p.27).

Muitos trabalhos de pesquisa têm sido desenvolvidos com o objetivo de realizar mudança conceitual na educação científica; entretanto, os resultados concretos obtidos têm sido ambíguos em termos de quantidades e qualidades das mudanças verificadas (VILLANI, 1990). Segundo o autor, “podemos definir a mudança conceitual como o abandono de um sistema conceitual ou de uma maneira de ver referente a determinados fenômenos e à adoção de um novo sistema conceitual ou de uma nova maneira de ver referente aos mesmos fenômenos” (p. 20).

Através de visões filosóficas de pensadores como Thomas Khun (1978), Imre Lakatos(1989) e Karl Popper, Posner e colaboradores (1982) propuseram um modelo de mudança conceitual. O modelo apresentava algumas condições necessárias para a mudança conceitual (MOREIRA, 2000a): a) deve existir uma insatisfação com as concepções existentes; b) uma nova concepção deve ser inteligível; c) uma nova concepção deve parecer

inicialmente plausível; d) uma nova concepção deve sugerir a possibilidade de um programa de investigação frutífero. Essas condições propostas por Posner e colaboradores, possibilitam ao estudante substituir suas concepções por outras cientificamente aceitas.

Entretanto, não faltam questionamentos do tipo: “Será que é um objetivo viável exigir dos estudantes tal mudança após um curso? Será que o estudante precisa “abraçar” teorias? Não basta saber aplicá-las em algumas situações? Será que existem metodologias e estratégias realmente mais eficazes dos que outras? Será que é possível elaborar conclusões gerais neste campo?” (VILLANI, 1990, p. 32). Tais questionamentos, vão de encontro à afirmação de Moreira (2000a, p. 67), que defende que “a mudança conceitual no sentido de substituir significados, não existe”. O autor propõe mudança conceitual numa perspectiva de desenvolvimento ou enriquecimento conceitual. Nesta visão de evolução conceitual “uma concepção (subsumidor) pode ser imaginada como uma nuvem de significados, construídos significativamente e em desenvolvimento, de tal modo que nenhum é eliminado, abandonado, excluído; estão todos sempre presentes, pelo menos de maneira residual”.

Segundo Villani (1990), na comunidade científica existem um ou mais paradigmas dominantes, sendo que muitas vezes a mudança conceitual passa por uma fase intermediária do novo paradigma, na qual as idéias são testadas sem, com isso, abalar sua credibilidade. Assim, “a situação é considerada normal e às vezes um mesmo cientista é capaz de operar simultaneamente com as idéias novas e com as antigas, mostrando que para elaborar as primeiras não é necessário abandonar as outras, pelo menos durante um bom período de tempo” (p.28).

Mudança conceitual, tal como desenvolvimento ou enriquecimento conceitual e discriminação de significados, são, segundo Moreira, idéias mais promissoras porque não implicam em mudança de conceitos ou significados, mas apenas em aprendizagem significativa. Conclui ainda que, se as concepções alternativas são resultantes de aprendizagem significativas, sua evolução só pode resultar de estratégias de aprendizagem significativa (2000a, p.72).

Dessa forma, esta pesquisa tem como propósito elaboração e aplicação de testes objetivos, através das concepções dos estudantes. Estes poderiam ser utilizados como estratégia didática ou para avaliar, além da aprendizagem de conceitos, a evolução conceitual dos estudantes em colisões.

3. METODOLOGIA

Nesse capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados na elaboração dos instrumentos e desenvolvimento da pesquisa. A pesquisa bibliográfica buscou identificar as diferentes metodologias utilizadas na construção de testes conceituais objetivos. Depois de aplicados, os dados foram analisados através de análises quantitativas, conforme análises estatísticas e qualitativas, através das discussões sobre as concepções apresentadas pelos estudantes em colisões mecânicas, através das leis de conservação.

3.1 PRIMEIRA FASE DA ELABORAÇÃO DOS TESTES OBJETIVOS

A importância da elaboração de testes de múltipla-escolha está diretamente relacionada àquilo que o autor realmente se propõe medir através do instrumento. Alguns autores (LANG DA SILVEIRA, MOREIRA & AXT, 1992; HESTENES, WELLS & SWACKHAMER, 1992; MALONEY et. al., 2001; REIS, 2004; NIGRO, 2004) têm abordado a idéia de elaborar testes para avaliar as concepções alternativas e científicas dos estudantes

em ciências e têm proposto a elaboração de testes para avaliar a compreensão conceitual. Os autores explicam que uma das razões primárias para estar atento às características de cada avaliação é que interpretar os resultados do teste depende do tipo de teste conceitual a ser utilizado (MALONEY et. al. 2001).

Considera-se importante relatar os caminhos de investigação e construção dos testes na fase de elaboração das questões. A idéia inicial foi elaborar testes objetivos, conceituais fundamentados no trabalho de David Treagust (1988 apud NIGRO, 2004), que realizou um aperfeiçoamento do teste convencional de múltipla-escolha. Segundo Nigro, David propõe

um novo instrumento de avaliação o qual possui maior poder diagnóstico dos testes de múltipla escolha, pois solicita ao estudante que justifique (em uma segunda parte, ou seção) sua escolha por uma dada alternativa (na primeira seção). Se essa justificativa fosse feita de forma discursiva (com o aluno usando suas próprias palavras), poderiam surgir várias dificuldades relacionadas à correção, o que inviabilizaria a aplicação desse instrumento a um grande número de pessoas. Os testes de duas seções, porém, podem ser elaborados de forma a oferecer, em sua segunda parte, múltipla alternativa de justificação, permitindo ao estudante eleger aquela que mais se aproxima da que ele mesmo daria (2004 p. 56).

Essa idéia, inicialmente, constituiu a base de elaboração do instrumento a ser utilizado nesta pesquisa. Assim, seguiu-se elaborando doze questões num único teste, da seguinte forma: no propósito de investigar seis conceitos³ foram elaboradas duas questões para cada um desses. De acordo com a idéia do autor, para cada questão são propostas cinco alternativas de resposta. A seguir, na mesma questão, era proposta a justificação da resposta anterior dos estudantes, através de outras cinco alternativas de resposta.

³ Conservação de energia (cinética, potencial e total); definir tipo de colisão através da conservação ou não da energia cinética; conservação da quantidade de movimento; quantidade de movimento como uma grandeza vetorial; determinar as velocidades a partir das leis de conservação; perceber a interdependência entre as duas leis de conservação.

Nessa fase de justificação das respostas das questões anteriores surgiram alguns obstáculos: i) como em cada questão eram propostas cinco alternativas de resposta, parecia necessário oferecer cinco alternativas de justificação, o que para alguns conceitos representou uma dificuldade; ii) ao término da elaboração das questões de justificação percebeu-se que o teste havia ficado longo, tanto no número de questões como na extensão das alternativas, o que dificultaria sua aplicação; iii) a elaboração das alternativas utilizando as idéias dos estudantes a cerca dos conceitos físicos não poderiam constituir-se somente de afirmações resumidas, bem como as próprias justificações. Esses fatores inviabilizaram a utilização da idéia de David, ou seja, a construção de testes de “duas seções”.

Considerou-se, então, necessário reformular o teste realizando uma aglutinação das alternativas de resposta com suas justificações. Assim, a “segunda seção” deixou de existir. No entanto, algumas idéias continuaram norteando o trabalho em relação às vantagens da utilização de testes de múltipla-escolha: a) cobrir um grande leque de concepções alternativas dos estudantes sobre cada tema avaliado; b) o poder de diagnosticar o grau de disseminação, na população de estudantes, das concepções já conhecidas; c) a viabilidade de aplicação a um grande número de estudantes (NIGRO, 2004); d) facilidade na interpretação das respostas dos estudantes.

3.2 ELABORAÇÃO DOS TESTES APLICADOS NESTA PESQUISA.

Conforme relatado anteriormente, a idéia básica era elaborar um teste objetivo de múltipla-escolha e com ele investigar conceitos físicos em colisões mecânicas. Para isso,

foram utilizados dados encontrados em registros de testes qualitativos⁴ elaborados e aplicados por Reis (2004) e de pesquisas anteriores (GRIMELLINI-TOMASINI et al., 1993; VILLANI & PACCA, 1990; ORQUIZA & VILLANI, 1997). Através das respostas dos estudantes, nesses instrumentos, identificaram-se idéias predominantes a respeito de conceitos físicos e essas idéias foram utilizadas na elaboração das alternativas de respostas do teste objetivo a ser aplicado neste trabalho. Os artigos, acima citados, em muito colaboraram para compreensão das idéias apresentadas pelos estudantes.

Primeiramente, foi elaborado um teste de doze questões e, posteriormente, dividido em dois testes de seis questões cada, com o propósito de obter maior confiança dos dados. Em cada turma, ambos os testes foram aplicados aleatoriamente. A elaboração das questões do teste ocorreu da seguinte forma: para cada conceito investigado nos testes qualitativos (REIS, 2004) buscou-se identificar as respostas mais frequentes (ver cap5). Das repostas encontradas foram extraídas as concepções expressas pelos estudantes e utilizadas como alternativas de resposta do teste objetivo, seguindo sempre o mesmo processo para cada conceito, com exceção do conceito seis⁵, que nesse caso foram utilizados dados bibliográficos (GRIMELLINI-TOMASINI et al. 1993).

Os conceitos, em colisões mecânicas, são os mesmos investigados no trabalho de Reis (2004), seguindo a mesma ordem de identificação:

- Conceito 1: A Lei de Conservação de Energia. Pretende-se investigar se o estudante apresenta corretamente os conceitos de Conservação de energia, em fenômenos

⁴ Os instrumentos qualitativos, construídos pela autora, constituem-se de testes de questões abertas, onde as perguntas, em geral, propunham respostas explicativas, o que possibilitou aos estudantes expressarem suas idéias a cerca dos conceitos investigados.

⁵ Como a maioria dos estudantes não respondeu ou não apresentou uma resposta clara, não foi possível identificar nenhuma concepção.

relevantes: saber que se há conservação de energia cinética, há também conservação de energia potencial e total.

- Conceito 2: Definir tipo de Colisões através da conservação da energia cinética. O estudante deveria identificar o tipo de colisão utilizando unicamente a conservação (ou não) de energia cinética⁶.
- Conceito 3: Lei de Conservação da Quantidade de Movimento. O estudante deveria compreender que quantidade de movimento se conserva em qualquer tipo de colisão e em qualquer instante.
- Conceito 4: Quantidade de movimento deve ser vista como uma grandeza vetorial O estudante deve demonstrar reconhecer propriedades elementares (módulo, direção e sentido) que diferenciam escalares de vetores, naturalmente.
- Conceito 5: Definir as velocidades finais a partir dos dados iniciais e leis de conservação de energia cinética e quantidade de movimento.
- Conceito 6: O estudante deveria compreender que as duas leis de conservação não são dependentes entre si, mas nem totalmente independentes. Na perda de energia cinética, em uma colisão, existe um limite para que haja conservação da quantidade de movimento.

⁶ Se há conservação de Energia Cinética então a colisão é elástica; se não há conservação de energia cinética então a colisão é inelástica; se há aumento de energia cinética então a colisão é superelástica e se há a maior perda possível de energia cinética então a colisão é totalmente inelástica.

3.3 UTILIZAÇÃO DAS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES E CONCEITOS NA ELABORAÇÃO DOS TESTES.

Um teste bem elaborado requer que, além de objetivos estabelecidos a serem avaliados, também, sejam alcançados requisitos básicos como: a confiabilidade e validade dos mesmos. Neste trabalho, a elaboração de testes quantitativos não descartou processos qualitativos na análise dos registros obtidos em pesquisas anteriores, uma vez que, a construção dos testes passou por análise e re-interpretação de dados⁷ coletados por Reis (2004), em testes qualitativos. As respostas dos estudantes, no instrumento citado, foram sistematizadas e utilizadas na elaboração das alternativas de resposta nos testes quantitativos. Os resultados da análise e re-interpretação destes instrumentos serão apresentados ao final desse trabalho (Capítulo 5, Seção 5.1).

3.4 METODOLOGIA UTILIZADA NA APLICAÇÃO E ANÁLISE DOS TESTES

Os testes foram aplicados no segundo semestre de 2004, para quatro turmas de Física I, nos cursos de Engenharia e Licenciatura em Física e Matemática do ensino universitário e turma de Física Mecânica de Cursos Tecnólogos, na Universidade Luterana do Brasil, em Canoas num total de setenta e cinco estudantes. Em ambas as disciplinas os estudantes foram avaliados com os testes, após terem sido submetidos ao ensino de colisões mecânicas. Os

⁷ Os dados utilizados na construção dos testes quantitativos foram obtidos a partir de uma análise das respostas dos estudantes aos testes qualitativos elaborados e aplicados por Reis, 2004 (volume anexo à dissertação).

testes foram aplicados aleatoriamente entre os estudantes de todas as turmas (MOREIRA, 1990). Como não era objetivo deste trabalho avaliar a evolução conceitual dos estudantes (MOREIRA & GRECA, 2003) optou-se por realizar uma única aplicação do teste.

A análise dos testes procedeu-se em dois momentos: no primeiro momento foram levantados os índices das concepções dos estudantes em cada conceito e em cada teste. Com esse levantamento foi possível observar a frequência de determinadas concepções.

Num segundo momento, foram realizados cruzamentos entre as respostas utilizando o teste de coeficiente de correlação (MOORE, 1995) *Spearman* (SPSS), levando-se em conta as correlações entre as idéias apresentadas pelos estudantes, nos conceitos e leis investigadas. Assim, ao analisar Lei de conservação de energia, foram realizados cruzamentos entre conceitos⁸ 1-2; na Lei de conservação da quantidade de movimento, entre conceitos 3-4; ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades 2-5, 3-5 e os conceitos 4-5; ao investigar a relação entre as duas leis de conservação analisaram-se os cruzamentos entre os pares de conceitos 2-6, 3-6 e 5- 6.

⁸ A utilização do hífen (traço), para indicar o cruzamento entre dois conceitos, teve o propósito de facilitar a representação das correlações.

4 ANÁLISES DOS DADOS

Esse capítulo será dedicado a análises quantitativa e qualitativa dos dados coletados, ou seja, os resultados das análises estatísticas serão discutidos numa abordagem qualitativa. Inicialmente foram investigadas as concepções utilizadas pelos estudantes em diferentes conceitos no estudo de colisões. Posteriormente, a análise direcionou-se à verificação das relações que os estudantes estabeleceram entre os conceitos na compreensão e utilização das leis de conservação. Conforme relatado no capítulo anterior, o teste foi aplicado a estudantes de diferentes turmas, diferentes cursos e diferentes professores. Os mesmos tiveram aula sobre colisões antes da aplicação do teste.

É importante relatar que, embora seja descrito a aplicação de dois testes (T1, T2), esses equivalem a um único instrumento. Além disso, em cada questão dos testes, foi investigado o mesmo conceito, de modo que, na questão 1 investigou-se o conceito 1, na questão 2 investigou-se o conceito 2, e assim por diante. Nas alternativas de resposta, em ambos os testes, foram apresentadas as mesmas concepções científicas e alternativas, porém não seguindo regularidades em relação à ordem ou quantidade.

4.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS NOS TESTES DE ACORDO COM AS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES

Nesta seção serão analisadas as concepções que mais se destacaram nas respostas dos estudantes. Nos testes foram oferecidas cinco alternativas de resposta em cada questão, com diferentes concepções em relação aos conceitos investigados em colisões mecânicas, sendo que o estudante só poderia optar por uma resposta. Inicialmente elaboraram-se tabelas onde foram relacionados os estudantes e suas respectivas respostas em cada questão e em cada teste, assim foi possível observar o índice de respondentes para cada alternativa. Identificadas as respostas, seguiu-se a descrição de cada uma das diferentes concepções. As concepções alternativas foram classificadas e agrupadas quando necessário, permitindo sua identificação, descrição e representação gráfica. As discussões decorreram dos índices e idéias centrais das respostas selecionadas pelos estudantes.

4.1.1 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no conceito 1

O Conceito 1, trata da lei de conservação de energia em colisões, conforme discutido na metodologia (cap. 3), onde o estudante deveria compreender que em colisões elásticas não apenas energia cinética se conserva, mas também potencial e total. Esse conceito foi investigado na questão 1, de ambos os testes. A concepção alternativa mais apresentada pelos estudantes, com 35% e 55% dos respondentes (T1 e T2, respectivamente), é que apenas uma das energias (cinética, potencial ou total) conserva-se após a colisão (Gráfico 1). Este resultado também foi apresentado na análise das questões qualitativas, dos testes aplicados

por Reis (2004) em pesquisa anterior. Segundo Reis, é como se uma das energias (cinética, potencial ou total) tivesse que se conservar para que a bola volte, após a colisão (p.74).

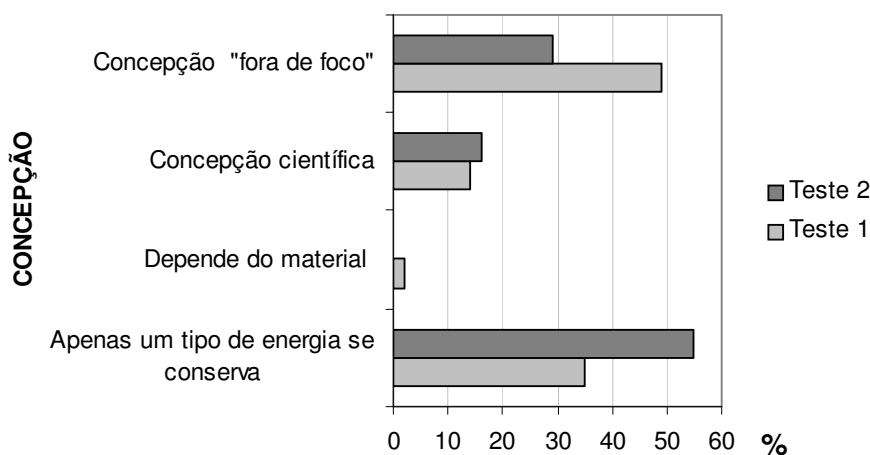


Gráfico 1: Distribuição das concepções analisadas na questão 1, conceito 1 (Conservação de energia cinética, potencial e total).

Quanto à alternativa C⁹ (Apêndice A, T1) e alternativa E (Apêndice B, T2), referente à concepção científica de que, em colisões elásticas, não apenas a energia cinética ou potencial se conserva, mas cinética, potencial e total (GRIMELLINI-TOMASINI et. al. 1993), verificou-se que, em ambos os testes, o resultado dos estudantes respondentes para essa concepção foi pequeno e semelhante, próximos a 16%.

Conforme relatado em capítulos anteriores, as alternativas de respostas foram elaboradas a partir das concepções apresentadas nas respostas dos estudantes em instrumentos de pesquisas anteriores. Algumas alternativas de resposta utilizadas nos testes, se apresentadas

⁹ Optou-se por representar as alternativas de resposta, na explicação do texto, com letras maiúsculas.

em outras situações, diferentes daquela proposta no enunciado, estariam cientificamente corretas. É o caso da alternativa D e E (Apêndice A, Q1, T1) e da alternativa C (Apêndice B, Q1, T2), que foram representadas, no gráfico, como concepção fora de foco, visto que estavam fora do foco do problema apresentado.

