

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO

**A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA ATRAVÉS DE
EXPERIMENTOS DE CARÁTER INVESTIGATIVO, NUMA
PERSPECTIVA INTEGRADORA**

Gizella Menezes Rodrigues

Recife, fevereiro de 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO

**A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA ATRAVÉS DE
EXPERIMENTOS DE CARÁTER INVESTIGATIVO, NUMA
PERSPECTIVA INTEGRADORA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências – Nível de Mestrado, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Mestranda: Gizella Menezes Rodrigues

Orientador: Ernande Barbosa da Costa, Dr.

Co-orientadora: Helaine Sivini Ferreira, Dra.

Recife, fevereiro de 2005

A ABORDAGEM DO CONCEITO DE ENERGIA ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS DE CARÁTER INVESTIGATIVO, NUMA PERSPECTIVA INTEGRADORA

Gizella Menezes Rodrigues

Banca Examinadora:

Presidente: _____
Prof. Ernande Barbosa da Costa, Dr. (UFRPE)

1ª Examinador: _____
Prof. Antônio Carlos da Silva Miranda, Dr. (UNICAP)

2ª Examinadora: _____
Profa. Heloísa Flora Brasil Nóbrega Bastos, Dra. (UFRPE)

3ª Examinadora: _____
Profa. Helaine Sivini Ferreira, Dra. (UFRPE)

Dissertação aprovada no dia 24 de fevereiro de 2005, no Departamento de Educação da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu filho, que com um simples olhar me traz ternura e paz, com um abraço me conforta e com um beijo me faz super feliz. Por ser aquele que me traz força e perseverança, ajudando-me a superar todos os obstáculos, mesmo aqueles que parecem intransponíveis.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Ernande Barbosa, pela serenidade e competência na orientação desse trabalho. Por ter me transmitido a tranquilidade e a confiança necessárias para a realização do mesmo.

À Profa. Helaine Sivini, pela paciência, compreensão e sabedoria na orientação desta dissertação. Pelos ricos momentos de discussões e pela valiosa amizade construída ao longo desses dois anos.

À Profa. Heloísa Bastos, professora e coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências – UFRPE, pelos ensinamentos e enorme colaboração para a construção desse trabalho.

Ao Prof. Antônio Carlos Miranda, pela generosidade e disponibilidade com que leu e interagiu com o trabalho.

À Profa. Sandra Vianna, pelo carinho e ensinamentos durante todo o meu curso de graduação.

A todos os professores com quem tive a honra de ter como mestre e por todo conhecimento propiciado.

Aos funcionários que fazem parte desse mestrado, pela colaboração em todos os momentos.

À Profa. Marta Magalhães e aos alunos do 2º ano A do Colégio de Aplicação – UFPE, pelo apoio e disponibilidade em contribuir para a realização desse trabalho.

Ao Complexo Educacional dos Guararapes, ao Colégio Imaculado Coração de Maria, à Escola Estadual Regueira Costa e à Escola Lions de Parnamirim pela experiência profissional e pessoal propiciada.

Aos colegas do mestrado, pela excelente relação pessoal que criamos. Em especial, aos amigos Suzane, Geni, Acácia, Priscila, Nélio e, ainda, Mônica, Ivanyse e Írio pela amizade e pelos bons momentos e inúmeros obstáculos superados na busca deste objetivo

E, enfim, à minha família, por estar sempre ao meu lado, apoiando e incentivando os meus passos e preenchendo a minha vida com amor e carinho. Em especial, à minha mãe, pelo exemplo, dedicação e doação e por ser uma avó tão maravilhosa.

RESUMO

O ensino de física vem sendo alvo de críticas, pois, além de enfatizar os aspectos matemáticos, apresenta os conceitos de modo descontextualizado e desarticulado, especialmente o conceito de energia. Assim, este trabalho teve como objetivo promover uma maior articulação entre os conceitos dos diferentes tipos de energia mediante o uso de experimentos. O desenvolvimento deste trabalho está fundamentado na Teoria dos Construtos Pessoais, de George Kelly (1963), e utiliza a matriz de repertório e os mapas conceituais como instrumentos para a coleta de dados. A intervenção didática foi estruturada em seis encontros, iniciando com a aplicação de pré-testes, a fim de identificar as concepções iniciais dos alunos em relação à temática abordada, seguida de atividades experimentais, visando minimizar a fragmentação observada na estrutura cognitiva dos alunos em relação à compreensão do conceito de energia. Finalmente, foram aplicados pós-testes para verificar possíveis alterações ocorridas no sistema de construção dos alunos. Os resultados indicaram que os alunos passaram a articular mais os conceitos dos diferentes tipos de energia abordados, ampliaram a faixa de conveniência de alguns construtos e passaram a utilizar novos construtos, o que correspondeu a uma aprendizagem menos fragmentada e mais significativa em relação ao conceito de energia.