4.1.2 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no conceito 2

Em relação ao conceito 2, definir tipo de colisão através da conservação ou não de energia cinética, nas questões 2 de ambos os testes, verificou-se que os maiores índices de respostas estão representados pela a “idéia de transmissão¹⁰” (VILLANI & PACCA, 1990), nos testes 1 e 2, com 38% e 58%, respectivamente (Gráfico 2). É importante observar que, com apenas uma alternativa representando a “idéia de transmissão”, obteve-se 38% de respondentes (Apêndice A).

Ao contrário do que ocorreu no conceito 1, o percentual de estudantes que optaram pela concepção científica no conceito 2, foi relativamente díspar (16% e 29%). Acredita-se que o fator que contribuiu para o índice menor, no teste 1, foi a utilização das duas leis de conservação nas alternativas de resposta, inclusive na alternativa D, que é a científica, exigindo a compreensão de dois princípios em uma mesma situação. Na alternativa A está representada a concepção onde quantidade de movimento se conserva apenas quando ocorre conservação de energia cinética, no caso de colisões elásticas (ORQUIZA & VILLANI, 1996).

¹⁰ Segundo esta idéia, os estudantes interpretam que um corpo transmite total ou parcialmente energia cinética e quantidade de movimento a um outro corpo em que está interagindo.

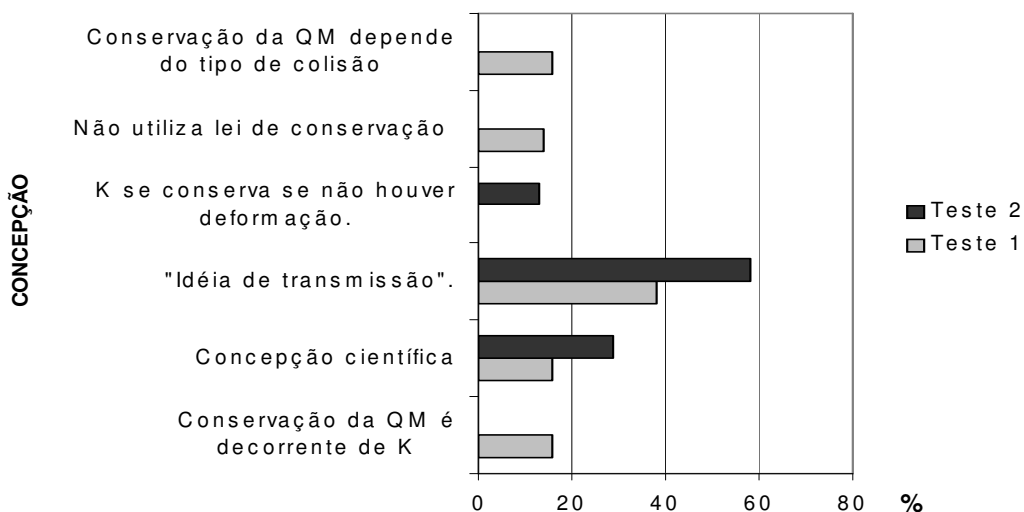


Gráfico 2: Distribuição das concepções analisadas na questão 2, conceito 2 (Definir tipo de colisão utilizando lei de conservação de energia).

4.1.3 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no Conceito 3

A questão 3 de ambos os testes, investiga o conceito 3, Lei de conservação da quantidade de movimento. No teste 1 explora-se apenas a lei de conservação de quantidade de movimento, enquanto que no teste 2, por seguir a estrutura de teste de duas sessões, envolve a análise das duas leis (utilizadas em Q2 e Q3, T2). Conforme relatado na seção anterior, a abordagem das duas leis de conservação, na mesma alternativa de resposta, dificulta a compreensão dos estudantes (GRIMELLINI-TOMAZINI et. al., 1993). Apesar das diferentes abordagens dos testes, os resultados dos índices de resposta dos estudantes com concepção científica foram semelhantes.

Os estudantes que não utilizam idéia de conservação da quantidade de movimento, representados no gráfico 3, são aqueles que não apresentaram nenhuma idéia definida sobre o conceito 3 (Alternativas A e D, T1, Alternativas A ,B e C , T2).

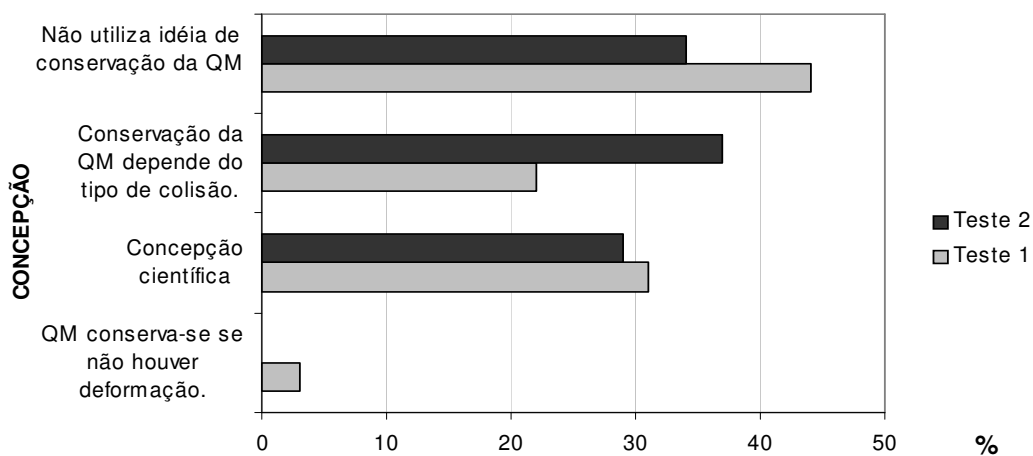


Gráfico 3: Distribuição das concepções analisadas na questão 3, conceito 3 (Lei de conservação de quantidade de movimento)

Em ambos os testes, estudantes apresentaram a concepção de que conservação de quantidade de movimento depende do tipo de colisão. Esta concepção também foi apresentada por estudantes de ensino médio, em pesquisas anteriores (ORQUIZA & VILLANI, 1996). Após um intensivo trabalho experimental (com oito entrevistas didáticas), para um pequeno grupo de estudantes (6), os autores constataram que o estudante que havia melhor se destacado, no final do processo, ao ser questionado se quantidade de movimento se conservava, o estudante responde: “*sim, quantidade de movimento se conserva, pois a colisão é elástica*”.

4.1.4 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no Conceito 4

No conceito 4 (Q4, T1 e T2), o estudante deveria compreender que quantidade de movimento é uma grandeza vetorial. Na elaboração dos testes quantitativos, desse trabalho, foi utilizado a mesma questão do teste qualitativo (Q2, Anexo A) elaborada e investigada por Reis (2004). Na figura do teste original estavam representados os valores da energia cinética dos corpos, antes e após a colisão. Acreditava-se que a representação das energias cinética na figura pudesse influenciar nas respostas dos estudantes. A hipótese se confirmou após aplicação dos testes quantitativos de modo que, no teste em que foram apresentadas as energias (T2), houve maior número de respondentes (55%) para esta concepção.

Essa constatação confirma a idéia defendida por Grimellini-Tomazini e colaboradores (1993) em que uma das dificuldades dos estudantes, ao analisar uma colisão, está na pouca familiaridade com grandezas vetoriais. Observa-se que o estudante, no uso das duas leis de conservação, tem dificuldade de identificar qual dessas leis deve ser representado como grandeza escalar ou vetorial.

A concepção alternativa que se destacou nas respostas dos estudantes (86%), nesse conceito foi a “idéia de produção” (Gráfico 4), modelo também representado por estudantes de pós-graduação em pesquisas anteriores (VILLANI & PACCA, 1990). Segundo os autores, a idéia básica é a ‘força ativa’ feita pela bola incidente e a ‘resistência’ ou ‘reação’, contrária ao alvo. A diferença com o princípio newtoniano esta em que ação e reação não estão, neste caso, conectadas por uma idéia de conservação. A ação depende da bola incidente e será tanto maior quanto maior for sua massa (p.241). Essa concepção foi, significativamente, representada no teste 2 (42%), onde as respostas dos estudantes se dividiram entre essa

concepção e a concepção de utilizar energia cinética ao definir o sentido dos corpos após a colisão.



Gráfico 4: Distribuição das concepções analisadas na questão 4, conceito 4 (Quantidade de movimento como grandeza vetorial)

4.1.5 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no Conceito 5

Em relação ao conceito 5, dos testes, onde as velocidades deveriam ser definidas utilizando-se as leis de conservação, considerou-se necessário investigá-lo de forma conceitual (T1), e algorítmica (T2), uma vez que o uso de atividades procedimentais (como cálculos algorítmicos) pressupõe aprendizagem de uma atuação ordenada que se dirige a uma meta clara (COLL & VALLS, 2000). Segundo os autores, “os algoritmos especificam de forma muito precisa a seqüência de ações e de decisões que devem ser respeitadas para resolver um determinado problema” (p.84). A finalidade de avaliação consiste em ver até que ponto o estudante é capaz de usar corretamente o procedimento tanto em situações conhecidas como em novas tarefas.

No teste 1 (Apêndice A), a idéia mais utilizada nas respostas dos estudantes (43%) é que em nenhum dos casos apresentados nas ilustrações da questão pode haver perda total de energia (Apêndice A, Q5, T1), de modo que não conseguem determinar as velocidades (não identificam que os corpos param após a colisão ou $V = 0\text{m/s}$). Assim, os estudantes não utilizam as leis de conservação na solução do problema proposto, e demonstram não compreender que quantidade de movimento sempre se conserva (conceito 3) e energia cinética nem sempre (podendo zerar, nos casos dos esquemas II e IV da Q5).

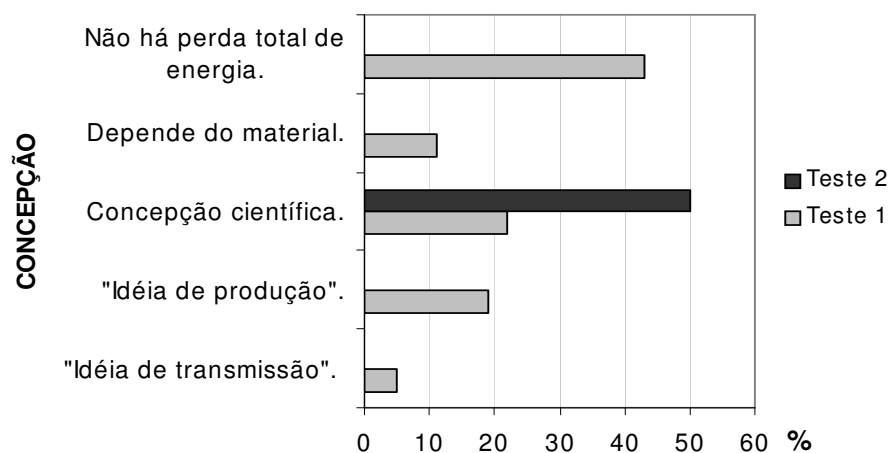


Gráfico 5: Distribuição das concepções analisadas na questão 5, conceito 5 (Definir velocidades através das duas leis de conservação). No teste 2, o fato dos estudantes (50%) responderem corretamente a questão, não significa que eles tenham utilizado concepção científica, uma vez que a solução da questão requer apenas a utilização de cálculo algorítmico.

A “idéia de produção” (Gráfico 5), já explicada no item anterior, também é utilizada pelos estudantes nesse conceito (19%), podendo justificar-se pela utilização de representações gráficas dos corpos (nas diferentes situações I, II, III e IV das figuras), onde os estudantes utilizam somente o tamanho (ou a massa) dos corpos para determinar as velocidades após a colisão.

4.1.6 Análise das concepções apresentadas pelos estudantes no Conceito 6

Numa visão geral, no conceito 6 (Q6), os resultados do teste 1, apresentam-se igualmente distribuídos. Já no teste 2, a maioria dos estudantes não utiliza a idéia de conservação da quantidade de movimento, representada nas alternativas de resposta (C, D, E).

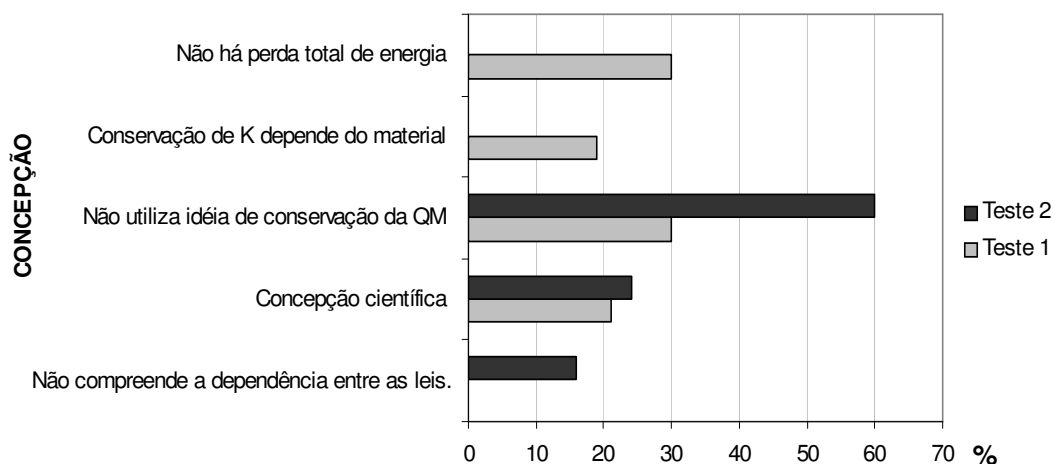


Gráfico 6: Distribuição das concepções analisadas na questão 6, conceito 6 (Dependência entre as duas leis de conservação)

O resultado dos estudantes pela opção da alternativa A (em ambos os testes), que representa a concepção científica (Gráfico 6), foi acima do esperado, visto que a compreensão do conceito 6 requer uma visão integradora e mais sofisticada do que a simples aplicação das duas leis de conservação separadamente (Seção 3.1.3), conforme documentado em pesquisas, com diferentes estudantes ao resolver problemas em colisões (GIMELLINI-TOMASINI, et al., 1993). Segundo os autores, a análise do problema requer um jogo de operações mentais, onde o estudante deveria perceber: i) a peculiaridade de cada lei de conservação, através dos cinco conceitos anteriores, e compreender as condições necessárias para sua aplicação; ii) que

as duas leis de conservação são necessárias e suficientes para descrever colisões; iii) que os fenômenos naturais devem ser esquematizados para serem descritos numa visão científica.

Esse grau de complexidade, que envolve a solução do problema, explica porque os estudantes optaram igualmente por todas as demais alternativas propostas, em ambos os testes. Entende-se que, as respostas dos estudantes foram determinadas por “intuição” (GIMELLINI-TOMASINI, et al., 1993). Se a visão do estudante for compatível com o conhecimento científico, a “intuição” será para a alternativa científica, caso contrário recorrerá a uma das demais alternativas que esteja mais próxima de sua “intuição”.

4.2 ANÁLISE DAS CORRELAÇÕES ENTRE CONCEITOS NAS ALTERNATIVAS DE RESPOSTAS DOS ESTUDANTES

Nesta seção, os conceitos serão analisados através dos testes de coeficiente de correlação V de Cramer (CONOVER, 1971) cruzamentos entre as questões e suas respectivas alternativas de resposta (ver anexo 3), buscando identificar a relação existente entre as concepções por eles apresentadas em cada lei de conservação. Esta análise permite verificar a relação que os estudantes estabeleceram entre os conceitos, ao utilizarem as leis de conservação na resolução das questões propostas nos testes. Assim, serão discutidos apenas cruzamentos de questões que apresentam relação entre os conceitos utilizados na compreensão das leis de conservação.

4.2.1 Análise dos cruzamentos entre conceitos em Lei de conservação de energia

No teste 1, o cruzamento entre os conceitos¹¹ 1 e 2 (Tabela 1), apresentou maior correlação entre as respostas nas alternativas D e alternativa E (10 de 37 estudantes). Nesse caso, a alternativa D explica o que ocorre com uma bola que é jogada de uma altura h , e colide com o chão: a bola volta à mão do garoto em uma situação elástica de tal forma que existe conservação de energia. Entretanto, segundo essa alternativa, sucessivas colisões irão provocar perda de energia do sistema.

Essa idéia proposta na alternativa D foi classificada como concepção fora de foco, pois não corresponde a situação física proposta no enunciado e na alternativa C. Já a alternativa E (Q2) explica o que ocorre durante a colisão de duas bolinhas de gude, em situações de colisões elásticas ou inelásticas. A resposta, dessa alternativa, afirma que quantidade de movimento e energia cinética nem sempre irão se conservar, pois parte da velocidade de uma bolinha é transferida para a outra (mesmo em colisões elásticas), relativizando a idéia de conservação de energia através da “idéia de transmissão¹²” (VILLANI & PACCA, 1990).

Tabela 1
Cruzamento entre os conceitos na lei de conservação de energia - T1.

| | | QUESTÃO 2 | | | | | TOTAL |
|-----------|---|-----------|---|---|---|----|-------|
| | | A | B | C | D | E | |
| QUESTÃO 1 | A | 2 | 1 | 3 | 4 | 3 | 13 |
| | B | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | C | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 5 |
| | D | 2 | 3 | 2 | 1 | 10 | 18 |
| TOTAL | | 6 | 6 | 5 | 6 | 14 | 37 |

¹¹ Nessa análise os cruzamentos foram feitos entre as questões de cada teste, uma vez que cada uma destas corresponde a um conceito investigado. Deste modo que, o conceito 1 foi investigado na questão 1 de cada testes, o conceito 2 foi investigado na questão 2, e assim por diante.

¹² Segundo esta idéia, os estudantes interpretam que um corpo transmite total ou parcialmente energia cinética e quantidade de movimento a um outro corpo em que está interagindo.

No teste 2, o cruzamento entre as questões 1 e 2 (Tabela 2) destacou-se a correlação entre as alternativas de resposta C e A (5 de 38 estudantes), respectivamente. Este resultado justifica-se por se tratar de situações diferentes: na primeira questão foi proposta uma situação-problema envolvendo colisões com apenas um corpo e na segunda envolvendo dois corpos, exigindo-se do estudante a articulação de um número maior de variáveis, na interpretação do fenômeno. Na questão 1 foi investigado, através da lei de conservação de energia o que aconteceria com a energia cinética, potencial e total de uma bola de 200gramas, jogada de uma altura de 1,0m, sendo que após a colisão a bola voltaria a uma altura de 0,98m. E, na questão 2 foi investigado o tipo de colisão entre duas bolas metálicas. Nas alternativas de respostas o estudante deveria definir se a colisão era elástica ou inelástica utilizando ou não a lei de conservação de energia.