ABSTRACT

The physics teaching is being criticisms target, because, beyond emphasize mathematicians aspects, it presents the concepts in out of context and unarticulated way, especially the energy concept. So, this article had as objective to promote more articulation between the different kinds of energy concepts by means of use of experiments. The development of this article is fundamented in the Theory of Personal Constructs, by George Kelly (1963), and it uses the repertory grid and the concept maps as instruments to collect data. The didactical intervention was structured in six meetings, starting with the pre-tests application, aiming to identify the students initial concepts in relation to the broached themes, followed of experimental activities, aiming the fragmentation observed in the students cognitive structure in relation to the energy concept understanding. Finally, pos-test were applied to verify possible changing's happened in the students construction system. The results indicated that the students passed to articulate more concepts of different kinds of energy boarded, enlarged the range of convenience some constructs and passed to use new constructs, which corresponded to a less fragmented and more significant learning in relation to the concept of energy.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
SUMÁRIO	viii
Lista de figuras.....	x
Lista de quadro e tabelas.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivo Geral.....	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
1.3 Problema.....	15
1.4 Hipótese.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 O Sistema Educacional e o Ensino de Física: Dificuldades e Perspectivas.....	17
2.2 A Importância da Experimentação no Ensino de Física e os Problemas Associados.....	23
2.2.1 Experimentação: Diferentes Possibilidades e Enfoques.....	26
2.3 A Energia	29
2.3.1 A Energia em Livros Didáticos de Física do Ensino Médio.....	31
2.3.2 Conseqüências de uma Abordagem Fragmentada da Energia para a Aprendizagem	35
2.4 A Teoria dos Construtos Pessoais – Uma Visão Geral	36
2.4.1 A Estrutura dos Sistemas de Construtos	41

2.4.2 A Técnica da Matriz de Repertório	43
3. METODOLOGIA.....	45
3.1 Intervenção Didática	46
3.2 Atividades Experimentais	51
3.3 Análise dos Resultados	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
4.1 Análise dos Resultados dos Pré-testes	61
4.2 Atividades Experimentais	80
4.3 Análise dos Resultados dos Pós-testes.....	84
4.4 Considerações Finais	98
5. CONCLUSÕES	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
APÊNDICES	112
Apêndice A – Plano de Aula	113
Apêndice B – Matriz de Repertório 1 do Aluno A1	115
Apêndice C – Matriz de Repertório 1 do Aluno A2	116
Apêndice D – Matriz de Repertório 1 do Aluno A3	117
Apêndice E – Matriz de Repertório 1 do Aluno A4	118
Apêndice F – Matriz de Repertório 2 do Aluno A1	119
Apêndice G – Matriz de Repertório 2 do Aluno A2	120
Apêndice H – Matriz de Repertório 2 do Aluno A3	121
Apêndice I – Matriz de Repertório 2 do Aluno A4	122

Apêndice J - O uso da Teoria dos Construtos Pessoais para um estudo do papel da experimentação como elemento articulador entre os conceitos dos diferentes tipos de energia abordados na física	123
Apêndice L – Normas para apresentação de artigos no Caderno Brasileiro de Ensino de Física	148

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Diferentes possibilidades para as atividades experimentais	28
Figura 02 - Fluxograma da metodologia da intervenção didática (I.D.)	50
Figura 03 – Experimento 1	51
Figura 04 – Experimento2	52
Figura 05 - Fluxograma da análise dos resultados	54
Figura 06 - Fragmento de uma matriz de repertório	57
Figura 07 – Esquema que representa como é determinada a diferença entre dois elementos a partir dos valores atribuídos a eles	58
Figura 08 – Mapa conceitual 1 do aluno A1	61
Figura 09 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 1 do aluno A1	64
Figura 10 – Mapa conceitual 1 do aluno A2	67
Figura 11 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 1 do aluno A2	70
Figura 12 – Mapa conceitual 1 do aluno A3	71
Figura 13 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 1 do aluno A3	74
Figura 14 – Mapa conceitual 1 do aluno A4	76
Figura 15 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 1 do aluno A4	79
Figura 16 - Realização da atividade usando o looping em tamanho maior	82
Figura 17 - Alunos realizando o acoplamento do looping	82
Figura 18 – Mapa conceitual 2 do aluno A1	85
Figura 19 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 2 do aluno A1	86
Figura 20 – Mapa conceitual 2 do aluno A2	88
Figura 21 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 2 do aluno A2	90
Figura 22 – Mapa conceitual 2 do aluno A3	92

Figura 23 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 2 do aluno A3	94
Figura 24 – Mapa conceitual 2 do aluno A4	96
Figura 25 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 2 do aluno A4	97

LISTA DE QUADRO E TABELAS

Quadro 1 - Livros de física do Ensino Médio analisados	32
Quadro 2 – Corolários da Teoria dos Construtos Pessoais	40
Tabela I - Percentual de coincidência	56
Tabela II - Exemplo dos elementos com os valores atribuídos	57
Tabela III - Exemplo de fatores de correlação e suas respectivas médias aritméticas	58

1. INTRODUÇÃO

A concepção de ensino e aprendizagem vem se modificando ao longo dos anos. Práticas educativas nas quais o professor atua como o detentor do saber e os alunos como meros receptores de informações não são mais consideradas como ideais. Assim, o que se busca é que os alunos atuem de forma ativa, sendo agentes do processo de construção do conhecimento e o professor como um mediador entre o aluno e o conhecimento a ser apropriado, criando situações que possibilitem ao aluno pensar, questionar e refletir, motivando-o para o desejo de querer aprender sempre mais. Observa-se, entretanto, que o nosso sistema educacional (livro didático, estrutura dos currículos, professores e práticas pedagógicas) ainda está estruturado de acordo com o “velho” paradigma, inibindo a criatividade do aluno, o processo de reflexão e o senso crítico.

O ensino de física, em particular, não vem possibilitando o processo de busca, criação e compreensão dos fenômenos naturais e tecnológicos. A física vem sendo considerada, pela maioria dos alunos, como complicada, chata e abstrata, não sendo difícil de entender por que isso acontece. Ao observar o ensino de física, na grande parte das escolas do ensino fundamental e médio, constata-se que há uma desconexão entre a visualização do fenômeno estudado e sua expressão matemática, resultando na memorização de fórmulas e na não compreensão dos fenômenos. Os conteúdos são abordados de forma descontextualizada e longe do cotidiano dos alunos. Um outro grave fator que vem afetando o ensino da física consiste na apresentação de alguns conteúdos de forma bastante fragmentada. Como exemplo, temos o conceito de energia (BRASIL, 2002).

Observa-se que, embora a energia seja um conceito comum às distintas ciências, esse conceito vem sendo trabalhado nas escolas de forma desarticulada. Essa fragmentação não ocorre somente em relação às diversas disciplinas, mas dentro da própria física. Os diversos ramos da física, como mecânica, termologia e eletricidade, apresentam o conceito de energia de forma isolada e desconectada do contexto a ele associado. Essa fragmentação pode levar o aluno a grandes

dificuldades em relação à sua aprendizagem, como a não compreensão do seu processo de transformação, transferência, conservação e degradação. Dessa forma, o aluno apresenta dificuldades em estabelecer relações entre os diversos tipos e formas de energia, implicando em uma aprendizagem descontextualizada e mecânica, não possibilitando, assim, uma compreensão global dos fenômenos associados a esse conceito e das relações existentes entre Ciência, Sociedade e Tecnologia (BRASIL, 2002; SOLBES e TARÍN, 1998)

Como visto, o ensino da física está permeado por grandes dificuldades e problemas, pois não está adequado às necessidades dos nossos alunos e às transformações sociais, culturais e econômicas da nossa sociedade.

Uma das estratégias que vem sendo apontada por diversos autores, como Hodson (1994), Pérez e Castro (1996) e Araújo e Abib (2003), a fim de minimizar as dificuldades que afetam o ensino da física é a experimentação. Embora a discussão sobre essa temática já ocorra há vários anos, como indicam os estudos de Violin (1979), Moreira e Levandowski (1983) e Axt (1991), observa-se que a utilização da abordagem experimental ainda está permeada por problemas. Pode-se citar, como exemplo, a deficiente formação dos professores no tocante à experimentação, a desconexão entre a teoria e a prática e a grande ênfase na realização de atividades experimentais do tipo “receita”, nas quais os alunos devem seguir um rígido roteiro, não os estimulando a investigar, refletir e questionar.

Então, é preciso que haja uma redefinição do papel da experimentação, uma vez que o laboratório de ensino vem sendo concebido como um lugar fechado, no qual há um rígido controle de variáveis e uma maior ênfase na resposta em vez do processo (GIOPPPO *et al.*, 1998).

Diante do exposto, vê-se a necessidade de investir em pesquisas relacionadas com a experimentação, pois esse tipo de abordagem pode ser um excelente meio para promover o desenvolvimento da compreensão e construção dos conceitos científicos, bem como de aspectos atitudinais (SILVA e ZANON, 2000).

1.1 OBJETIVO GERAL

Investigar o papel da experimentação, dentro de uma perspectiva investigativa e integradora, para a articulação entre os conceitos dos diferentes tipos de energia presentes nos vários ramos da física.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar na estrutura cognitiva do aluno, através da utilização do mapa conceitual e da matriz de repertório, os tipos de energia considerados pelo aluno e o grau de articulação entre eles.