Tabela 2
Cruzamento entre os conceitos na lei de conservação de energia - T2.

| | | QUESTÃO 2 | | | | | TOTAL |
|-----------|---|-----------|---|---|----|---|-------|
| | | A | B | C | D | E | |
| QUESTÃO 1 | A | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 | 8 |
| | B | 2 | 0 | 0 | 3 | 2 | 7 |
| | C | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 11 |
| | D | 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 6 |
| | D | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | 6 |
| TOTAL | | 14 | 2 | 5 | 11 | 6 | 38 |

4.2.2 Análise dos cruzamentos entre conceitos em Lei de conservação da quantidade de movimento

No teste 1, os conceitos 3 (conservação da quantidade de movimento) e 4 (quantidade de movimento como grandeza vetorial), apresentaram maior correlação (Tabela 3) entre as alternativas C e D (8 de 37 estudantes). A alternativa C (Q 3), representada pela concepção

científica, explica que após a colisão, independente de deformação ou da forma como ela ocorre, a quantidade de movimento se conserva. E, na alternativa D é definido o sentido dos corpos, no sistema fechado e isolado, levando em consideração que a quantidade de movimento de um dos corpos é menor. Conforme relatado (seção 5.1.4), essa relação de magnitude entre os corpos sugere utilização da “idéia de produção” (VILLANE & PACCA, 1990; GRIMELLINI-TOMAZINI et al, 1993). A escolha dessas alternativas pode significar que, os estudantes apesar de utilizar o princípio de conservação da quantidade de movimento, continuam apresentando concepção alternativa no momento de identificar o sentido dos corpos.

Tabela 3
Cruzamento entre os conceitos na lei de conservação da quantidade de movimento - T1.

| | | QUESTÃO 4 | | | | | |
|-----------|---|-----------|---|---|----|---|-------|
| | | A | B | C | D | E | TOTAL |
| QUESTÃO 3 | A | 1 | 0 | 1 | 6 | 0 | 8 |
| | B | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | C | 1 | 1 | 1 | 8 | 1 | 12 |
| | D | 1 | 1 | 0 | 3 | 3 | 8 |
| | E | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 8 |
| TOTAL | | 3 | 3 | 2 | 24 | 5 | 37 |

No teste 2, o cruzamento entre os conceitos 3 e 4 (Tabela 4), apresentou duas situações que se destacaram no número de correlações: D e A (7 de 37 estudantes) e alternativa E de ambas as questões (6 de 37 estudantes). Na primeira situação, a alternativa D (Q3) relata que a quantidade de movimento do sistema se conserva porque a colisão é elástica (ver seção 5.1.3). E a alternativa A, relata que o corpo A se move para a direita, após a colisão, porque sua energia cinética é superior à energia da bola B. Nesse caso, o corpo A gasta parte de sua energia para empurrar a bola B. Na escolha pela alternativa D, os estudantes demonstram compreender que quantidade de movimento se conserva porque a colisão é elástica. Na

alternativa A, os estudantes utilizam conservação de energia cinética para definir o sentido dos corpos após a colisão. Em ambos os casos os estudantes demonstram não compreender a lei de conservação de quantidade de movimento.

Tabela 4
Cruzamento entre os conceitos na lei de conservação da quantidade de movimento - T2.

| | | QUESTÃO 4 | | | | |
|-----------|---|-----------|---|----|---|-------|
| | | A | B | C | D | TOTAL |
| QUESTÃO 3 | A | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | B | 2 | 4 | 5 | 0 | 11 |
| | D | 7 | 2 | 4 | 1 | 14 |
| | E | 3 | 2 | 6 | 0 | 11 |
| TOTAL | | 13 | 8 | 16 | 1 | 38 |

Na segunda situação, a alternativas E (Q3), representada pela concepção científica, explica que em razão das massas dos corpos serem iguais, as velocidades e quantidade de movimento, também, permanecem iguais. Já a alternativa E (Q4), relata que não é possível definir o sentido da bola A, ela pode ir tanto para a esquerda como para a direita. Mesmo tendo respondido corretamente a questão 3, esse grupo de estudantes demonstra não utilizar corretamente a lei da conservação da quantidade de movimento.

4.2.3 Análise dos cruzamentos entre conceitos, das leis de conservação, ao definir as velocidades

Nos testes 1 e 2, quanto à utilização de ambas as leis de conservação (energia e quantidade de movimento) ao definir as velocidades, foram feitos os cruzamentos entre os conceitos 2 e 5, referentes à conservação de energia, os conceitos 3 e 5 e os conceitos 4 e 5 referentes à conservação de quantidade de movimento.

No primeiro cruzamento, teste 1(Tabela 5), observou-se que houve maior correlação (7 de 37 estudantes) entre a alternativa E (Q2, ver seção 5.2.1) e alternativa E (Q5). Nessa última, o estudante ao observar as quatro situações representadas graficamente (Apêndice A), considera não haver perda total de energia em nenhum dos casos. Ao utilizar a “idéia de transmissão”, na qual a energia existente num corpo é transferida para outro, o grupo demonstra compreender que após a colisão a energia não pode se anular, conseqüentemente, têm dificuldade em definir as velocidades dos corpos.

Tabela 5

Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T1.

| | | QUESTÃO 5 | | | | | |
|-----------|---|-----------|---|---|---|----|-------|
| | | A | B | C | D | E | TOTAL |
| QUESTÃO 2 | A | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| | B | 0 | 1 | 4 | 0 | 1 | 6 |
| | C | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 5 |
| | D | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 | 6 |
| | E | 1 | 2 | 2 | 2 | 7 | 14 |
| TOTAL | | 2 | 7 | 8 | 4 | 16 | 37 |

Já no teste 2, as discussões do cruzamento entre as questões 2 e 5 não são relevantes, visto que ao definir as velocidades com cálculo algorítmico é necessário que o estudante utilize apenas a lei de conservação da quantidade de movimento.

No teste 1, em relação ao cruzamento entre os conceitos 3 e 5 (Tabela 6) o maior número de estudantes, que escolheram o mesmo par de alternativas (5 de 37 estudantes), optaram pelas alternativas D (Q3) e E (Q5). A alternativa D, diz que para definir se quantidade de movimento se conserva, aumenta ou diminui é necessário analisar cuidadosamente as velocidades e a alternativa E, afirma não haver perda total de energia, em nenhuma das situações representadas graficamente. Ao optarem por esse par de alternativas, o

grupo de estudantes demonstra não utilizar a lei de conservação de quantidade de movimento, apresentando dificuldade em definir as velocidades, de modo que, os estudantes não percebem que energia cinética pode zerar após a colisão.

Tabela 6
Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T1.

| | | QUESTÃO 5 | | | | | TOTAL |
|-----------|---|-----------|---|---|---|----|-------|
| | | A | B | C | D | E | |
| QUESTÃO 3 | A | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 8 |
| | B | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | C | 0 | 3 | 3 | 2 | 4 | 12 |
| | D | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 | 8 |
| | E | 1 | 3 | 3 | 0 | 3 | 8 |
| TOTAL | | 2 | 7 | 8 | 4 | 16 | 37 |

No teste 2, no cruzamento entre os conceitos 3 e 5 o maior número de correlações ocorreu entre as alternativas D de ambas as questões. A alternativa D (Q3) descreve que *quantidade de movimento se conserva porque a colisão é elástica* e a alternativa D (Q5) representa a resposta correta. Mesmo utilizando a concepção alternativa de que quantidade de movimento conserva-se apenas em colisões elásticas, o estudante consegue definir as velocidades utilizando cálculo algorítmico. Também, observando a tabela do cruzamento entre essas duas questões (Tabela 7) é possível verificar que dos 19 estudantes que responderam corretamente a questão algorítmica apenas 6 utilizaram a concepção científica em relação à conservação da quantidade de movimento (Q3). Pode-se dizer que, mesmo que o estudante tenha solucionado a questão algorítmica, não significa que tenha compreendido a lei de conservação de quantidade de movimento.

Tabela 7

Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T2.

| | | QUESTÃO 5 | | | | | |
|-----------|---|-----------|----|---|----|---|-------|
| | | A | B | C | D | E | TOTAL |
| QUESTÃO 3 | A | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | B | 1 | 6 | 0 | 4 | 0 | 11 |
| | D | 0 | 3 | 2 | 8 | 1 | 14 |
| | E | 0 | 5 | 0 | 6 | 0 | 11 |
| TOTAL | | 1 | 15 | 2 | 19 | 1 | 38 |

No teste 1, no cruzamento entre os conceitos 4 e 5 (Tabela 8), houve correlação entre as alternativas D (Q4) e E (Q5). A alternativa D representa a “idéia de produção, onde o estudante utiliza o princípio newtoniano de ação e reação, desconectado da idéia de conservação” (VILLANI & PACCA, 1990, p. 241). A alternativa E utiliza a idéia de não haver perda total de energia após a colisão. Portanto, os estudantes (12 de 37) que apresentaram correlação entre essas concepções demonstram realmente não ter noção de conservação.

Tabela 8

Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T1.

| | | QUESTÃO 5 | | | | | |
|-----------|---|-----------|---|---|---|----|-------|
| | | A | B | C | D | E | TOTAL |
| QUESTÃO 4 | A | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | B | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| | C | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| | D | 1 | 2 | 7 | 2 | 12 | 24 |
| | E | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 5 |
| TOTAL | | 2 | 7 | 8 | 4 | 16 | 37 |

No teste 2, o cruzamento entre os conceitos 4 e 5 (Tabela 9), apresentou maior número de correlações entre as alternativas A e D (8 de 38 estudantes). A alternativa A diz que *a bola*

A se move para a direita, pois a energia cinética é superior a energia B, assim ela gasta parte da sua energia para empurrar a bola B. E, a alternativa D é a alternativa correta. Assim como no cruzamento anterior, esse resultado também demonstra que o estudante, mesmo tendo respondido corretamente a questão algorítmica, pode não ter utilizado uma concepção científica ao solucionar o problema.

Tabela 9

Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T2.

| | | QUESTÃO 5 | | | | | TOTAL |
|-----------|---|-----------|----|---|----|---|-------|
| | | A | B | C | D | E | |
| QUESTÃO 4 | A | 0 | 4 | 1 | 8 | 0 | 13 |
| | B | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 8 |
| | C | 1 | 7 | 1 | 6 | 1 | 16 |
| | D | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| TOTAL | | 1 | 15 | 2 | 19 | 1 | 38 |

4.2.4 Análise dos cruzamentos entre conceitos que investigam a aplicação das duas leis de conservação

Segundo Grimellini-Tomazinni e colaboradores (1993), “o estudante tem dificuldade de mover-se de problemas pré-esquematizados para problemas baseados em situações da vida real. No segundo caso é necessário que o estudante reconheça o papel das leis de conservação como leis da natureza que permitem estabelecer situações reais dentro de limites definidos” e é na definição desses limites que surgem as dificuldades dos estudantes. De acordo com os autores, uma visão integrada das duas leis de conservação, conforme investigado na questão 6 de ambos os testes, requer um modo mais sofisticado de ver as leis de conservação do que a simples aplicação de cada uma destas, separadamente.

Nos cruzamentos entre as questões que investigam a relação entre as **leis de conservação** (energia e da quantidade de movimento), foram analisadas as correlações entre os conceitos 2-6, os conceitos 3-6 e os conceitos 5-6, de ambos os testes.

No teste 1, no cruzamento 2-6 (Tabela 10), o maior número de correlações (6 estudantes de 37) ocorreu entre as alternativas E, das duas questões, sendo que a alternativa E (Q2) relata que *tanto energia cinética como quantidade de movimento nem sempre irão se conservar, pois parte da velocidade de uma bolinha é transferida para a outra após a colisão*. Enquanto que a alternativa E (Q6) diz que *existe um limite para a perda de energia cinética do sistema e este limite não acontece em nenhum dos casos da questão anterior*.

Tabela 10
Cruzamento entre conceitos que investigam a aplicação das duas leis de conservação - T1.

| | | QUESTÃO 6 | | | | |
|-----------|---|-----------|----|---|----|-------|
| | | A | C | D | E | TOTAL |
| QUESTÃO 2 | A | 0 | 3 | 1 | 2 | 6 |
| | B | 1 | 4 | 1 | 0 | 6 |
| | C | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 |
| | D | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| | E | 4 | 2 | 2 | 6 | 14 |
| TOTAL | | 8 | 11 | 7 | 11 | 37 |

Enquanto que, no teste 2, o maior número de correlações no cruzamento 2-6 (Tabela 11), ocorreu entre a alternativa C da questão 6 e as alternativas A e D (em ambos os casos, foram 6 estudantes de 37). A alternativa A representa a “idéia de transmissão”, relatando que *haverá conservação de energia se a energia perdida pela bola A for transferida para a bola B*¹³. Assim, a colisão será elástica A alternativa D representa a concepção científica onde

¹³ Alguns autores, como Hewitt (2002), consideram essa concepção como científica. Porém, nesse trabalho foi considerada como concepção alternativa. Segundo Grimellini-Tomazinni e colaboradores (1993), quando o estudante apresenta essa concepção, como se “algo” fosse transferido de um corpo para outro, ele tem dificuldade em perceber o fenômeno como num sistema isolado, prevalecendo assim, a individualidade de cada corpo.

explica que *se houver conservação de energia, a colisão será elástica. Caso ocorra perda de energia, a colisão será inelástica. Não importa se quer o material com que sejam feitas as bolas.* As idéias, da questão 2, apresentam mesma correlação com a alternativa C (Q6), *sempre que houver perda de energia cinética haverá também perda de quantidade de movimento linear, ainda que os corpos permaneçam em movimento.*

Tabela 11

Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T2.

| | | QUESTÃO 6 | | | | | |
|-----------|---|-----------|---|----|---|---|-------|
| | | A | B | C | D | E | TOTAL |
| QUESTÃO 2 | A | 3 | 2 | 6 | 1 | 2 | 14 |
| | B | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | C | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 5 |
| | D | 2 | 2 | 6 | 0 | 1 | 11 |
| | E | 2 | 0 | 4 | 0 | 0 | 6 |
| TOTAL | | 9 | 6 | 17 | 1 | 5 | 38 |

Nesse caso, para ambos os testes, o cruzamento entre a lei de conservação de energia e a relação entre as leis de conservação, está representado por alternativas que apresentam as mesmas concepções: a “idéia de transmissão” e a idéia de que quantidade de movimento nem sempre se conserva. É importante observar que nessa correlação as questões envolvidas não apenas eram diferentes na sua apresentação, como também na estrutura de elaboração: a questão 6 do teste 1, segue estrutura de “duas sessões”, elaborada a partir de situações representadas graficamente, enquanto que a questão 6, do teste 2, é uma questão independente da questão anterior, que para resolução utilizava apenas cálculo algorítmico. Entretanto as idéias que se destacaram foram as mesmas.

Com relação ao cruzamento entre os conceitos 3 e 6 (Tabela 12), no teste 1, não houve correlação que tenha se destacado. Já no teste 2, o maior número de correlações ocorreu entre

as alternativas E e C (7 de 38 estudantes), respectivamente. As alternativas (Apêndice A) representam as mesmas idéias do cruzamento anterior. A alternativa E não apresenta, diretamente, a idéia de conservação da quantidade de movimento e a alternativa C deixa claro que quantidade de movimento nem sempre se conserva. Ou seja, ambas alternativas representam a mesma concepção, onde o estudante não percebe a relação entre as duas leis por não compreendê-las.

Tabela 12

Cruzamento entre conceitos ao utilizar as leis de conservação ao definir as velocidades - T2.

| | | QUESTÃO 6 | | | | | |
|-----------|---|-----------|---|----|---|---|-------|
| | | A | B | C | D | E | TOTAL |
| QUESTÃO 3 | A | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| | B | 1 | 2 | 5 | 0 | 3 | 11 |
| | D | 5 | 3 | 4 | 1 | 1 | 14 |
| | E | 3 | 0 | 7 | 0 | 1 | 11 |
| TOTAL | | 9 | 6 | 17 | 1 | 5 | 38 |

No cruzamento entre os conceitos 5 e 6 (Tabela 13), do teste1, verificou-se que a maior correlação ocorreu entre as alternativas E (10 de 37 estudantes), de ambas as questões. As alternativas apresentam a mesma idéia onde a alternativa E (Q5) relata *que não pode haver perda total de energia* e a alternativa E (Q6), conforme relatado no parágrafo anterior, *existe um limite para a perda de energia cinética do sistema e este limite não acontece em nenhum dos casos da questão anterior*. Esse resultado pode ter ocorrido, primeiramente pela semelhança na idéia central das alternativas e pela estrutura das questões elaboradas em duas sessões.

Tabela 13
Cruzamento entre conceitos, das leis de conservação, ao definir as velocidades T1

| | | QUESTÃO 6 | | | | |
|-----------|---|-----------|----|---|----|-------|
| | | A | C | D | E | TOTAL |
| QUESTÃO 5 | A | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | B | 0 | 6 | 0 | 1 | 7 |
| | C | 4 | 3 | 1 | 0 | 8 |
| | D | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 |
| | E | 3 | 2 | 1 | 10 | 16 |
| TOTAL | | 8 | 11 | 7 | 11 | 37 |

No testes 2, houve correlação entre as alternativas B e C respectivamente (9 de 38 estudantes). Conforme relatado anteriormente a questão 5 apresenta uma situação problema de solução algorítmica, onde seria suficiente a utilização da lei de conservação da quantidade de movimento. Porém a alternativa B (Q5) é incorreta. Já a alternativa C (Q6) relata que *sempre que houver perda de energia cinética haverá também perda da quantidade de movimento linear, ainda que os corpos permaneçam em movimento*. Este cruzamento (Tabela 14) demonstra que o estudante, por não compreender o conceito de conservação da quantidade de movimento, não consegue aplicá-lo na resolução do cálculo algorítmico como também não consegue estabelecer a relação entre as duas leis.

Tabela 14
Cruzamento entre conceitos, das leis de conservação, ao definir as velocidades- T2.

| | | QUESTÃO 6 | | | | | |
|-----------|---|-----------|---|----|---|---|-------|
| | | A | B | C | D | E | TOTAL |
| QUESTÃO 5 | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | B | 1 | 2 | 9 | 1 | 2 | 15 |
| | C | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | D | 6 | 4 | 7 | 0 | 2 | 19 |
| | E | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| TOTAL | | 9 | 6 | 17 | 1 | 5 | 38 |

Segundo Vianna (1978), após a aplicação dos testes, a análise estatística possibilita identificar algumas deficiências menores relacionadas ao enunciado ou aos itens de respostas, como por exemplo alternativas não suficientemente plausíveis e atrativas. Desta forma, considerou-se significativo apresentar algumas deficiências observadas nos testes e propor pequenas mudanças nos mesmos. As mudanças realizadas nos testes (Apêndice C e D) serão discutidas e apresentadas na próxima seção. É importante relatar que se faz necessário reaplicar a pesquisa para uma amostra maior, afim de se confirmar os resultados apresentados nesta análise.

5 RESULTADOS DA PESQUISA

Esta seção visa à explanação dos resultados da análise dos dados antes da elaboração dos testes (qualitativa) e após a aplicação dos mesmos (quantitativa), em relação aos conceitos investigados e leis de conservação. As discussões dos resultados das análises possibilitaram evidenciar as contribuições deste teste, e principalmente deste trabalho como um todo, para o processo de ensino-aprendizagem.