- Verificar se, após a intervenção didática, há uma ampliação das articulações estabelecidas entre os diversos tipos de energia considerados pelo aluno, através do surgimento de novos construtos e de uma sofisticação da sua estrutura cognitiva em relação ao conceito abordado.

1.3 PROBLEMA

Como minimizar a fragmentação presente na estrutura mental dos alunos em relação à aprendizagem dos conceitos dos diversos tipos de energia estudados na física?

1.4 HIPÓTESE

A exploração de experimentos, de carácter investigativo e integrador, facilita a articulação entre os conceitos dos diversos tipos de energia estudados nos diferentes ramos da física, possibilitando uma compreensão menos fragmentada do conceito de energia.

Dessa forma, foi investigado, neste trabalho, o papel da experimentação, dentro de uma linha investigativa, na articulação entre os tipos e formas de energia presentes nos diversos ramos da física. O foco nas atividades de caráter investigativo deve-se ao fato dessas estarem mais relacionadas com a perspectiva construtivista, possibilitando, assim, uma abordagem centrada na construção do conhecimento, vinculada tanto aos aspectos conceituais quanto aos aspectos comportamentais (ARAÚJO e ABIB, 2003).

O trabalho é apresentado em três blocos. No primeiro tem-se uma fundamentação teórica, dividida em quatro partes. Inicialmente, é mostrado o contexto atual do nosso sistema educacional e, em particular, do ensino de física. Em seguida, é discutido o papel da experimentação no ensino de física. Depois, é abordada a energia, mostrando a complexidade desse conceito, as dificuldades na sua compreensão e a forma com que vem sendo abordado nos livros didáticos de física do Ensino Médio. Por fim, apresenta-se a Teoria dos Construtos Pessoais, de George Kelly, tecendo comentários que justificam a escolha dessa perspectiva teórica.

O segundo bloco é dedicado à metodologia, apresentada em detalhes, através das diversas etapas necessárias para a realização deste trabalho, como a intervenção didática e os procedimentos utilizados para a análise dos dados.

Enfim, tem-se o terceiro bloco, no qual são apresentados, analisados e discutidos os resultados apresentados pelos alunos, tecendo algumas considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo abordam-se os fundamentos teóricos que darão sustentação à análise e discussão dos resultados obtidos. Ele está dividido em quatro seções. Na primeira, tem-se um panorama do nosso sistema educacional e, em particular, do ensino de física. Na segunda, faz-se uma discussão sobre a importância da experimentação no ensino de física. Em seguida há uma abordagem sobre o conceito de energia, apresentando algumas dificuldades em relação ao seu ensino e aprendizagem. E, por fim, faz-se uma discussão sobre a Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly, na qual serão aprofundados o corolário da fragmentação e a técnica da matriz de repertório.

2.1 O SISTEMA EDUCACIONAL E O ENSINO DE FÍSICA: DIFICULDADES E PERSPECTIVAS

Estamos vivendo uma era na qual a educação vem passando por uma certa turbulência, pois os antigos paradigmas educacionais não estão mais condizentes com as necessidades dos alunos, visto as transformações sociais, culturais, políticas e econômicas que vêm ocorrendo no mundo.

Observa-se que já há um consenso quanto à necessidade de haver uma reformulação da prática educacional (AGUIAR JR., 1998). A literatura aponta para a ruptura com o ensino tradicional, aquele no qual o aluno atua de forma passiva, em favor de um processo de ensino-aprendizagem que se apóie no modelo construtivista, em que o aluno passa a ser responsável pela construção do seu conhecimento (GOULART, 1995).

O processo de aprendizagem é um processo individual, cativo, criativo, emocional e racional. Cabe ao aprendiz a responsabilidade da sua aprendizagem. Cabe ao professor proporcionar oportunidades para que os alunos aprendam (KELLY, 1955, apud, THOMAZ, 2000, p. 361).

Sabe-se que essa “nova” visão de educação não é recente. Vários estudiosos e pesquisadores como Piaget, Vygotsky, Kelly e Ausubel já admitiam que o conhecimento resulta da interação do sujeito com o ambiente e que é uma relação dinâmica (MOREIRA, 1999).

Embora as idéias construtivistas estejam largamente difundidas, a reforma do ensino, de fato, ainda não aconteceu nas escolas. Ainda é comum encontrarmos no âmbito escolar a tradição do currículo por disciplinas, o processo de transmissão do conhecimento, a padronização das atividades, o ensino descontextualizado e a desarticulação entre as diversas áreas do conhecimento (BRASIL, 2002).

É óbvio que não é tarefa simples modificar esse panorama, pois essa estrutura vem sendo usada há muitas décadas, sendo fruto de uma tradição histórica construída ao longo do tempo. Não é fácil para o professor, que estudou e se formou dentro desse sistema, nem para os alunos, que não foram incentivados a desenvolver o raciocínio lógico e a criatividade. Para a escola, como um todo, a tarefa também é bastante complexa, pois isso implica numa revisão do seu projeto político-pedagógico, redimensionando o seu papel. Porém, cada vez mais, tem-se discutido meios e formas de colocar em prática o que há algum tempo já vem sendo exposto na teoria.

Com o intuito de orientar as transformações citadas anteriormente, o governo promulgou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996, que foi regulamentada pelas Diretrizes do Conselho Nacional de Educação, em 1998, na qual foram estabelecidas novas metas para todos os níveis de ensino. Segundo a LDB/96 (artigo 2º), a educação tem como finalidade “o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”.

A fim de facilitar a implementação de tal reforma no Ensino Médio foram elaboradas as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), em 1998, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), em 1999 e os PCN +, em 2002, que vêm orientar os professores e os profissionais que exercem função pedagógica na escola sobre o papel do Ensino Médio. Este deve ser visto não apenas como um preparatório para o ensino superior, nem como um mero complemento da educação

básica, mas como sendo fundamental na formação dos alunos para a vida. Isso significa que esses profissionais e a própria escola devem gerar condições efetivas para que os alunos possam desenvolver o domínio da comunicação e da argumentação, defrontar-se com problemas reais, procurando enfrentá-los e solucioná-los e participar de um convívio no qual seja estimulada a solidariedade, o senso de responsabilidade pelo desenvolvimento do seu conhecimento, assim como o desenvolvimento de atitudes visando ao bem estar da comunidade local e global. Dessa forma, a educação passa a ter um papel triplo: econômico, científico e cultural (BRASIL, 1999).

A nova escola de ensino médio não há de ser mais um prédio, mas um projeto de realização humana, recíproca e dinâmica, de alunos e professores ativos e comprometidos, em que o aprendizado esteja próximo das questões reais, apresentadas pela vida comunitária ou pelas circunstâncias econômicas, sociais e ambientais (BRASIL, 2002, p.11).

É importante que processo de mudança ocorra na escola em sua totalidade, incluindo a reestruturação da abordagem utilizada nas diversas disciplinas, pois, dessa forma, será possível o desenvolvimento de um trabalho dentro de uma perspectiva construtivista. O ensino de física, por exemplo, precisa ser revisto. O ensino dessa disciplina deve possibilitar o desenvolvimento de um conjunto de competências essenciais para que o aluno possa compreender os fenômenos naturais que o cercam e reconhecer que a física não surgiu de repente, mas que é um processo de construção ocorrido ao longo da história da humanidade. É essencial, também, que o aluno compreenda a relação entre Ciência, Sociedade e Tecnologia e o quanto essa relação interfere diretamente na sua vida (BRASIL, 1999).

Os PCN estabelecem que o ensino de física “deve estar voltado para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p.33). É importante que os fenômenos analisados e investigados façam parte do universo vivencial dos alunos, de forma a permitir a construção de uma percepção significativa da realidade em que vivem.

Segundo Arruda (2003) e Brasil (1999), o ensino da física tem como objetivo proporcionar aos estudantes condições favoráveis para adquirir um conjunto de conceitos necessários para interpretar fenômenos naturais e resolver problemas, permitindo uma compreensão da natureza e dos processos tecnológicos que permeiam a sociedade.

A preocupação com a abordagem no ensino de física precede os PCN, como podemos observar nos estudos de Delizoicov e Angotti (1991). De acordo com esses pesquisadores, seria importante oferecer aos estudantes condições de utilizarem os conhecimentos físicos construídos ao longo do Ensino Médio para interpretar situações reais e investigá-las de forma crítica e consciente. Contudo, observamos que o ensino de física está bem distante dessa realidade e, também, da realidade proposta pelos PCN, em 1999.

O ensino de física pode ser analisado segundo duas posições distintas e complementares, dentre as várias concepções existentes. Realizando essa representação simplificada da realidade tem-se a linha conceitual, que procura trabalhar, fundamentalmente, com a compreensão dos fenômenos físicos através de situações que levem o aluno a discutir, questionar e refletir, e a concepção matematizada, na qual há uma maior ênfase nas equações, predominando a memorização de leis e fórmulas (CARVALHO JÚNIOR, 2002).

Embora a linha conceitual esteja mais relacionada à visão construtivista, observamos que a física ainda é trabalhada de forma abstrata e descontextualizada. O ensino dessa disciplina consiste, na maioria das vezes, na apresentação de fórmulas matemáticas, que o aluno decora e aprende a substituir valores, sendo dotado de situações artificiais. Os exercícios são repetitivos, buscando uma “aprendizagem” por automação. Os aspectos históricos da física e as relações com o contexto cultural, social, político e econômico são ignorados (CARVALHO JÚNIOR, 2002).