5.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DOS ESTUDANTES, ANTES DA ELABORAÇÃO DOS TESTES

Conforme relato, no início desse trabalho (Cap. 2), um grande número de autores (DRIVER, 1986; VIENOT, 1979; GRIMELLINI-TOMASINI et. al, 1993, VILLANI e PACCA, 1990; entre outros) têm demonstrado que as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes influenciam fortemente a aprendizagem dos conceitos científicos. Outros autores (TAO & GUNSTONE, 1999; JIMOYIANNIS & KOMIS, 2001; REIS & SERRANO,

2004; entre outros) sugerem que estas concepções sejam exploradas em estratégias de ensino, com auxílio de simulações computacionais a fim de promover a aprendizagem. Segundo Peduzzi e Peduzzi (2001), a utilização de técnicas de avaliação evidencia as reais concepções que os estudantes têm do fenômeno em estudo.

Esta pesquisa contemplou a utilização de concepções alternativas, em colisões mecânicas, através das leis de conservação, relatadas em registros de pesquisas anteriores. Estas foram de extrema importância para elaboração dos testes. O contato direto com estes registros de instrumentos aplicados por Reis (2004), possibilitou maior agilidade e confiança na elaboração dos testes, descartando possíveis desvios de interpretação destas concepções. Os resultados da re-interpretação e análise dos registros de instrumentos utilizados em pesquisas anteriores, que foram utilizados na elaboração das alternativas de respostas, serão apresentados nesta seção. Conforme relatado na metodologia (capítulo 3), esses resultados possibilitaram a utilização das concepções dos estudantes que fossem utilizadas nas alternativas de respostas dos testes conceituais objetivos utilizados.

Ao elaborar a questão que investiga o conceito 1 (de ambos os testes), verificou-se que, no teste qualitativo, os estudantes demonstraram compreender que, se há conservação de energia, há apenas de uma das formas de energia. Exemplos de respostas fornecidas pelos estudantes nos testes qualitativos: “*Sim, cinética*” (GR)¹⁴; “*Sim, potencial*” (RB). Alguns estudantes demonstraram relacionar a maior ou menor conservação de energia com o tipo de material que constitui os corpos que colidem (Q 1, Anexo A). Exemplo: “*Depende do material e do peso da bola, se ela for de borracha e oca com certeza subirá mais do que uma bola de metal*” (CE). Esta idéia também foi percebida por Orquiza e Vilani (1996) em

¹⁴ Foram utilizadas as iniciais dos nomes dos estudantes para representar suas respostas, da mesma forma foram abreviados os termos teste (T) e questão (Q).

entrevistas didáticas, com estudantes de ensino médio. Em alguns casos o estudante compreende que a bola não retorna a altura inicial, visto que parte da energia é transformada em outra forma de energia. Exemplos: *“Com certeza a bola não retorna a altura de um metro, pois, na queda, ela perde energia que se dissipa em sonora e térmica”* (AR); *“A altura será menor que a inicial pois houve perda de energia (atrito, sonora ao colidir com o solo)”* (AC). Exemplos como estes foram utilizados nas alternativas de resposta das questões 1 de cada teste (Apêndice A, T1 e Apêndice B, T2) .

Nas questões para o conceito 2 (Q2, Apêndice A,T1 e Apêndice B, T2), verificou-se que os estudantes relacionam o tipo de colisão com a deformação ou não dos corpos que colidem. Exemplos: *“Inelástica, porque na colisão não houve deformação do material e conseqüentemente perda de energia”* (PH); *“Inelástica, porque na colisão não houve deformação”* (MO). Segundo Reis (2004), essa concepção pode ter se originado por influência de informações e figuras apresentadas em livros didáticos, como por exemplo: Halliday , Resnick & Walker (2002) e Hewitt (2002, p.106). Os autores utilizam comentários do tipo “colisão inelástica, caracterizada por deformação ou geração de calor, ou ambos” e figuras, para ilustrar este tipo de colisão.

Verificou-se ainda que, nas respostas dos estudantes, para diferentes tipos de colisão, foi encontrada uma mesma explicação, cuja idéia central é que há transferência de energia de um corpo para outro, tanto em colisões elásticas quanto inelásticas (Q2, Alternativas “a”e “b”, Anexo A). Exemplos: *“Elástica, porque há transferência de energia e mudança de sentido”* (RN); *“Inelástica, porque há transferência de energia de uma bolinha para outra fazendo com que ocorra perda de energia”* (AM); *“Inelástica, por sua energia ter sido transferida para outro corpo”* (RC). Esta concepção também foi percebida ao investigar estudantes de

pós-graduação, por Villani e Pacca (1990), a qual era apresentada pelos autores como idéia de transmissão de energia. Como se pode observar, essa idéia de que ocorre transferência de energia ou quantidade de movimento é utilizada em alguns livros didáticos para explicar colisões (HEWITT, 2002). Entretanto, segundo Grimillini-Tomazinni e colaboradores (1993), ao utilizar essa idéia o estudante, na maioria das vezes, tem dificuldade ao interpretar o fenômeno num sistema definido e perceber que os corpos não atuam individualmente.

Nas questões que envolvem o conceito 3 (Q3, Apêndice A, T1 e Apêndice B, T2), houve maior frequência de respostas onde os estudantes utilizavam a idéia de que apenas na colisão elástica a quantidade de movimento se conserva. Por exemplo, em colisão inelástica: “*Quantidade de movimento reduz*” (TM); “*zera a quantidade de movimento*” (RB). Em entrevistas didáticas, após sucessivas entrevistas, Orqiza e Villani (1996) verificaram que espontaneamente, resumindo o que aprendera o estudante NA afirma “*a quantidade de movimento tem que se conservar, nos casos de choques elásticos*”. Também foram observadas respostas onde, frequentemente, os estudantes utilizavam a idéia de transmissão, na maioria dos casos, utilizando a mesma concepção que no conceito 2. Por exemplo: “*Quantidade de movimento em grande parte se transfere de A para B*” (GR). Para colisões completamente inelásticas temos situações semelhantes: “*Quantidade de movimento se transfere grande parte de A para B*” (GR).

Quanto ao conceito 4 (Q4, Apêndice A, T1 e Apêndice B, T2), os estudantes relacionam a direção do movimento dos corpos diretamente com o maior valor de energia cinética e massa dos corpos antes da colisão. Embora os estudantes já tenham trabalhado com grandezas vetoriais e escalares, parece não perceberem que energia cinética é uma grandeza escalar e quantidade de movimento é uma grandeza vetorial, ao mesmo tempo em que, não percebem

que a quantidade de movimento de um sistema isolado e fechado, sempre se conserva (Alternativa C, Q2, Anexo A).

Observou-se ainda, nas respostas, a predominância da idéia de “força ativa”, ou aplicação da terceira Lei de Newton (VILLANI & PACCA, 1990). De acordo com estes autores, “a diferença com o princípio newtoniano está em que ação e reação não estão, neste caso, conectadas por uma idéia de conservação” (op. cit., p. 241). Exemplos: “Direita, a energia da bola B é maior que a energia da bola A” (JF); “Direita, observando a quantidade de energia dos corpos antes da colisão verifiquei que o corpo A tinha maior massa e energia que B” (PH). “Direita, por causa da massa de A que é maior” (LF); “Direita, porque a bola A tem maior energia cinética e maior massa, após a colisão, parte dessa energia se transfere para a bola B, e a bola A acompanha na mesma direção” (FB). Em todos os exemplos os estudantes utilizam energia e massa em lugar da conservação da quantidade de movimento, ao definir a direção dos corpos após a colisão.

Quanto às respostas referentes ao conceito 5 (Q5, Apêndice A, T1 e Apêndice B, T2), os estudantes não utilizaram adequadamente as leis de conservação ao definir as velocidades, de forma que, em colisões elásticas alguns responderam: “Se perde boa parte da velocidade” (GR); “se igualam” (ML); “as velocidades se mantêm” (FB); “VA diminui e VB aumenta” (FM); “velocidade diminui” (LP). Em colisões não elásticas (Q3, Anexo A), alguns dos estudantes responderam corretamente, embora não se possa afirmar que esses tenham utilizado as leis de conservação: “a bola A perde velocidade e B ganha velocidade” (PH); “A diminui e B aumenta” (MH). Em colisões completamente inelásticas alguns estudantes demonstraram não compreender as leis de conservação ao responder que os corpos param após a colisão. Exemplos: “velocidade é igual à zero” (FB; RN).

Conforme relatado anteriormente, a maioria dos estudantes não respondeu a questão, no teste qualitativo, referente ao conceito 6 (Q3(f), Anexo A), não foram encontradas respostas que pudessem ser utilizadas na elaboração das alternativas da questão 6, de ambos os testes (Apêndices A e B), sendo para isto, utilizadas as concepções apresentadas em literatura (GRIMELLINI-TOMASINI, et. al. 1993). Segundo os autores, “é difícil para os estudantes construir uma visão integrada das duas leis, porque em um esquema conceitual, em colisões unidimensionais, exige a superação de uma visão local de cada lei de conservação”.

5.2 RESULTADOS DA ANÁLISE DOS DADOS DO TESTE CONCEITUAL OBJETIVO

Nesta seção serão apresentados os resultados da análise dos testes conceituais objetivos elaborados, aplicados e analisados nesse trabalho. Inicialmente, serão apresentados os resultados do teor e frequência das concepções apresentadas pelos estudantes ao responder às questões conceituais dos testes. Apresentar-se-ão, também, os resultados das relações estabelecidas pelos estudantes, entre conceitos e concepção, nas respostas dos instrumentos aplicados.

5.2.1 Teor e frequência das concepções apresentadas pelos estudantes

Através dos resultados das análises das concepções apresentadas nas respostas dos estudantes, verificou-se que é possível conhecer o teor e frequência das mesmas. Nesta seção os resultados serão relatados através da representação total da amostra (75 estudantes).

Conforme relatado na análise das concepções (seção 4.1), no conceito 1, a concepção que mais se destacou na amostra foi que apenas um tipo de energia se conserva (cinética, potencial e total) representando 45% dos respondentes. E, no conceito 2, destacou-se a “idéia de transmissão” apresentada por 48% dos estudantes. Estes resultados vão de encontro ao modelo de transmissão apresentado por Villani e Pacca (1990), no qual afirmam ser esta “uma visão totalmente escalar das quantidades físicas envolvidas em uma colisão” (p. 241). Esta idéia pode ser utilizada, apenas, em colisões entre dois ou mais corpos, não podendo ser utilizada em situações como as representadas nas questões 1, dos testes (envolvendo apenas um corpo). Isto pode justificar as dificuldades que os estudantes têm em utilizar a lei de conservação de energia, em colisões.

Nos conceitos referentes à lei de conservação da quantidade de movimento (conceito 3 e 4) as concepções que se destacaram na questão 3, com percentuais muito próximos, foram: concepção científica (31%) e concepção alternativa onde conservação da quantidade de movimento depende do tipo de colisão (29%). Já na questão 4, ao definir o sentido dos corpos após a colisão, destacou-se a concepção representada pela “idéia de produção” (64%). Segundo Villani e Pacca (1990) ao utilizar este modelo, o estudante “tem dificuldade ao prever a energia e impulso do alvo, a partir do movimento da bola incidente, porque não há uma conexão entre a ação da bola incidente e a reação do alvo” (p.241). É importante destacar

que os estudantes que utilizaram energia cinética para definir o sentido dos corpos (T2, Q4, alternativas A e B), de certo modo, estavam utilizando a “idéia de produção” (seção 4.1.4), somando o total de 92% da amostra.

Para definir as velocidades, os resultados das análises são apresentados separadamente, em relação a cada um dos testes. Na questão conceitual (Q5, T1) a concepção alternativa que se destacou foi que não pode haver perda total de energia após a colisão, demonstrando que estes estudantes de alguma forma utilizaram a lei de conservação de energia para definir as velocidades e ignoraram a lei de conservação de quantidade de movimento. Segundo Orquiza e Villani (1996), “o número relativamente grande de elementos essenciais e a variedade de situações cuja análise requer o uso dos princípios de conservação torna o processo de articulação do conjunto de conhecimentos a tarefa mais complexa a ser realizada pelos estudantes” (p. 8 de 16) Isto pode justificar também a dificuldade que os estudantes têm em solucionar situações problema que tratam o conceito 6, conforme relatado anteriormente (Seção 3.1.3).

Quanto aos resultados da análise da questão algorítmica (Q5, T2), não é possível afirmar qual concepção foi utilizada em sua resolução, tanto para os que acertaram ou não (50%) a questão. O emprego incorreto de conceitos, leis e princípios, pode ocorrer em problemas como este, onde a resolução é essencialmente numérica, envolvendo a determinação de grandezas incógnitas a partir de dados conhecidos (PEDUZZI & PEDUZZI, 2001). Este fato, segundo os autores, pode contribuir para que a resolução resulte, apenas, na inserção de valores numéricos para a determinação da resposta onde o processo se efetiva com pouca ou nenhuma compreensão conceitual. Talvez isto explique o fato que dos 18 estudantes (50%) que responderam corretamente a questão 5, apenas 6 estudantes acertaram a questão 3 e apenas 1 acertou a questão 4, questões estas que envolvem conceitos

fundamentais para a compreensão do conceito 5. E ainda, como nenhum estudante ¹⁵ acertou as questões conceituais 3 e 4, não se pode afirmar uma relação inversa, ou seja, que a compreensão conceitual precede a “capacidade” algorítmica, conforme discutido na literatura (NIAZ, 1995b).

5.2.2 Resultados das relações entre conceitos e concepções

Inicialmente acreditava-se que o domínio de um determinado conceito influenciaria na compreensão dos demais conceitos nas situações problema apresentadas aos estudantes. Se esta hipótese fosse verdadeira, isto deveria ocorrer no domínio da lei de conservação da quantidade de movimento. O domínio desta lei implica não apenas em compreender que quantidade movimento, em um sistema isolado, sempre se conserva a qualquer instante e em qualquer tipo de colisão, mas deveria compreender, também, que quantidade de movimento é uma grandeza vetorial, utilizando-a corretamente em situações proposta. A partir das análises esta hipótese se confirma, pois dos vinte e três estudantes que responderam corretamente o conceito 3, apenas um respondeu corretamente o conceito 4 e mais, este mesmo estudante respondeu corretamente todas as demais questões.

Outro fato importante observado na análise dos dados refere-se a influência do domínio desta lei de conservação na resolução da situação problema proposto na questão 5. Esta questão conceitual (Apêndice A, Q5, T1) envolve diferentes representações gráficas, onde a solução requer principalmente o domínio de grandeza vetorial. Neste caso verificou-se

¹⁵ Deve-se ressaltar, contudo, que o estudo de Niaz foi realizado com grandezas escalares, pertinentes ao campo de equilíbrio químico. Aqui, trata-se de grandezas vetoriais. Dessa forma, a correta compreensão conceitual do que é um vetor deve preceder a capacidade algorítmica de resolver problemas de conservação da quantidade de movimento como a questão 5.

que dos oito estudantes que responderam corretamente a questão 5, apenas um respondeu corretamente a 4 e três a 3 (Anexo C).

Quanto aos resultados das relações entre as concepções, estes demonstram que alguns estudantes utilizam uma mesma concepção na resolução de questões para diferentes conceitos, destacando-se as concepções representadas pela idéia de transmissão e idéia de produção. A primeira, utilizada nas questões 2 e 5, onde o estudante apresenta a idéia de que o projétil transmite total ou parcial quantidade de energia ao alvo, aplicando esta mesma concepção ao determinar as velocidades finais¹⁶.

O mesmo ocorre em relação a “idéia de produção” (Q4 e Q5), onde o estudante, ao determinar o sentido dos corpos e as velocidades faz uso da terceira lei de Newton, numa visão de que a ação sempre supera a reação. Assim considera que o corpo que possui maior massa, energia ou quantidade de movimento determina o que ocorre com os corpos e velocidades, sem levar em conta a idéia de conservação.

Observou-se, também, a partir das análises que estudantes que utilizaram a idéia de transmissão para resolver problemas que envolvem grandezas escalares, também utilizam a idéia de produção para grandezas vetoriais, realizando uma mescla de modelos. Estes mesmos resultados foram verificados por Villani e Pacca (1990), através de atividades experimentais.

Conforme relatado neste trabalho, pesquisas anteriores (GRIMELINI-TOMAZINI et. al. 1993; VILLANI E PACCA, 1990; VILLANI & ORQUIZA, 1997; REIS, 2004), utilizando diferentes estratégias didáticas (laboratório real, entrevistas, simulações, etc), identificam

¹⁶ O estudante interpreta que do mesmo modo que a energia pode ser transferida ou transmitida de um corpo para outro, também pode ocorrer com as velocidades após a colisão.

como concepções alternativas que se destacam entre os estudantes como sendo “idéia de transmissão” e “idéia de produção”, influenciando na construção dos conceitos físicos. Os resultados deste trabalho também destacam as mesmas concepções, demonstrando que através de testes quantitativos é possível chegar aos mesmos resultados de testes qualitativos.

5.3 ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS NOS TESTES QUANTITATIVOS

É reconhecido que a elaboração de itens em testes de múltipla-escolha exige esforço e tempo, ainda que o construtor seja um indivíduo experimentado e tecnicamente capaz. A sua estruturação definitiva, como em todo trabalho criativo, está sujeita a constante retoques (VIANNA, 1978). Segundo o autor, o ideal é que o construtor consiga aliar o conhecimento do assunto ao domínio das técnicas de elaboração de testes, para que após os resultados ele mesmo possa realizar as modificações necessárias, conforme proposto nesta seção. Nesta seção são propostas algumas modificações que se julgaram necessárias aos testes. É importante esclarecer que os testes modificados apresentados nos Apêndices C e D não foram aplicados nesta pesquisa.

5.3.1 Alterações no Teste 1

Na questão 1 foi proposta uma situação real, enquanto o estudante deveria responder através de uma situação idealizada. Na análise verificou-se que o estudante teve dificuldade de distinguir essas duas situações. A solução para este problema foi alterar o enunciado da questão, de uma colisão elástica para uma colisão inelástica. Assim a resposta correta seria a

alternativa E e não mais a alternativa C. Também a alternativa C poderia ser alterada, acrescentando energia potencial e total (Apêndice C).

Na questão 2, a concepção alternativa que representa a idéia de deformação (K se conserva se não houver deformação) não foi representada em nenhuma alternativa deste teste. Percebe-se que as concepções apresentadas como alternativas de resposta em cada teste não foram as mesmas, prejudicando a análise conjunta de ambos os testes neste conceito (ver gráfico 2). Por isso considerou-se, neste teste, acrescentar na alternativa B a idéia de deformação das bolas.

Na questão 4, na alternativa D, da forma como foi apresentada não contribui para a compreensão do conceito, servindo apenas para distrair o estudante. De fato, nesta questão a quantidade de movimento do corpo B é menor que o corpo A (antes e após a colisão), no entanto a alternativa não afirma se há ou não conservação de quantidade de movimento.