Toda a mudança de paradigma que se está sendo indicada atinge, também, o conceito de excelência acadêmica. De uma opressão pelos desígnios das fórmulas passa-se a uma libertação pela análise dos conceitos (CARVALHO JÚNIOR, 2002, p. 64).

Como conseqüência desses fatores, os alunos passam a não se interessar pela disciplina, pois a mesma não apresenta nenhuma relação com a sua vida e passam a não compreender por que estudar uma disciplina tão “chata e difícil”. De acordo com Pietrocola *et al.* (2003), o ensino de física tem sofrido constantemente críticas por não ser capaz de apreender o mundo cotidiano dos alunos.

Segundo Castillo *et al.* (2002), a fragmentação do conhecimento em física é um outro grave fator que está presente no ensino dessa disciplina, pois não possibilita aos alunos aplicar os conhecimentos físicos apreendidos a outras situações diferentes das propostas inicialmente. Logo, quando o conteúdo é abordado de forma fragmentada, o aluno não consegue obter uma compreensão mais global dos fenômenos estudados. Maldaner (2000) também aborda a questão da fragmentação do conhecimento e a relaciona com os currículos estritamente disciplinares.

Nesse sentido, os PCN ressaltam a importância da articulação entre os diversos conteúdos trabalhados na própria disciplina e entre as demais disciplinas das outras áreas de conhecimento. Em física, por exemplo, é comum haver vários conceitos interligados entre si, mas que são apresentados para o aluno de maneira isolada e fragmentada. Se o trabalho escolar se desenvolver numa perspectiva mais abrangente, mesmo dentro de cada disciplina, será possível ultrapassar esses limites disciplinares (BRASIL, 1999).

Como visto, há uma grande necessidade de estabelecer uma articulação entre os conceitos que se apresentam como se fossem distintos. Essa também é uma tarefa da educação escolar, visto ser difícil para o aluno, por si só, identificar os traços comuns desses conceitos (ANGOTTI, 1993).

Logo, é necessária uma reformulação no processo de ensino e aprendizagem da física. É importante que o ensino de física ocorra de forma contextualizada, em que os conteúdos estejam articulados entre si e com as outras áreas de conhecimento. O aluno precisa ser estimulado a perceber o significado daquilo que está estudando e sua relação com outros contextos de sua realidade. “A Física deve proporcionar ao cidadão uma visão da natureza de tal modo que ele possa interpretar fatos e

circunstâncias, que surgirão em sua vida, de uma maneira mais científica” (FUZER e DOHMS, 1998, p.72).

Nesta perspectiva, vários autores vêm desenvolvendo interessantes estratégias de ensino. Benjamin e Teixeira (2001), por exemplo, apontam que o uso de um texto paradidático, como uma atividade paralela e complementar no processo ensino-aprendizagem, proporciona aos alunos uma visão mais ampla e contextualizada dos conceitos trabalhados.

Projetos interdisciplinares, que se apóiam numa visão de mundo na qual as partes estão interligadas e interagem entre si, constituem uma outra estratégia de ensino que vem ganhando espaço nos últimos anos como um excelente meio para promover uma aprendizagem mais efetiva (BASTOS, 2004).

A compreensão da construção histórica dos conhecimentos científicos vem sendo colocada como algo tão essencial quanto a compreensão dos conteúdos por si mesmos. Dessa forma, é importante que a história da física seja utilizada durante todo o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que a física não deve ser ensinada como um processo pronto, acabado e inquestionável, mas, sim, como um processo fruto da construção humana (MEDEIROS e BEZERRA FILHO, 2000).

O uso de atividades experimentais também vem sendo apontado como uma estratégia poderosa no ensino de física. Essas vêm sendo consideradas como uma forma de diminuir as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo (ARAÚJO e ABIB, 2003).

Diante do exposto, observa-se que o ensino de física está permeado por inúmeros problemas, como a fragmentação e a matematização. Contudo, pode-se observar, também, que cada vez mais os professores e a própria escola buscam alternativas efetivas para superar tais problemas. Verifica-se, ainda, que inúmeros estudiosos e pesquisadores vêm investindo no processo de ensino-aprendizagem, buscando novas ferramentas e estratégias e redescobrimdo o papel de outras, como no caso da experimentação.

2.2 A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA E OS PROBLEMAS ASSOCIADOS

Conforme já mencionado, na seção anterior, a experimentação é uma estratégia que pode ser utilizada para promover alterações no processo ensino-aprendizagem, buscando uma articulação entre as diversas disciplinas ou os diversos conteúdos de uma mesma disciplina.

A física é uma ciência que tem uma estrutura basicamente experimental. Então, nada mais justo do que ensiná-la utilizando as atividades experimentais como um instrumento que proporcione a construção e a aprendizagem de conceitos e modelos científicos. Assim, “o aprender fazendo” ou “descobrir aprendendo” é um excelente caminho para aprender ciência (PRAIA *et al.*, 2002).

As atividades experimentais têm sido defendidas por diversos autores há várias décadas, como Santos *et al.* (1986), Axt e Moreira (1991), Arruda e Laburú (1998) e Seré *et al.* (2003), porém a sua aplicação ainda não ocorre de maneira efetiva no nosso meio educacional (BORGES *et al.*, 1999).

O ensino experimental nas escolas, quando ocorre, desenvolve-se de forma superficial, mecânica, repetitiva e desconectada do ensino teórico. Por isso, muitas vezes, o aluno não consegue relacionar as atividades experimentais com o ensino teórico, que por ser mais valorizado no processo ensino-aprendizagem faz com que a experimentação seja um recurso apenas complementar (IZQUIERDO *et al.*, 1999). Segundo Araújo e Abib (2003), a maioria dos materiais de apoio didático traz as atividades experimentais do “tipo receita”, ou seja, é solicitado ao aluno o cumprimento de uma série de passos determinados por seu professor, não havendo espaço de busca e construção.

Dentre os vários problemas que circundam as atividades experimentais, pode-se destacar, também, a falta de material e instalações adequadas e o grande número de alunos em classe (SARAIVA, 1995). Segundo Gioppo *et al.* (1998) a abordagem experimental através de fragmentos de situações cotidianas é um outro fator que não privilegia a compreensão da interação homem-natureza-sociedade.

Observa-se que, embora haja uma grande aceitação das atividades experimentais por parte dos pesquisadores e professores, no ensino de física, a sua utilização ainda ocorre de forma bastante precária, o que faz com que o trabalho experimental venha sendo desenvolvido segundo uma concepção pobre, confusa e não produtiva (BORGES *et al.*, 1999).

Gioppo *et al.* (1998) reconhecem que os fatores acima dificultam o uso da experimentação. Contudo, ressaltam que muitas escolas possuem uma infraestrutura adequada para a prática, mas a utilizam meramente como marketing, privilegiando o ter em vez do como fazer. Em muitas escolas o que se vê é a utilização da infra-estrutura disponível para a experimentação sem objetivos didáticos claros e sem o compromisso de explorar a criatividade e curiosidade dos alunos (SILVA e ZANON, 2002).

Um aspecto de extrema importância para que haja um bom desenvolvimento das atividades experimentais refere-se à formação dos professores. A experimentação ainda é vista, pela maioria dos professores, numa perspectiva empirista, ou seja, enfatiza-se a simples manipulação de variáveis e os resultados finais, não havendo reflexão sobre o seu significado. É importante que seja valorizado, também, o desenvolvimento das capacidades científicas dos alunos, visto que essas podem ajudá-los a atuar de uma maneira mais científica na sua vida, tanto como profissionais quanto como cidadãos. Assim, o desenvolvimento da criticidade, criatividade, racionalidade, autoconfiança, motivação, capacidades de comunicação, de previsão e de inferência precisa ser tão privilegiado quanto a aprendizagem dos conceitos científicos (THOMAZ, 2000). Logo, é importante que haja professores capazes e estimulados a utilizar esse recurso para a construção de um conhecimento efetivo, o que requer a qualificação desses docentes mediante um processo de formação inicial e continuada (ZIMMERMANN e BERTANI, 2003).

Diante do exposto, observa-se que há inúmeras dificuldades envolvendo a experimentação na escola. Há problemas de caráter didático, há a questão da infraestrutura e a própria postura da escola, há a questão da formação dos professores e, por fim, a perda da própria essência da experimentação, visto que os aspectos motivação e investigação, têm sido relegados a um segundo plano.

O uso da experimentação dentro dessa perspectiva é bastante alarmante, pois pode vir a causar até um impacto negativo sobre a aprendizagem dos estudantes (BORGES, 2002). Como visto, é importante redefinir o papel da experimentação em virtude dos novos objetivos propostos para o ensino de física.

Dentro dessa perspectiva, Silva e Zanon (2000) afirmam que as atividades experimentais precisam ser desenvolvidas através das inter-relações entre os saberes teóricos e práticos, desenvolvendo a motivação dos alunos e contribuindo para “a construção do conhecimento no nível teórico-conceitual e para a promoção das potencialidades humanas-sociais” (p.134).

Em relação à necessidade de reformulação do papel da experimentação, os PCN (BRASIL, 2002) se posicionam de modo a haver uma transformação do paradigma tradicional para o paradigma construtivista. Assim, é estabelecido um sentido bem mais amplo para a experimentação.