5.3.2 Alterações no Teste 2

Na questão 1, durante a análise considerou-se que, devido a proximidade dos valores apresentados nos dados do enunciado (referentes à altura), os estudantes podem ter considerado como colisão elástica optando pela alternativa C, não percebendo que se tratava de uma colisão inelástica. Deste modo, a altura após a colisão foi alterada de 0,98m para 0,78m.

Na questão 2, a concepção alternativa que representa a idéia de que conservação da quantidade de movimento depende da conservação da energia cinética (conservação de QM é

decorrente da conservação de K) não foi representada. Por isso considerou-se, neste teste, modificar a alternativa B apresentando a idéia em questão.

Na questão 3, foi proposto na alternativa C que “não é possível determinar a quantidade de movimento da bola B”. Porém, ao analisar a questão, o estudante encontra os dados para que possa determinar este valor, de modo que qualquer estudante que tenha alguma noção conceitual ou algébrica referente à quantidade de movimento, imediatamente descarta a alternativa. É provável que este fator tenha influenciado para que nenhum estudante utilizasse esta alternativa de resposta.

Na questão 4, alternativa C, da forma que o texto foi elaborado, deixa margem para que o estudante interprete que a massa do corpo pode modificar após a colisão. Portanto, a expressão “antes da colisão” foi retirada. A alternativa ‘E’ também foi alterada, pois não foi apresentada nenhuma concepção objetiva, contribuindo para que nenhum estudante optasse por ela. Em substituição a esta, foi apresentada uma concepção “fora de foco” (Apêndice D). Também, percebeu-se a necessidade de representar em módulo a variável quantidade de movimento, de cada corpo, utilizada no gráfico.

Na questão 5, mesmo que índice de acerto entre os estudantes tenha sido representativo (Gráfico 5), a questão não possibilita afirmar que o estudante tenha compreendido o conceito. Da forma como os itens de resposta foram apresentados, não foi possível saber se os estudantes utilizaram as leis de conservação no procedimento para chegar à resposta. Assim, foram alteradas as alternativas, apresentando justificativas para cada item de resposta e também foram alterados os valores de uma das variáveis apresentadas no enunciado. Conseqüentemente alteraram-se as alternativas de resposta (Apêndice D).

Na Questão 6, a alternativa A afirmava que não podia haver perda total de energia cinética. Esta situação apresentada não permite que o estudante perceba que energia cinética pode chegar a zero e, ainda assim, quantidade de movimento se conservar. Por isso, a expressão, mas *não totalmente* foi retirada da alternativa. Já a alternativa E foi totalmente modificada, uma vez que pouco se diferenciava da alternativa D.

CONCLUSÃO

Os testes quantitativos possibilitaram responder a seguinte pergunta de pesquisa: qual o teor, frequência e relações entre as concepções alternativas de estudantes universitários de Física, medidos por um teste quantitativo? Os resultados das análises dos instrumentos demonstraram que as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes que se destacaram, em termos de frequência, e, portanto, as mais utilizadas na lei de conservação de energia, foram representadas pela concepção de que apenas um tipo de energia se conserva (cinética, potencial ou total) e pela idéia de transmissão. Já na lei de conservação da quantidade de movimento, a mais utilizada foi a concepção representada pela idéia de produção e a concepção em que a conservação da quantidade de movimento depende do tipo de colisão.

Através da análise estatística das correlações entre conceitos realizada neste trabalho, foi possível: verificar de que maneira os estudantes compreenderam os conceitos investigados; se compreenderam as leis de conservação; se foram capazes de utilizar somente os conceitos isolados; se utilizaram as mesmas concepções em diferentes conceitos ou leis, e,

principalmente, se estabeleceram relações entre os conceitos, ao interpretar o fenômeno em diferentes situações.

Foi possível observar que algumas destas concepções foram utilizadas, pelo mesmo estudante em diferentes situações, e, também, concepções diferentes foram utilizadas na solução de situações-problema envolvendo o mesmo conceito. Ambas as situações evidenciaram que não existe uma diferenciação de concepções científicas ou alternativas quando em uso para explicar situações científicas.

Sobre uma possível hierarquização de concepções científicas na utilização das leis de conservação em diferentes situações-problemas, conclui-se que a compreensão bem estabelecida da lei de conservação da quantidade de movimento poderia favorecer a compreensão dos demais conceitos, no estudo do tema colisões mecânica, mesmo considerando o baixo número de estudantes que responderam corretamente esta questão. Não se pode estabelecer uma hierarquia de aprendizado com relação a estes conceitos, mas pode-se vê-los como “marcos de aprendizado”. Assim, se o estudante apresenta uma boa compreensão do conceito de conservação de quantidade de movimento, é quase certo que apresentará, também, os demais conceitos bem construídos.

Ainda em relação aos conceitos referentes à lei de conservação da quantidade de movimento, foi possível concluir que as situações-problema apresentadas aos estudantes influenciaram no resultado, uma vez que apenas um estudante (dos 23 que acertaram o conceito 3 nos testes 1 e 2) acerta a questão 4. Assim, não se pode afirmar que há vínculo, mas pode-se concluir que, quando a situação-problema envolve maior número de variáveis, dificulta, para o estudante, a solução da mesma, o que ocorre entre as duas questões

mencionadas, o estudante troca de concepção que neste caso é de científica para alternativa. Desta forma, conclui-se que neste tipo de teste, especialmente quando utilizado para medir o nível de compreensão dos estudantes, é necessário analisar o grau de dificuldade que lhe é proposto.

A utilização de registros de pesquisa anterior, como o caso particular desta pesquisa, contribuiu de forma significativa para a realização e o bom desempenho deste trabalho, uma vez que os dados foram obtidos com certa agilidade e confiança.

O teste quantitativo dá espaço a várias críticas e discussões em relação a diferentes pontos de vista quanto às vantagens e desvantagens que podem ser consideradas conforme sua utilização. Ao contrário do que alguns possam pensar, sua estrutura não lhe impõe limitações, como todo instrumento de pesquisa, ele deve atender aos objetivos que o autor lhe atribuir. Testes quantitativos possibilitam desenvolver diferentes focos de interpretação, tanto através das situações-problema quanto das alternativas de resposta na visão de educadores e estudantes. Mas, sobretudo, testes como esses viabilizam aplicação, em sala de aula, por professores sem treinamento em metodologias alternativas de pesquisa, proporcionando agilidade na obtenção dos resultados.

A pesquisa indica, que, apesar de carecer de um melhor rigor estatístico, testes conceituais objetivos, quando bem elaborados, possibilitam avaliar as concepções dos estudantes e chegar a resultados semelhantes aos de pesquisas anteriores com testes qualitativos. Com isto pode-se inferir que testes qualitativos e quantitativos podem medir os mesmos objetivos, no desempenho educacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTOLFI, J. P. & DEVELAY, M. A didática das Ciências. Tradução Magda S. S. Fonseca. 8ª. Ed. Capinas, SP: Papyrus, 2003.

AUBRECHT, G. J. & AUBRECHT, J. D. Constructing objective tests. **American Journal Physics** , v. 51, n.7, p. 613 – 620, July 1983.

AUSUBEL D. P. Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. México, Editorial Trillas, (1976). Traduzido de: **Educational psychology – a cognitive view**. New York, Holt, Rinehart and Winston, Inc 1968.

COLL, C.; POZO, J. I.; SARABIA, B. & VALLS, E. **Os conteúdos na reforma**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000, 182p.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics** .New York: John Wiley & Sons Inc., 1971.

DE BRUYNE , P. HERMAN, J. & DE SCHOUTHEETE, M. **Dynamique de la recherché en: sciences sociales**, Vendôme P.U.F , 1975, 240 p Citado em: LESSARD-HÉBERT,M.; GOYETTE, G. & BOUTEN,G. **Investigação qualitativa: fundamentos e práticas**. Lisboa: Instituto Piaget, 1990, 184p.

DYER, H. S. On the assement of academic achievement. Teachers College Record, 62, págs. 164-172, 1960. Citado em: VIANNA, H. M. **Testes em educação**. 4ª ed. São Paulo: IBRASA, 1982.

DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**. V. 4, n.1, p. 3-15, 1986.

DRIVER, R. The representation of conceptual frameworks is young adolescent science students. Unpub. **Ph. D. thesis**, Univ. of Illinois, Urbana, Illinois, 1973. Citado em **DRIVER, R.** Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de las Ciências. V. 4, n.1, p. 3-15, 1986.

GAMBOA, S.S. Tendências epistemológicas: dos tecnicismos e outros “ismos” aos paradigmas científicos. In: SANTOS, J. C & GAMBOA, S.S. **Pesquisa educacional: quantidade – qualidade**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

GRECA, I. M. Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de ciências: algumas questões para refletir. In: Encontro de pesquisa em ensino de ciências. Atibaia: São Paulo, 2001. **Ata CD**. São Paulo: III EMPEF, 2001.

GRECA, I. M. & MOREIRA, M. A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes uma proposta representacional integradora. **Investigação em Ensino de Ciências**, v.7, n.1, Mar. 2002.

GRIMELLINI-TOMASINI, N; PECORI-BALANDI, B; PACCA, J. L. A. & VILLANI, A. Understanding conservation laws in mechanics: students’ conceptual change in learning about collisions. **Science Education**, v.77, n.2, 169-189, 1993.

HESTENES, B. D.; WELLS M. & SWACKHAMER, G. Force Concept Inventory. **The physics teacher**, v.30, p. 141-158, Mar. 1992.

HEWITT, P. G. 2002 **Física Conceitual**, 9ª.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

JIMOYIANNIS, A. & KOMIS, V. Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students’ understanding of trajectory motion. **Computers & Education**. v. 36, p.183-204, 2001.

MALONEY, D. P; O’KUMA T. L; HIEGGELKE, C. J. & HEUVELEN A.V. Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism. **Phys. Educ. Res., Am. J. Suppl.**, v. 69, n. 7, S12-S23, 2001.

B; PACCA, J. L. A. & VILLANI, A. Understanding conservation laws in mechanics: students’ conceptual change in learning about collisions. **Science Education**, v.77, n.2, 169-189, 1993.

MOORE, D. **A estatística básica e sua prática**. Rio de Janeiro: LTC, 1995, 482p.

MOREIRA, M. A. Pesquisa em ensino aspectos metodológicos. **Pesquisa em ensino: O vê de epistemológico de Gowin**. São Paulo: Editora Epistemológica Universitária Ltda, 1990.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, M.A. **Aprendizaje significativo: teoría y práctica**. Madrid: Visor Dis, S. A. 2000a.

MOREIRA, M. A. a Teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciência e as pesquisas nesta área. **Investigação em ensino de ciências**. Porto Alegre, v.7, n.1, março de 2002. <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>.

MOREIRA, M. A. & GRECA, I. M. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. In press: **Jornal de Ciências & Ensino**. São Paulo: UNICAMP, 2003.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigação em ensino de ciências**. Porto Alegre, v.1, n.1, 1996. <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte. Ed. UFMG, 2000.

NIAZ, M. Can we Integrate Qualitative and Quantitative Research in Science Education? **Science and Education**. 6: 291-300, 1997.

NIGRO, R. G. Alternativa a múltipla escolha. **Ciência Hoje**. V. 35, n. 205, pg. 56-59, Junho de 2004.

NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação**. Tradução para o português de M. A. Moreira. São Paulo: Pioneira, 1981. Citado em: MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: editora UNB, 1999.

ORQUIZA L. C. & VILLANI, A. Aprendizagem dos princípios de conservação em entrevistas didáticas. **Revista Investigação em ensino de ciências**. Porto Alegre, v.1, n.1, 1996. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 17 out. 2004.

PEDUZZI, S.S. Concepções alternativas em mecânica. In: PIETROCOLA, M. **Ensino de física: conteúdo metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2001.

PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento. Equilibração das estruturas cognitivas**. Lisboa: Dom Quixote. (1977). Citado em: MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte. Ed. MFMG, 2000.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: PIETROCOLA, M. **Ensino de física: conteúdo metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2001. 120.

POSNER, G., STRIKE, K., HEWSON, P. & GERTZOG, W. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, vol. 66, p 211-227, 1982.

POSNER, G., STRIKE, K., HEWSON, P. & GERTZOG, W. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, vol. 66, 1982, p 211-227. Citado em: MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte. Ed. MFMG, 2000.

POZO, J. I. A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. In: COLL, C.; POZO, J. I.; SARABIA, B. & VALLS, E. **Os conteúdos na reforma**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000, 182p.

REIS, M.A.F. **O uso de simulações computacionais no ensino de colisões**. Canoas: ULBRA, 2004. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, 2004.

RESNICK, R; HALLIDAY, D. & KRANE, K. S. **Física 1**. Quinta edição. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

SANTOS, J. C. Pesquisa quantitativa versus pesquisa qualitativa: O desafio paradigmático. In: SANTOS, J. C & GAMBOA, S.S. **Pesquisa educacional: quantidade – qualidade**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceptual na sala de aula**. Um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado. 2. ed. Lisboa : Livros Horizonte, 1998.

SILVEIRA, F.L., MOREIRA M.A.& AXT, R. Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: Um exemplo em mecânica. **Enseñanza de las Ciencias**, vol.10, n.2, p. 187-194,1992.

SPSS. **Statistical Package for the Social Sciences**. Para Windows, versão 10.

TIPLER, P. A. **Física 1**. LTC Editora, 4ª ed. Rio de Janeiro: 2001.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches em Didactique des Mathematiques**, 10 (23): 133-170. *Citado em*: MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em ensino de ciências*, vol. 7, n 1, mar. 2002.

VIANNA, H. M. **Testes em educação**. 4ª ed. São Paulo: IBRASA, 1982.

VILLANI, A. Mudança conceitual em ensino de física: objetivo ou utopia? In: Palestra de abertura do III Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 1990, Porto Alegre. **Anais: III EMPEF**, 1990, p 20-37.

VILLANI, A. & PACCA, J. Conceptos espontáneos sobre colisiones. **Enseñanza de las Ciencias**. V.8. n.3, p. 239-244, 1990.

VILLANI, A. & CABRAL, T.C.B. Mudanza conceitual, subjetividade e psicanálise. **Revista Investigaçao em ensino de ciências**. Porto Alegre, v.2, n.1, 1997. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>. Acesso em: 07 de mar.. 2005.

OBRAS CONSULTADAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. & HANESIAN, H. **Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo**. (2a. ed.). México, Editorial Trillas, 1983. Citado em: MOREIRA, M. A. **Aprendizaje significativo: teoría y práctica**. Madrid: Visor Dis, S. A. 2000a.

AUSUBEL, D.P. **Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo**. México, Editorial Trillas. (1976). Traduzido de: Educational psychology - a cognitive view. New York, Holt, Rinehart and Winston, Inc.1963.

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. & HANESIAN, H. **Educational psychology**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978. Citado em: MOREIRA, M.A. **La teoría del aprendizaje significativo**. Texto de Apoyo 6. Programa internacional de doctorado en enseñanza de las ciencias. Burgos: Universidad de Burgos, 1999. Tese de Doctorado.

DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. Int. J. Sci. Educ., v. 11, special issue, p. 481-490, 1989.

GIL PÉREZ, et. al. ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? **Enseñanza de las Ciencias** v. 17, n.3, p. 503-512, 1999.

HALLIDAY, D; RESNICK, R. & WALKER, J. **Fundamentos de Física**, v.1. Editora LTC, 6ª ed. Rio de Janeiro: 2002.

LÜDKE, M. & ANDRÉ, M. E. D. **Pesquisa em educação: Abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e prospectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v.22, nº1, p.94-99, mar. 2000b.

ORQUIZA, L. C. **Representações mentais e conflitos cognitivos: o caso das colisões mecânicas**. São Paulo: USP, 1994. Tese de doutorado. Faculdade de Educação: Universidade de São Paulo, 1994.

SEARS, F; ZEMANSKY, M. W. & YOUNG, H. D. **Física 1: Mecânica da partícula e dos corpos rígidos**. Tradução: 1ª José de Lima Accioli, 2ª Jeal Pierre von der Weid. Rio de Janeiro: LTC, 1985.

VILLANI, A. & ORQUIZA L. C. Conflictos cognitivos, experimentos cualitativos Y actividades didácticas. **Enseñanza de las Ciencias**. V.13. n.3, p. 279-294, 1995.

VILLANI, A. Estratégia de ensino-aprendizagem, mudança conceitual. In: XI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 1995, Niterói: Rio de Janeiro. **Anais: XV SNEF**, 1995, p. 34-39.

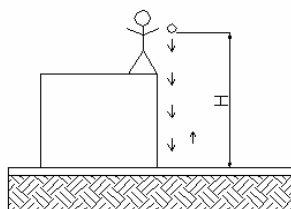


APÊNDICE A

INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS – TESTE 1
Avaliações sobre concepções em colisões.

Nome: _____ Curso: _____ Data: _____

1) Uma bola de tênis é jogada do alto de um bloco de 2m. A colisão com o chão pode ser considerada elástica. O que acontece com a bola, de acordo com a figura abaixo? (despreze o efeito da resistência do ar):



- (a) A bola volta, subindo após a colisão, mas não atinge a altura H. Isto ocorre porque a energia cinética do sistema se conserva, mas não a energia potencial.
- (b) Depende do material com que é feita a bola. Neste caso, a bola volta, passando pelo garoto, que pega a bola acima da altura da sua cabeça. Isto ocorre porque o material com que é feita a bola de tênis a impulsiona para cima.
- (c) A bola volta, subindo após a colisão, chegando exatamente na altura H, com velocidade nula. Isto ocorre porque a energia cinética, potencial e total do sistema se conservam após a colisão. Sucessivas colisões fariam exatamente o mesmo. A bola jamais pararia.
- (d) A bola certamente volta até a mão do garoto, pois a energia cinética, potencial e total se conservam. Mas após certo número de colisões, ela irá progressivamente diminuir sua altura de chegada, até parar.
- (e) A bola não volta ao garoto, em virtude de sua energia cinética não ter se conservado, e sim se convertido em energia térmica e som.

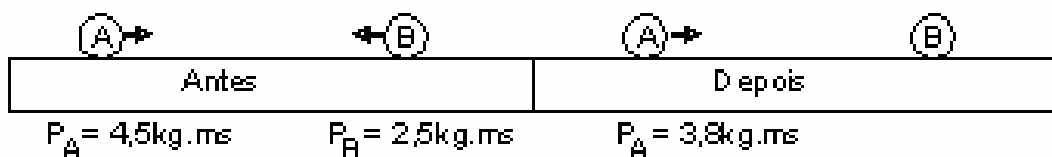
2) Duas crianças estão jogando bolinhas de gude. Este é um exemplo de situação onde ocorrem diferentes colisões: tanto elástica como inelástica. Assim, podemos afirmar:

- (a) Caso a energia cinética se conserve (antes e após a colisão), então necessariamente, a quantidade de movimento se conserva. Caso a energia cinética não se conserve, a quantidade de movimento também não se conservará.
- (b) Caso a colisão seja elástica, a quantidade de movimento se conserva. Caso seja inelástica apenas parte se conserva.
- (c) Depende de cada caso, a quantidade de movimento se conserva ou não. Seria necessário verificar a direção e o sentido das velocidades (fazer operações com vetores) para responder sobre a questão.
- (d) Em colisões elásticas a energia se conserva e em colisões inelásticas há uma perda de energia, mas a quantidade de movimento irá sempre se conservar.
- (e) Tanto a energia cinética como a quantidade de movimento, nem sempre irão se conservar, pois parte da velocidade de uma bolinha é transferida para a outra após a colisão.

3) Em uma colisão frontal, um carro e um ônibus foram destruídos. Um perito, medindo as marcas dos pneus verifica que a quantidade de movimento do sistema é de 1600 kg.m/s , antes da colisão. Assim, ele sabe que:

- (a) Após a colisão, se houve deformação nos veículos, a quantidade de movimento é necessariamente menor que 1600 kg.m/s .
- (b) Após a colisão, se os veículos forem jogados a uma distância grande e não houver muita deformação, podemos afirmar que parte da energia foi convertida em quantidade de movimento, que aumenta, sendo, após a colisão, mais de 1600 kg.m/s
- (c) Após a colisão, independentemente de deformação, ou de como ocorreu a colisão, a quantidade de movimento do sistema é 1600 kg.m/s .
- (d) Ele terá que analisar cuidadosamente as velocidades dos veículos antes de afirmar se a quantidade de movimento após a colisão é maior, menor ou igual a 1600 kg.m/s .
- (e) Dependendo do tipo de colisão que ocorreu (elástica, inelástica ou completamente inelástica), a quantidade de movimento será igual ou diferente de 1600 kg.m/s , podendo ser até zero.

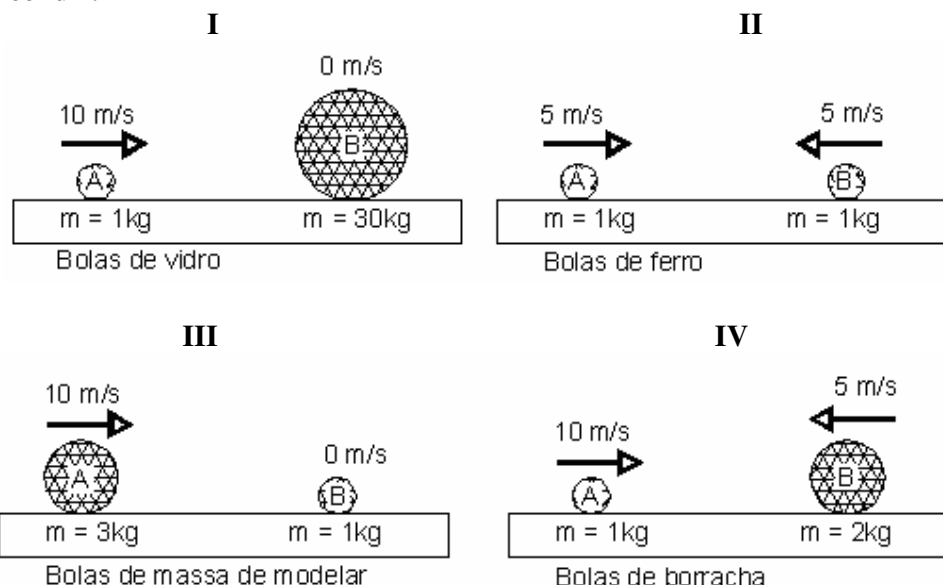
4) Dois corpos formam um sistema, que é fechado e isolado. Considerando que os dois corpos estão em movimento e o que diz a lei de conservação da quantidade de movimento linear, responda:



Em que sentido o corpo B deve se mover depois da colisão?

- (a) Não temos como definir, pois embora o sistema seja fechado e isolado, não são conhecidas as velocidades dos corpos.
- (b) Após colidirem, o corpo B se move para a esquerda, mesmo que o sistema seja fechado e isolado, a quantidade de movimento linear não se conserva e o corpo B poderá mover-se tanto para a esquerda como para direita, dependendo do valor das massas dos corpos.
- (c) Após colidirem, o corpo B se move para a esquerda, porque o sistema é fechado e isolado e, portanto, a quantidade de movimento linear se mantém.
- (d) Após colidirem, o corpo B se move para a direita, porque o sistema é fechado e isolado e a sua quantidade de movimento é menor que a bola A.
- (e) Não dá para definir a direção do corpo B sem conhecer as massas.

5) Considere as seguintes situações observadas em um laboratório, aonde duas bolinhas irão se colidir.



Em quais destas colisões pode ocorrer perda total de energia cinética, após a colisão, fazendo com que as bolas parem imediatamente após a colisão?

- Apenas a (I) e (III), pois uma das velocidades é inicialmente nula, e assim, ambas as bolas podem assumir esta velocidade.
- Apenas a (I), pois a massa B é muito grande e ela está parada.
- Apenas a (II) e a (IV), pois a quantidade de movimento do sistema é nula.
- As feitas com material "grudento", como massa de modelar (III).
- Em nenhum dos casos pode haver perda total de energia.

6) A escolha anterior foi por que:

- Não existe limite para a perda de energia cinética do sistema, desta forma os casos II e IV perdem totalmente a energia cinética e conseqüentemente a quantidade de movimento se conserva.
- Existe um limite para a perda de energia cinética do sistema, de cerca de 50% da energia cinética original de cada bolinha individualmente.
- Existe um limite para a perda de energia cinética do sistema, o qual corresponde à mesma quantidade percentual de perda de quantidade de movimento.
- Não existe possibilidade de se perder energia cinética para este sistema, porém no caso III devido ao material ser grudento as duas bolas vão ficar unidas e poderão parar.
- Existe um limite para a perda de energia cinética do sistema e este limite não acontece em nenhum dos casos da questão anterior.



APÊNDICE B

INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS – TESTE 2
Avaliações sobre concepções em colisões.

Nome: _____ Curso: _____ Data: _____

1) Um garoto joga uma bola de basquete (cuja massa é cerca de 200g) no chão, de uma altura de 1,0m. A bola bate no chão e volta, atingindo uma altura de 0,98m. Responda:

- (a) Há conservação apenas da energia cinética. A energia potencial não se conserva, nem a energia total.
- (b) Há conservação apenas da energia potencial. A energia cinética não se conserva, nem a energia total.
- (c) Há conservação da energia cinética, potencial e total.
- (d) Dependendo de como a bola é jogada, apenas a energia cinética ou a potencial se conserva.
- (e) Nenhuma energia se conserva, nem a cinética, nem potencial e nem a total.

2) A figura abaixo representa duas esferas metálicas aproximando-se e estas deverão colidir. Considerando que este sistema é fechado e isolado, observe os dados e responda:



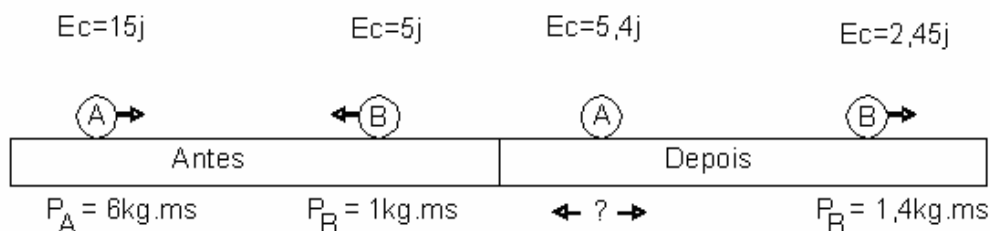
- (a) Haverá conservação de energia se a energia perdida pela bola A for transferida para a bola B. Assim, a colisão será dita elástica.
- (b) Só haverá conservação de energia se houver transferência de toda energia para a outra bolinha, que inicialmente está parada.
- (c) Se ocorrer deformação nas bolinhas de metal – o que é difícil – a colisão é inelástica. Como em geral não ocorre deformação, a colisão deverá ser elástica.
- (d) Se houver conservação de energia, a colisão será elástica. Caso ocorra perda de energia, a colisão será inelástica. Não importa sequer o material com que sejam feitas as bolas.
- (e) Se houver transferência de energia, haverá perda de energia, e, portanto, a colisão será inelástica.

3) Ainda com relação à mesma situação-problema anterior:

- (a) a quantidade de movimento do sistema nem sempre é conservada.
- (b) parte da quantidade de movimento se conserva.
- (c) não é possível determinar a quantidade de movimento da bola B.
- (d) a quantidade de movimento do sistema se conserva porque a colisão é elástica.

(e) em razão das massas dos corpos serem iguais, as velocidades permanecem iguais, logo a quantidade de movimento também.

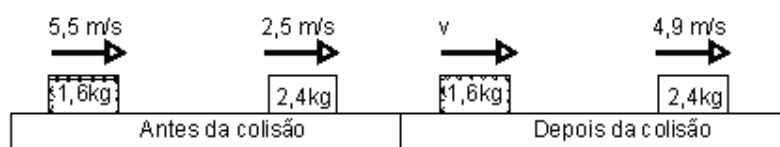
4) A figura abaixo representa duas bolas de aço, imediatamente antes e imediatamente após colidirem entre si. Considerando que este sistema é fechado e isolado. Observe os dados e responda:



Para que sentido a bola A se move?

- Após colidirem, a bola A se move para a direita, pois a sua energia cinética é superior a energia da bola B, assim ela gasta parte da sua energia para empurrar a bola B.
- Após colidirem, a bola A se move para a esquerda, pois na colisão ambas tiveram suas energias reduzidas e A perdeu muito mais energia que B.
- Após colidirem, a bola A se move para a direita, pois antes da colisão a bola A tem maior massa e energia cinética que a bola B.
- Após colidirem, a bola A se move para a direita, pois a sua quantidade de movimento é $3,6kg.m/s$.
- Não é possível definir o sentido da bola A, ela pode tanto ir para a esquerda como para a direita.

5) Os blocos da figura abaixo deslizam sem atrito.



Qual a velocidade de v do bloco de $1,6 Kg$ após a colisão?

- $v_{Af} = 9,10 m/s$
- $v_{Af} = 3,10 m/s$
- $v_{Af} = -3,10 m/s$
- $v_{Af} = 1,90 m/s$
- $v_{Af} = -1,90m/s$

6) Um cientista consegue fazer colisões com duas bolinhas de massas iguais, jogando uma bolinha com uma velocidade de 5m/s contra uma bolinha parada, de tal forma que não existe praticamente perda de energia cinética. Ele agora quer fazer colisões onde exista perda de energia cinética, cada vez maior. Com base nisto, responda:

- (a) O cientista pode fazer colisões onde se perde energia cinética, mas não totalmente, deve haver um mínimo de energia cinética para que seja conservada a quantidade de movimento.
- (b) O cientista pode fazer colisões onde a perda de energia cinética é tão grande que as bolas param logo após a colisão. Toda a energia cinética é convertida em som, calor, etc. A quantidade de movimento é independente da energia.
- (c) Sempre que houver perda de energia cinética haverá também perda da quantidade de movimento linear, ainda que os corpos permaneçam em movimento.
- (d) A energia e a quantidade de movimento só se conservam em colisões elásticas, com corpos de mesma massa.
- (e) A energia e a quantidade de movimento só se conservam em colisões elásticas, com corpos de mesma massa e mesma velocidade.



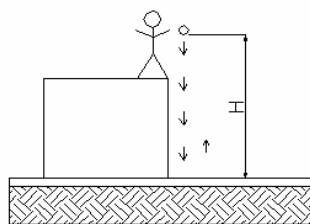
APÊNDICE C

TESTE 1 MODIFICADO

Avaliações sobre concepções em colisões.

Nome: _____ Curso: _____ Data: _____

1) Uma bola de tênis é jogada do alto de um bloco de 2m. A colisão com o chão será inelástica. O que acontece com a bola, de acordo com a figura abaixo? (despreze o efeito da resistência do ar):



- (a) A bola volta, subindo após a colisão, mas não atinge a altura H . Isto ocorre porque a energia cinética do sistema se conserva, mas não a energia potencial.
- (b) Depende do material com que é feita a bola. Neste caso, a bola volta, passando pelo garoto, que pega a bola acima da altura da sua cabeça. Isto ocorre porque o material com que é feita a bola de tênis a impulsiona para cima.
- (c) A bola volta, subindo após a colisão, chegando exatamente na altura H , com velocidade nula. Isto ocorre porque a energia cinética, potencial e total do sistema se conservam após a colisão. Sucessivas colisões fariam exatamente o mesmo. A bola jamais pararia.
- (d) A bola certamente volta até a mão do garoto, pois a energia cinética, potencial e total se conservam, mas após certo número de colisões, ela irá progressivamente diminuir sua altura de chegada, até parar.
- (e) A bola não volta ao garoto, em virtude de sua energia cinética, potencial e total não ter se conservado, e sim se convertido em energia térmica e som.

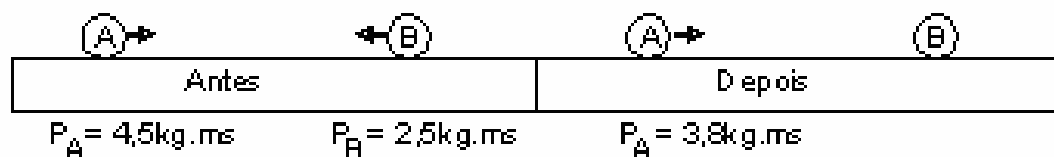
2) Duas crianças estão jogando bolinhas de gude. Este é um exemplo de situação onde ocorrem diferente colisões: tanto elástica como inelástica. Assim, podemos afirmar:

- (a) Caso a energia cinética se conservar (antes e após a colisão), então necessariamente, a quantidade de movimento se conserva. Caso a energia cinética não se conserve, a quantidade de movimento também não se conservará.
- (b) Caso a colisão seja elástica, a quantidade de movimento se conserva. Caso seja inelástica apenas parte da quantidade de movimento se conserva, uma vez que pode ocorrer deformação das bolas.
- (c) Depende de cada caso, a quantidade de movimento se conserva ou não. Seria necessário verificar a direção e o sentido das velocidades (fazer operações com vetores) para responder sobre a questão.
- (d) Em colisões elásticas a energia se conserva e em colisões inelásticas há uma perda de energia, mas a quantidade de movimento irá sempre se conservar.
- (e) Tanto a energia cinética como a quantidade de movimento, nem sempre irão se conservar, pois parte da velocidade de uma bolinha é transferida para a outra após a colisão.

3) Em uma colisão frontal, um carro e um ônibus foram destruídos. Um perito, medindo as marcas dos pneus verifica que a quantidade de movimento do sistema é de 1600 kg.m/s , antes da colisão. Assim, ele sabe que:

- (a) Após a colisão, se houve deformação nos veículos, a quantidade de movimento é necessariamente menor que 1600 kg.m/s .
- (b) Após a colisão, se os veículos forem jogados a uma distância grande e não houver muita deformação, podemos afirmar que parte da energia foi convertida em quantidade de movimento, que aumenta, sendo, após a colisão, mais de 1600 kg.m/s .
- (c) Após a colisão, independentemente de deformação, ou de como ocorreu a colisão, a quantidade de movimento do sistema é 1600 kg.m/s .
- (d) Ele terá que analisar cuidadosamente as velocidades dos veículos antes de afirmar se a quantidade de movimento após a colisão é maior, menor ou igual a 1600 kg.m/s .
- (e) Dependendo do tipo de colisão que ocorreu (elástica, inelástica ou completamente inelástica), a quantidade de movimento será igual ou diferente de 1600 kg.m/s , podendo ser até zero.

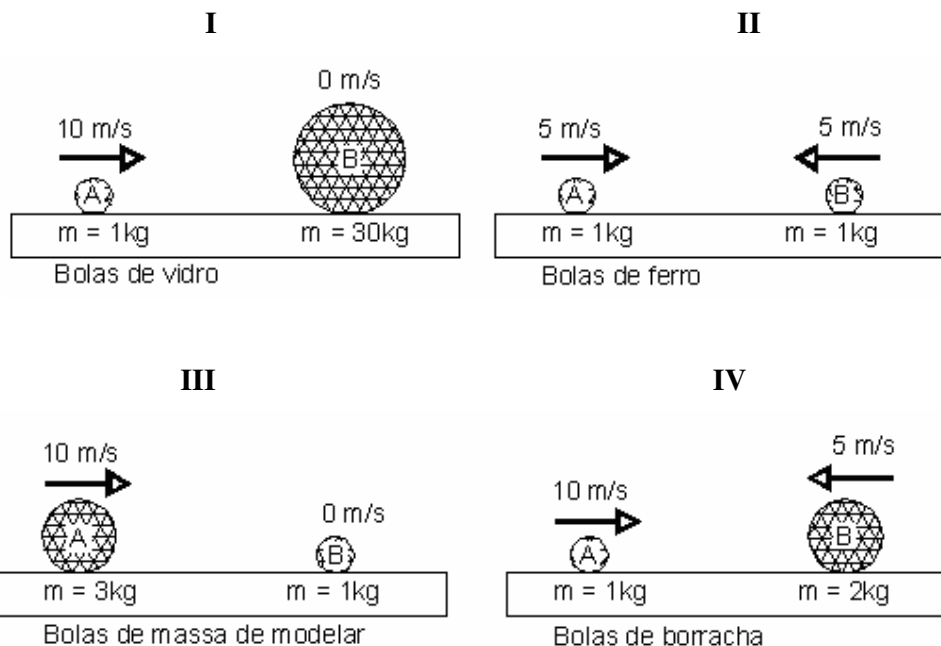
4) Dois corpos formam um sistema, que é fechado e isolado. Considerando que os dois corpos estão em movimento e o que diz a lei de conservação da quantidade de movimento linear, responda:



Em que sentido o corpo B deve se mover depois da colisão?

- (a) Não temos como definir, pois embora o sistema seja fechado e isolado, não são conhecidas as velocidades dos corpos.
- (b) Após colidirem, o corpo B poderá mover-se tanto para a esquerda como para direita, isso depende do valor das massas dos corpos, depende do valor das massas dos corpos.
- (c) Após colidirem, o corpo B se move para a esquerda, porque o sistema é fechado e isolado e, portanto, a quantidade de movimento linear se mantém.
- (d) Após colidirem, o corpo B se move para a direita, porque o sistema é fechado e isolado e a sua quantidade de movimento não se conserva.
- (e) Após colidirem, o corpo B se move para a direita, porque o sistema é fechado e isolado, de modo que o corpo A empurra o corpo B.

5) Considere as seguintes situações observadas em um laboratório, aonde duas bolinhas irão se colidir.



Em quais destas colisões pode ocorrer perda total de energia cinética, fazendo com que as bolas parem imediatamente após a colisão?

- Apenas a (I) e (III), pois uma das velocidades é inicialmente nula e assim, ambas as bolas podem assumir a velocidade do corpo em movimento.
- Apenas a (I), pois a massa B é muito grande e ela está parada.
- Apenas a (II) e a (IV), pois a quantidade de movimento do sistema é nula.
- As feitas com material “grudento”, como massa de modelar (III).
- Em nenhum dos casos pode haver perda total de energia.

6) A escolha anterior foi por que:

- Não existe limite para a perda de energia cinética do sistema, desta forma os casos II e IV perdem totalmente a energia cinética e conseqüentemente a quantidade de movimento se conserva.
- Existe um limite para a perda de energia cinética do sistema, de cerca de 50% da energia cinética original de cada bolinha individualmente.
- Existe um limite para a perda de energia cinética do sistema, o qual corresponde à mesma quantidade percentual de perda da quantidade de movimento.
- Não existe possibilidade de se perder energia cinética para este sistema, porém no caso III devido ao material ser grudento as duas bolas vão ficar unidas e poderão parar.
- Existe um limite para a perda de energia cinética do sistema e este limite não acontece em nenhum dos casos da questão anterior.



APÊNDICE D

TESTE 2 MODIFICADO

Avaliações sobre concepções em colisões.

Nome: _____ Curso: _____ Data: _____

1) Um garoto joga uma bola de basquete (cuja massa é cerca de 200g) no chão, de uma altura de 1,0m. A bola bate no chão e volta, atingindo uma altura de 0,78m. Responda:

- (a) Há conservação apenas da energia cinética. A energia potencial não se conserva, nem a energia total.
- (b) Há conservação apenas da energia potencial. A energia cinética não se conserva, nem a energia total.
- (c) Há conservação da energia cinética, potencial e total.
- (d) Dependendo do material com que a bola é feita, apenas a energia cinética ou a potencial se conserva.
- (e) Nenhuma energia se conserva, nem a cinética, nem potencial e nem a total.

2) A figura abaixo representa duas esferas metálicas aproximando-se e estas deverão colidir. Considerando que este sistema é fechado e isolado, observe os dados e responda:

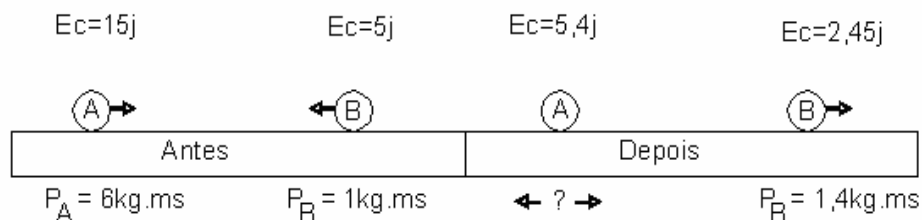


- (a) Haverá conservação de energia se a energia perdida pela bola A for transferida para a bola B. Assim, a colisão será dita elástica.
- (b) Havendo conservação de energia haverá conservação da quantidade movimento, caso contrário não.
- (c) Se ocorrer deformação nas bolinhas de metal – o que é difícil – a colisão é inelástica. Como em geral não ocorre deformação, a colisão deverá ser elástica.
- (d) Se houver conservação de energia, a colisão será elástica. Caso ocorra perda de energia, a colisão será inelástica. Não importa sequer o material com que sejam feitas as bolas.
- (e) Se houver transferência de energia, haverá perda de energia, e, portanto, a colisão será inelástica.

3) Ainda com relação à mesma situação-problema anterior:

- (a) a quantidade de movimento do sistema nem sempre é conservada.
- (b) parte da quantidade de movimento se conserva.
- (c) não é possível determinar a quantidade de movimento da bola B.
- (d) a quantidade de movimento do sistema se conserva porque a colisão é elástica.
- (e) em razão das massas dos corpos serem iguais, as velocidades permanecem iguais, logo a quantidade de movimento também.

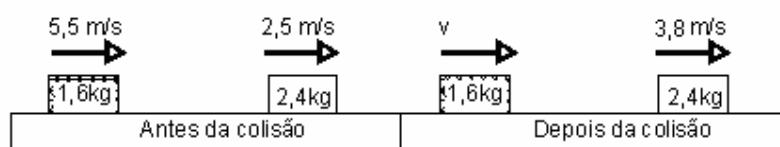
4) A figura abaixo representa duas bolas de aço, imediatamente antes e imediatamente após colidirem entre si. Considerando que este sistema é fechado e isolado. Observe os dados e responda:



Para que sentido a bola A se move?

- Após colidirem, a bola A se move para a direita, pois a sua energia cinética é superior a energia da bola B, assim ela gasta parte da sua energia para empurrar a bola B.
- Após colidirem, a bola A se move para a esquerda, pois na colisão ambas tiveram suas energias reduzidas e A perdeu muito mais energia que B.
- Após colidirem, a bola A se move para a direita, pois a bola A tem maior massa e energia cinética que a bola B.
- Após colidirem, a bola A se move para a direita, pois a sua quantidade de movimento tem módulo $3,6\text{kg}\cdot\text{m/s}$, conservando a quantidade de movimento.
- Após colidirem, a bola A se move para a direita, pois a sua quantidade de movimento tem módulo $3,6\text{kg}\cdot\text{m/s}$, pois trata-se de uma colisão elástica.

5) Os blocos da figura abaixo deslizam sem atrito.



Qual a velocidade de v do bloco de $1,6\text{Kg}$ após a colisão?

- $v_{Af} = -4,65\text{ m/s}$, pois houve perda total de energia cinética.
- $v_{Af} = 4,74\text{ m/s}$, pois energia cinética se conserva.
- $v_{Af} = 3,55\text{ m/s}$, pois quantidade de movimento se conserva apenas em colisões elásticas.
- $v_{Af} = 3,55\text{ m/s}$, pois quantidade de movimento se conserva, independente de haver ou não conservação de energia cinética.
- $v_{Af} = -4,65\text{ m/s}$, pois como houve perda total de energia cinética também a quantidade de movimento não se conserva.

6) Um cientista consegue fazer colisões com duas bolinhas de massas iguais, jogando uma bolinha com uma velocidade de 5m/s contra uma bolinha parada, de tal forma que não existe praticamente perda de energia cinética. Ele agora quer fazer colisões onde exista perda de energia cinética, cada vez maior. Com base nisto, responda:

- (a) O cientista pode fazer colisões onde se perde energia cinética, mas não totalmente, deve haver um mínimo de energia cinética para que seja conservada a quantidade de movimento do sistema.
- (b) O cientista pode fazer colisões onde a perda de energia cinética seja tão grande que as bolas parem logo após a colisão. Toda a energia cinética é convertida em som, calor, etc. A quantidade de movimento é independente da energia.
- (c) Sempre que houver perda de energia cinética haverá também perda da quantidade de movimento linear, ainda que os corpos permaneçam em movimento.
- (d) A energia e a quantidade de movimento só se conservam em colisões elásticas, com corpos de mesma massa.
- (e) O cientista não pode fazer colisões onde se perde totalmente energia cinética.



ANEXO A

INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS - PRÉ-TESTE
O uso de simulações computacionais no ensino de colisões

Nome: _____ Curso: _____ Data: __/__/2003

1 – Uma pessoa joga uma bola de massa 1kg no chão, a uma altura de um metro. Ela bate no chão e volta, atingindo certa altura.

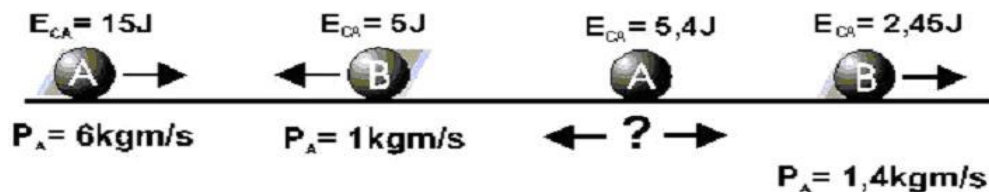
a) desenhe o problema e defina o sistema.



b) De quanto você acha que será esta altura? Explique como calculou.

c) Durante a colisão da bola há conservação de energia ? Se sim, qual? (Energia total, cinética ou potencial)._____

2 – A figura abaixo representa duas bolas de aço, imediatamente antes e imediatamente após colidirem entre si. Observando os dados fornecidos na figura ao lado, responda:



a) Durante a colisão a energia cinética do sistema se conservou? Explique:

b) Esta colisão é: () elástica () inelástica () superelástica Por quê?

FÓRMULAS:

$$U_g = mgh$$

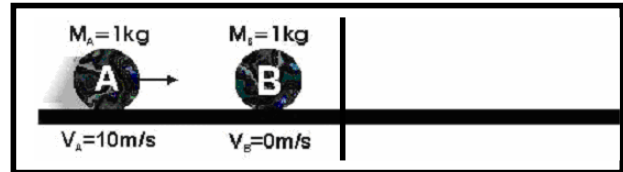
$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

$$p = mv$$

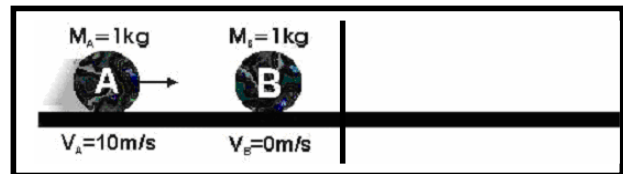
c) Para que direção a bola A se move (esquerda ou direita) após a colisão? Explique como você fez.

3 – Duas bolas A e B, A em movimento e B em repouso (conforme as figuras abaixo), colidem após certo tempo. Responda o que acontecerá com: i) a energia cinética; ii) a quantidade de movimento e iii) as velocidades dos carrinhos, após a colisão se:

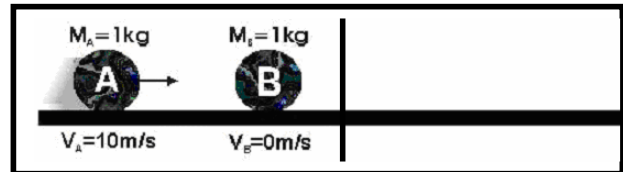
a) a colisão for elástica (onde 100% da energia cinética conserva-se).



b) a colisão for inelástica. (onde 90% da energia cinética conserva-se).



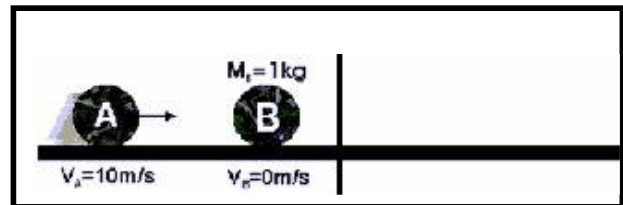
c) a colisão for completamente inelástica (o mínimo de energia cinética conserva-se).



d) a colisão for superelástica (onde 110% da energia cinética conserva-se).



e) A bola “A” tivesse uma massa infinitamente maior que a bola “B”? Com que velocidade você acha que as bolas saem após a colisão?



f) É possível que a lei da quantidade de movimento seja violada? Justifique:

ANEXO B

RESULTADOS GERAIS DA ANÁLISE ESTATÍSTICA

Distribuição de respostas por questão e tipo de teste.

| | Teste 1 | | | | | Teste 2 | | | | |
|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E |
| Questão 1 | 13 35,1% | 1 2,7% | 5 13,5% | 18 48,6% | | 8 21,1% | 7 18,4% | 11 28,9% | 6 15,8% | 6 15,8% |
| Questão 2 | 6 16,2% | 6 16,2% | 5 13,5% | 6 16,2% | 14 37,8% | 14 36,8% | 2 5,3% | 5 13,2% | 11 28,9% | 6 15,8% |
| Questão 3 | 8 21,6% | 1 2,7% | 12 32,4% | 8 21,6% | 8 21,6% | 2 5,3% | 11 28,9% | | 14 36,8% | 11 28,9% |
| Questão 4 | 3 8,1% | 3 8,1% | 2 5,4% | 24 64,9% | 5 13,5% | 13 34,2% | 8 21,1% | 16 42,1% | 1 2,6% | |
| Questão 5 | 2 5,4% | 7 18,9% | 8 21,6% | 4 10,8% | 16 43,2% | 1 2,6% | 15 39,5% | 2 5,3% | 19 50,0% | 1 2,6% |
| Questão 6 | 8 21,6% | | 11 29,7% | 7 18,9% | 11 29,7% | 9 23,7% | 6 15,8% | 17 44,7% | 1 2,6% | 5 13,2% |

RESULTADO DOS CRUZAMENTOS

TESTE 1

Crosstab

| | | QUEST.2 | | | | | Total | |
|---------|---|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | A | B | C | D | E | | |
| QUEST.1 | A | Count | 2 | 1 | 3 | 4 | 3 | 13 |
| | | % within QUEST.1 | 15,4% | 7,7% | 23,1% | 30,8% | 23,1% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,1 | -1,0 | 1,3 | 1,8 | -1,4 | |
| B | | Count | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | % within QUEST.1 | 100,0% | ,0% | ,0% | ,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 2,3 | -,4 | -,4 | -,4 | -,8 | |
| C | | Count | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 5 |
| | | % within QUEST.1 | 20,0% | 40,0% | ,0% | 20,0% | 20,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,2 | 1,6 | -1,0 | ,2 | -,9 | |
| D | | Count | 2 | 3 | 2 | 1 | 10 | 18 |
| | | % within QUEST.1 | 11,1% | 16,7% | 11,1% | 5,6% | 55,6% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,8 | ,1 | -,4 | -1,7 | 2,2 | |
| Total | | Count | 6 | 6 | 5 | 6 | 14 | 37 |
| | | % within QUEST.1 | 16,2% | 16,2% | 13,5% | 16,2% | 37,8% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0.369 (não-significativo).

Crosstab

| | | QUEST.5 | | | | | Total | |
|---------|---|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | A | B | C | D | E | | |
| QUEST.2 | A | Count | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| | | % within QUEST.2 | ,0% | 33,3% | 16,7% | 16,7% | 33,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,6 | 1,0 | -,3 | ,5 | -,5 | |
| B | | Count | 0 | 1 | 4 | 0 | 1 | 6 |
| | | % within QUEST.2 | ,0% | 16,7% | 66,7% | ,0% | 16,7% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,6 | -,2 | 2,9 | -,9 | -1,4 | |
| C | | Count | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 5 |
| | | % within QUEST.2 | 20,0% | 20,0% | ,0% | ,0% | 60,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,6 | ,1 | -1,3 | -,8 | ,8 | |
| D | | Count | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 6 |
| | | % within QUEST.2 | ,0% | 16,7% | 16,7% | 16,7% | 50,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,6 | -,2 | -,3 | ,5 | ,4 | |
| E | | Count | 1 | 2 | 2 | 2 | 7 | 14 |
| | | % within QUEST.2 | 7,1% | 14,3% | 14,3% | 14,3% | 50,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,4 | -,6 | -,8 | ,5 | ,6 | |
| Total | | Count | 2 | 7 | 8 | 4 | 16 | 37 |
| | | % within QUEST.2 | 5,4% | 18,9% | 21,6% | 10,8% | 43,2% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0.312 (não-significativo)

Crosstab

| | | QUEST.6 | | | | | Total |
|---------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | A | C | D | E | | |
| QUEST.2 | A | Count | 0 | 3 | 1 | 2 | 6 |
| | | % within QUEST.2 | ,0% | 50,0% | 16,7% | 33,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -1,4 | 1,2 | -,2 | ,2 | |
| B | Count | 1 | 4 | 1 | 0 | 6 | |
| | | % within QUEST.2 | 16,7% | 66,7% | 16,7% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,3 | 2,2 | -,2 | -1,7 | |
| C | Count | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | |
| | | % within QUEST.2 | 20,0% | 20,0% | 40,0% | 20,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,1 | -,5 | 1,3 | -,5 | |
| D | Count | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | |
| | | % within QUEST.2 | 33,3% | 16,7% | 16,7% | 33,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,8 | -,8 | -,2 | ,2 | |
| E | Count | 4 | 2 | 2 | 6 | 14 | |
| | | % within QUEST.2 | 28,6% | 14,3% | 14,3% | 42,9% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,8 | -1,6 | -,6 | 1,4 | |
| Total | Count | 8 | 11 | 7 | 11 | 37 | |
| | | % within QUEST.2 | 21,6% | 29,7% | 18,9% | 29,7% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0.321 (não-significativo).

Crosstab

| | | QUEST.4 | | | | | Total | |
|----------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | A | B | C | D | E | | |
| QUEST._3 | A | Count | 1 | 0 | 1 | 6 | 8 | |
| | | % within QUEST._3 | 12,5% | ,0% | 12,5% | 75,0% | 100,0% | |
| | | Adjusted Residual | ,5 | -,9 | 1,0 | ,7 | -1,3 | |
| B | Count | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| | | % within QUEST._3 | ,0% | ,0% | ,0% | ,0% | 100,0% | |
| | | Adjusted Residual | -,3 | -,3 | -,2 | -1,4 | 2,6 | |
| C | Count | 1 | 1 | 1 | 8 | 1 | 12 | |
| | | % within QUEST._3 | 8,3% | 8,3% | 8,3% | 66,7% | 8,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,0 | ,0 | ,5 | ,2 | -,6 | |
| D | Count | 1 | 1 | 0 | 3 | 3 | 8 | |
| | | % within QUEST._3 | 12,5% | 12,5% | ,0% | 37,5% | 37,5% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,5 | ,5 | -,8 | -1,8 | 2,2 | |
| E | Count | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 8 | |
| | | % within QUEST._3 | ,0% | 12,5% | ,0% | 87,5% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,9 | ,5 | -,8 | 1,5 | -1,3 | |
| Total | Count | 3 | 3 | 2 | 24 | 5 | 37 | |
| | | % within QUEST._3 | 8,1% | 8,1% | 5,4% | 64,9% | 13,5% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0.346 (não-significativo)

Crosstab

| | | QUEST.5 | | | | | Total | |
|----------|-------|-------------------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | | A | B | C | D | E | | |
| QUEST._3 | A | Count | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 8 |
| | | % within QUEST._3 | 12,5% | 12,5% | 12,5% | 12,5% | 50,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,0 | -,5 | -,7 | ,2 | ,4 | |
| B | Count | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | % within QUEST._3 | ,0% | 100,0% | ,0% | ,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,2 | 2,1 | -,5 | -,4 | -,9 | |
| C | Count | 0 | 3 | 3 | 2 | 4 | 12 | 12 |
| | | % within QUEST._3 | ,0% | 25,0% | 25,0% | 16,7% | 33,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -1,0 | ,7 | ,3 | ,8 | -,8 | |
| D | Count | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 | 8 | 8 |
| | | % within QUEST._3 | ,0% | 12,5% | 12,5% | 12,5% | 62,5% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,8 | -,5 | -,7 | ,2 | 1,2 | |
| E | Count | 1 | 1 | 3 | 0 | 3 | 8 | 8 |
| | | % within QUEST._3 | 12,5% | 12,5% | 37,5% | ,0% | 37,5% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,0 | -,5 | 1,2 | -1,1 | -,4 | |
| Total | Count | 2 | 7 | 8 | 4 | 16 | 37 | 37 |
| | | % within QUEST._3 | 5,4% | 18,9% | 21,6% | 10,8% | 43,2% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0.280 (não-significativo).

Crosstab

| | | QUEST.6 | | | | Total | |
|----------|-------|-------------------|-------|--------|-------|-------|--------|
| | | A | C | D | E | | |
| QUEST._3 | A | Count | 2 | 3 | 1 | 2 | 8 |
| | | % within QUEST._3 | 25,0% | 37,5% | 12,5% | 25,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,3 | ,5 | -,5 | -,3 | |
| B | Count | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | % within QUEST._3 | ,0% | 100,0% | ,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,5 | 1,6 | -,5 | -,7 | |
| C | Count | 1 | 4 | 3 | 4 | 12 | 12 |
| | | % within QUEST._3 | 8,3% | 33,3% | 25,0% | 33,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -1,4 | ,3 | ,7 | ,3 | |
| D | Count | 1 | 2 | 2 | 3 | 8 | 8 |
| | | % within QUEST._3 | 12,5% | 25,0% | 25,0% | 37,5% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,7 | -,3 | ,5 | ,5 | |
| E | Count | 4 | 1 | 1 | 2 | 8 | 8 |
| | | % within QUEST._3 | 50,0% | 12,5% | 12,5% | 25,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 2,2 | -1,2 | -,5 | -,3 | |
| Total | Count | 8 | 11 | 7 | 11 | 37 | 37 |
| | | % within QUEST._3 | 21,6% | 29,7% | 18,9% | 29,7% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0.282 (não-significativo)

Crosstab

| | | QUEST.5 | | | | | | |
|---------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | A | B | C | D | E | Total | |
| QUEST.4 | A | Count | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | | % within QUEST.4 | ,0% | 33,3% | ,0% | 33,3% | 33,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,4 | ,7 | -,9 | 1,3 | -,4 | |
| B | Count | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | |
| | | % within QUEST.4 | 33,3% | 33,3% | ,0% | 33,3% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 2,2 | ,7 | -,9 | 1,3 | -1,6 | |
| C | Count | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | |
| | | % within QUEST.4 | ,0% | 50,0% | 50,0% | ,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,3 | 1,2 | 1,0 | -,5 | -1,3 | |
| D | Count | 1 | 2 | 7 | 2 | 12 | 24 | |
| | | % within QUEST.4 | 4,2% | 8,3% | 29,2% | 8,3% | 50,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,5 | -2,2 | 1,5 | -,7 | 1,1 | |
| E | Count | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 5 | |
| | | % within QUEST.4 | ,0% | 40,0% | ,0% | ,0% | 60,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,6 | 1,3 | -1,3 | -,8 | ,8 | |
| Total | Count | 2 | 7 | 8 | 4 | 16 | 37 | |
| | | % within QUEST.4 | 5,4% | 18,9% | 21,6% | 10,8% | 43,2% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0.363 (não-significativo).

QUEST.5 * QUEST.6 Crosstabulation

| | | QUEST.6 | | | | | |
|---------|-------|-------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| | | A | C | D | E | Total | |
| QUEST.5 | A | Count | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | | % within QUEST.5 | 50,0% | ,0% | 50,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,0 | -,9 | 1,2 | -,9 | |
| B | Count | 0 | 6 | 0 | 1 | 7 | |
| | | % within QUEST.5 | ,0% | 85,7% | ,0% | 14,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -1,5 | 3,6 | -1,4 | -1,0 | |
| C | Count | 4 | 3 | 1 | 0 | 8 | |
| | | % within QUEST.5 | 50,0% | 37,5% | 12,5% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 2,2 | ,5 | -,5 | -2,1 | |
| D | Count | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | |
| | | % within QUEST.5 | ,0% | ,0% | 100,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -1,1 | -1,4 | 4,4 | -1,4 | |
| E | Count | 3 | 2 | 1 | 10 | 16 | |
| | | % within QUEST.5 | 18,8% | 12,5% | 6,3% | 62,5% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,4 | -2,0 | -1,7 | 3,8 | |
| Total | Count | 8 | 11 | 7 | 11 | 37 | |
| | | % within QUEST.5 | 21,6% | 29,7% | 18,9% | 29,7% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0.639 (p<0,05, significativo).

TESTE 2

Crosstab

| | | QUEST.2 | | | | | Total | |
|---------|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | A | B | C | D | E | | |
| QUEST.1 | A | Count | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 | 8 |
| | | % within QUEST.1 | 25,0% | ,0% | 37,5% | 25,0% | 12,5% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,8 | -,8 | 2,3 | -,3 | -,3 | |
| | B | Count | 2 | 0 | 0 | 3 | 2 | 7 |
| | | % within QUEST.1 | 28,6% | ,0% | ,0% | 42,9% | 28,6% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,5 | -,7 | -,1,1 | ,9 | 1,0 | |
| | C | Count | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 11 |
| | | % within QUEST.1 | 45,5% | 9,1% | 18,2% | 9,1% | 18,2% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,7 | ,7 | ,6 | -,1,7 | ,3 | |
| | D | Count | 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 6 |
| | | % within QUEST.1 | 66,7% | ,0% | ,0% | 33,3% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,7 | -,6 | -,1,0 | ,3 | -,1,2 | |
| | E | Count | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | 6 |
| | | % within QUEST.1 | 16,7% | 16,7% | ,0% | 50,0% | 16,7% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,1,1 | 1,4 | -,1,0 | 1,2 | ,1 | |
| Total | Count | 14 | 2 | 5 | 11 | 6 | 38 | |
| | % within QUEST.1 | 36,8% | 5,3% | 13,2% | 28,9% | 15,8% | 100,0% | |
| | Adjusted Residual | | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0,332 (não-significativo)

Crosstab

| | | QUEST.5 | | | | | Total | |
|---------|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | A | B | C | D | E | | |
| QUEST.2 | A | Count | 1 | 4 | 1 | 7 | 1 | 14 |
| | | % within QUEST.2 | 7,1% | 28,6% | 7,1% | 50,0% | 7,1% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,3 | -,1,1 | ,4 | ,0 | 1,3 | |
| | B | Count | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| | | % within QUEST.2 | ,0% | ,0% | 50,0% | 50,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,2 | -,1,2 | 2,9 | ,0 | -,2 | |
| | C | Count | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 5 |
| | | % within QUEST.2 | ,0% | 60,0% | ,0% | 40,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,4 | 1,0 | -,6 | -,5 | -,4 | |
| | D | Count | 0 | 5 | 0 | 6 | 0 | 11 |
| | | % within QUEST.2 | ,0% | 45,5% | ,0% | 54,5% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,6 | ,5 | -,9 | ,4 | -,6 | |
| | E | Count | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 6 |
| | | % within QUEST.2 | ,0% | 50,0% | ,0% | 50,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,4 | ,6 | -,6 | ,0 | -,4 | |
| Total | Count | 1 | 15 | 2 | 19 | 1 | 38 | |
| | % within QUEST.2 | 2,6% | 39,5% | 5,3% | 50,0% | 2,6% | 100,0% | |
| | Adjusted Residual | | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0,308 (não-significativo)

Crosstab

| | | QUEST.6 | | | | | | |
|---------|-------|-------------------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| | | A | B | C | D | E | Total | |
| QUEST.2 | A | Count | 3 | 2 | 6 | 1 | 2 | 14 |
| | | % within QUEST.2 | 21,4% | 14,3% | 42,9% | 7,1% | 14,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,2 | -,2 | -,2 | 1,3 | ,2 | |
| B | Count | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| | | % within QUEST.2 | 50,0% | 50,0% | ,0% | ,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,9 | 1,4 | -1,3 | -,2 | -,6 | |
| C | Count | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 5 | |
| | | % within QUEST.2 | 20,0% | 20,0% | 20,0% | ,0% | 40,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,2 | ,3 | -1,2 | -,4 | 1,9 | |
| D | Count | 2 | 2 | 6 | 0 | 1 | 11 | |
| | | % within QUEST.2 | 18,2% | 18,2% | 54,5% | ,0% | 9,1% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,5 | ,3 | ,8 | -,6 | -,5 | |
| E | Count | 2 | 0 | 4 | 0 | 0 | 6 | |
| | | % within QUEST.2 | 33,3% | ,0% | 66,7% | ,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,6 | -1,2 | 1,2 | -,4 | -1,0 | |
| Total | Count | 9 | 6 | 17 | 1 | 5 | 38 | |
| | | % within QUEST.2 | 23,7% | 15,8% | 44,7% | 2,6% | 13,2% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0,277 (não-significativo).

Crosstab

| | | QUEST.4 | | | | | |
|----------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | A | B | C | D | Total | |
| QUEST._3 | A | Count | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | | % within QUEST._3 | 50,0% | ,0% | 50,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,5 | -,8 | ,2 | -,2 | |
| B | Count | 2 | 4 | 5 | 0 | 11 | |
| | | % within QUEST._3 | 18,2% | 36,4% | 45,5% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -1,3 | 1,5 | ,3 | -,6 | |
| D | Count | 7 | 2 | 4 | 1 | 14 | |
| | | % within QUEST._3 | 50,0% | 14,3% | 28,6% | 7,1% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,6 | -,8 | -1,3 | 1,3 | |
| E | Count | 3 | 2 | 6 | 0 | 11 | |
| | | % within QUEST._3 | 27,3% | 18,2% | 54,5% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,6 | -,3 | 1,0 | -,6 | |
| Total | Count | 13 | 8 | 16 | 1 | 38 | |
| | | % within QUEST._3 | 34,2% | 21,1% | 42,1% | 2,6% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0,246 (não-significativo)

Crosstab

| | | QUEST.5 | | | | | Total | |
|---------|-------|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | A | B | C | D | E | | |
| QUEST_3 | A | Count | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | | % within QUEST_3 | ,0% | 50,0% | ,0% | 50,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,2 | ,3 | -,3 | ,0 | -,2 | |
| B | Count | 1 | 6 | 0 | 4 | 0 | 11 | |
| | | % within QUEST_3 | 9,1% | 54,5% | ,0% | 36,4% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,6 | 1,2 | -,9 | -1,1 | -,6 | |
| D | Count | 0 | 3 | 2 | 8 | 1 | 14 | |
| | | % within QUEST_3 | ,0% | 21,4% | 14,3% | 57,1% | 7,1% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,8 | -1,7 | 1,9 | ,7 | 1,3 | |
| E | Count | 0 | 5 | 0 | 6 | 0 | 11 | |
| | | % within QUEST_3 | ,0% | 45,5% | ,0% | 54,5% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,6 | ,5 | -,9 | ,4 | -,6 | |
| Total | Count | 1 | 15 | 2 | 19 | 1 | 38 | |
| | | % within QUEST_3 | 2,6% | 39,5% | 5,3% | 50,0% | 2,6% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0,298 (não-significativo).

Crosstab

| | | QUEST.6 | | | | | Total | |
|---------|-------|-------------------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| | | A | B | C | D | E | | |
| QUEST_3 | A | Count | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| | | % within QUEST_3 | ,0% | 50,0% | 50,0% | ,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,8 | 1,4 | ,2 | -,2 | -,6 | |
| B | Count | 1 | 2 | 5 | 0 | 3 | 11 | |
| | | % within QUEST_3 | 9,1% | 18,2% | 45,5% | ,0% | 27,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -1,4 | ,3 | ,1 | -,6 | 1,6 | |
| D | Count | 5 | 3 | 4 | 1 | 1 | 14 | |
| | | % within QUEST_3 | 35,7% | 21,4% | 28,6% | 7,1% | 7,1% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,3 | ,7 | -1,5 | 1,3 | -,8 | |
| E | Count | 3 | 0 | 7 | 0 | 1 | 11 | |
| | | % within QUEST_3 | 27,3% | ,0% | 63,6% | ,0% | 9,1% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,3 | -1,7 | 1,5 | -,6 | -,5 | |
| Total | Count | 9 | 6 | 17 | 1 | 5 | 38 | |
| | | % within QUEST_3 | 23,7% | 15,8% | 44,7% | 2,6% | 13,2% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0,322 (não-significativo)

Crosstab

| | | QUEST.5 | | | | | Total | |
|---------|-------|-------------------|------|-------|------|--------|-------|--------|
| | | A | B | C | D | E | | |
| QUEST.4 | A | Count | 0 | 4 | 1 | 8 | 0 | 13 |
| | | % within QUEST.4 | ,0% | 30,8% | 7,7% | 61,5% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,7 | -,8 | ,5 | 1,0 | -,7 | |
| B | Count | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 8 | |
| | | % within QUEST.4 | ,0% | 50,0% | ,0% | 50,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,5 | ,7 | -,8 | ,0 | -,5 | |
| C | Count | 1 | 7 | 1 | 6 | 1 | 16 | |
| | | % within QUEST.4 | 6,3% | 43,8% | 6,3% | 37,5% | 6,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,2 | ,5 | ,2 | -1,3 | 1,2 | |
| D | Count | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| | | % within QUEST.4 | ,0% | ,0% | ,0% | 100,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,2 | -,8 | -,2 | 1,0 | -,2 | |
| Total | Count | 1 | 15 | 2 | 19 | 1 | 38 | |
| | | % within QUEST.4 | 2,6% | 39,5% | 5,3% | 50,0% | 2,6% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0,223 (não-significativo).

Crosstab

| | | QUEST.6 | | | | | Total | |
|---------|-------|-------------------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | | A | B | C | D | E | | |
| QUEST.4 | A | Count | 2 | 4 | 6 | 0 | 1 | 13 |
| | | % within QUEST.4 | 15,4% | 30,8% | 46,2% | ,0% | 7,7% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,9 | 1,8 | ,1 | -,7 | -,7 | |
| B | Count | 3 | 0 | 4 | 1 | 0 | 8 | |
| | | % within QUEST.4 | 37,5% | ,0% | 50,0% | 12,5% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,0 | -1,4 | ,3 | 2,0 | -1,2 | |
| C | Count | 4 | 1 | 7 | 0 | 4 | 16 | |
| | | % within QUEST.4 | 25,0% | 6,3% | 43,8% | ,0% | 25,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | ,2 | -1,4 | -,1 | -,9 | 1,8 | |
| D | Count | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| | | % within QUEST.4 | ,0% | 100,0% | ,0% | ,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,6 | 2,3 | -,9 | -,2 | -,4 | |
| Total | Count | 9 | 6 | 17 | 1 | 5 | 38 | |
| | | % within QUEST.4 | 23,7% | 15,8% | 44,7% | 2,6% | 13,2% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0,389 (não-significativo)

QUEST.5 * QUEST.6 Crosstabulation

| | | QUEST.6 | | | | | | |
|---------|-------|-------------------|--------|-------|--------|------|--------|--------|
| | | A | B | C | D | E | Total | |
| QUEST.5 | A | Count | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | % within QUEST.5 | ,0% | ,0% | ,0% | ,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,6 | -,4 | -,9 | -,2 | 2,6 | |
| B | Count | 1 | 2 | 9 | 1 | 2 | 15 | |
| | | % within QUEST.5 | 6,7% | 13,3% | 60,0% | 6,7% | 13,3% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -2,0 | -,3 | 1,5 | 1,3 | ,0 | |
| C | Count | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| | | % within QUEST.5 | 100,0% | ,0% | ,0% | ,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 2,6 | -,6 | -1,3 | -,2 | -,6 | |
| D | Count | 6 | 4 | 7 | 0 | 2 | 19 | |
| | | % within QUEST.5 | 31,6% | 21,1% | 36,8% | ,0% | 10,5% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | 1,1 | ,9 | -1,0 | -1,0 | -,5 | |
| E | Count | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| | | % within QUEST.5 | ,0% | ,0% | 100,0% | ,0% | ,0% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | -,6 | -,4 | 1,1 | -,2 | -,4 | |
| Total | Count | 9 | 6 | 17 | 1 | 5 | 38 | |
| | | % within QUEST.5 | 23,7% | 15,8% | 44,7% | 2,6% | 13,2% | 100,0% |
| | | Adjusted Residual | | | | | | |

Coefficiente de Correlação V de Cramer = 0,359 (não-significativo).

**DISTRIBUIÇÃO DAS REPOSTAS DOS ESTUDANTES CIENTIFICAMENTE
CORRETAS**

TESTE 1

| Aluno | Quest.1 | Quest.2 | Quest. 3 | Quest.4 | Quest.5 | Quest.6 |
|-------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| AL | D | E | A | A | D | D |
| ED | C | B | A | D | C | C |
| PD | C | A | E | D | B | C |
| KC | D | E | D | E | E | E |
| FY | D | E | D | E | E | E |
| JL | D | D | C | D | E | E |
| JB | A | B | A | D | E | C |
| NV | A | C | E | B | A | D |
| BS | D | E | A | C | B | C |
| MC | D | E | E | D | C | A |
| PP | D | B | D | D | C | D |
| MK | A | D | C | D | E | E |
| FM | A | E | C | A | B | E |
| PL | D | E | E | D | C | A |
| CC | D | B | D | B | B | C |
| FE | A | D | C | E | B | C |
| GS | C | D | C | C | C | A |
| FS | D | E | A | D | E | E |
| AA | A | E | A | D | A | A |
| DI | A | C | C | D | E | E |
| FH | D | E | A | D | E | A |
| ET | B | A | E | D | E | E |
| TI | D | B | E | D | C | A |
| CP | D | A | C | D | D | D |
| EF | A | D | E | D | E | A |
| MAU | A | A | C | D | C | C |
| MB | C | B | C | D | C | C |
| AJ | D | E | D | D | E | E |
| RL | C | E | D | D | D | D |
| WA | A | C | B | E | B | C |
| JM | D | A | E | D | E | E |
| JO | D | E | D | E | E | C |
| MF | A | A | C | D | B | C |
| CL | A | D | C | B | D | D |
| ALS | D | C | C | D | E | D |
| RF | A | E | A | D | E | E |
| LI | D | C | D | A | E | A |

TESTE 2

| Aluno | Quest.1 | Quest.2 | Quest. 3 | Quest.4 | Quest.5 | Quest.6 |
|-------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| PS | C | C | D | B | D | A |
| MI | C | B | D | C | C | A |
| KA | C | A | D | B | B | D |
| KP | C | A | D | A | C | A |
| TAU | C | A | D | C | D | A |
| JP | A | C | D | A | B | B |
| EM | D | D | D | A | D | C |
| JN | B | E | E | C | D | A |
| GT | B | E | B | B | B | A |
| VO | B | D | B | B | B | C |
| SP | C | A | A | C | B | C |
| CS | D | A | E | A | D | C |
| TP | B | A | D | A | D | B |
| ALR | A | D | D | C | D | C |
| GSL | A | D | E | C | B | C |
| SN | C | C | B | C | B | C |
| PAL | C | E | E | C | B | C |
| AM | D | A | B | C | A | E |
| VA | E | D | D | D | D | B |
| FER | B | D | B | C | B | B |
| MAR | D | A | E | B | D | C |
| ADM | E | D | D | A | D | A |
| EDT | D | D | B | B | D | C |
| MA | E | B | A | A | D | B |
| AB | E | A | B | A | D | B |
| FAB | E | E | B | B | B | C |
| VS | C | D | E | C | D | A |
| ESS | C | E | B | A | D | C |
| GP | C | A | D | A | B | C |
| CT | A | C | B | C | B | E |
| NMA | A | C | D | A | D | E |
| GV | A | E | E | C | D | C |
| DOU | D | A | E | B | D | A |
| GB | E | D | E | C | B | E |
| JAS | A | A | B | C | D | E |
| EV | B | A | E | A | B | C |
| LSC | B | D | E | A | B | C |
| JCF | A | A | D | C | E | C |