Experimental pode significar observar situações e fenômenos a seu alcance, em casa, na rua ou na escola... Pode também envolver desafios, estimando, quantificando ou buscando soluções para problemas reais (p.84).

Dessa forma, é importante que se privilegie o fazer, o questionar e o refletir em diferentes formas e níveis, pois trabalhando dentro dessa perspectiva serão oferecidas condições efetivas para que o aluno seja um agente no processo de construção do seu conhecimento e um cidadão ativo e consciente. Para isso, torna-se necessário ultrapassar as barreiras impostas pela abordagem tradicional, na qual os alunos são conduzidos a atuar como meros espectadores do processo de transmissão do saber (CARVALHO JÚNIOR, 2002).

Com isso, as atividades experimentais passam a não se restringir ao espaço de laboratório com materiais sofisticados. O uso de materiais e espaços alternativos torna-se bastante importante, visto que esses são de fácil acesso e possibilitam que os alunos construam os experimentos e até os tenham em suas casas. A visita do aluno a um parque, a uma usina hidrelétrica, a um museu de ciência ou a uma praia pode ser um momento muito especial para desenvolver a aprendizagem da física. A “simples” contemplação e a observação da natureza passam a constituir um

excelente momento para o desenvolvimento da experimentação (GIOPPO *et al.*, 1998).

De acordo com o que foi visto, Hodson (1994) reforça o dito até então ao afirmar que o ensino experimental necessita de mais reflexão e menos prática. Ou seja, o desenvolvimento de trabalhos referentes à temática torna-se bastante importante, uma vez que se busquem formas de possibilitar a utilização dessa ferramenta de maneira mais eficaz.

2.2.1 Experimentação: Diferentes Possibilidades e Enfoques

Na revisão de literatura realizada durante a construção desse trabalho foram encontrados alguns textos que abordam as diferentes possibilidades de se trabalhar com as atividades experimentais. Moreira e Levanasdowski (1983) enfocam a realização dessas atividades em laboratório e o classificam em: laboratório estruturado e não-estruturado. No laboratório estruturado o aluno é guiado, passo a passo, ao longo da atividade experimental. No laboratório não-estruturado os procedimentos a serem realizados ficam a cargo do aluno, sendo os objetivos previamente explicitados pelo professor. Vale salientar que esses dois tipos de laboratório não ocupam posições dicotômicas. Há um “continuum” entre esses extremos. Já Alves Filho (2000) realiza um resgate histórico abordando algumas concepções do laboratório didático, denominando-o de: laboratório tradicional ou convencional, que funciona de forma análoga ao laboratório estruturado, laboratório divergente, que não apresenta a rigidez organizacional do laboratório tradicional (funciona de forma parecida ao laboratório não-estruturado), laboratório de demonstrações, no qual o professor é que exerce o papel ativo sendo o responsável pela realização dos experimentos, laboratório de projetos, que está mais vinculado ao treinamento de uma futura profissão, e laboratório biblioteca, que consiste em experimentos de rápida execução montados previamente à disposição dos alunos.

Há várias outras formas de classificar as atividades experimentais. Araújo e Abib (2003) desenvolveram um trabalho de revisão publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física. Nele os autores analisaram as publicações na área de

investigações sobre a utilização da experimentação como estratégia de ensino de física, entre 1992 e 2001, da Revista Brasileira de Ensino de Física, da revista Física na Escola e do Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Os autores analisaram diversos aspectos metodológicos aplicados nesse tipo de atividade, como:

- Ênfase matemática;
- Grau de direcionamento das atividades;
- Relação com o cotidiano.

Em relação à ênfase matemática observou-se o grau de matematização e de utilização do formalismo matemático nas atividades. Os experimentos são classificados em qualitativos ou quantitativos. Os experimentos quantitativos privilegiam aspectos formais relacionados com teorias e modelos matemáticos, enquanto os qualitativos abordam os aspectos de natureza conceitual e fenomenológico.

Quanto ao grau de direcionamento das atividades, estas apresentaram um caráter de demonstração, verificação ou investigação. As atividades de demonstração são aquelas realizadas pelo próprio professor, com a função básica de ilustrar alguns tópicos trabalhados em sala. Segundo Ferreira (1978) esse tipo de abordagem é considerado mais motivador para o professor que a realiza do que para os observadores, no caso os alunos (apud ALVES FILHO, 2000).

Nas atividades de verificação procura-se validar alguma lei física. A liberdade do aluno é bastante limitada, porque, geralmente, ele deve seguir os passos traçados pelo seu professor. Os alunos passam a concentrar a sua atenção nos resultados, pois percebe que esses devem estar de acordo com o previsto pela teoria. De acordo com Hodson (1994), esse tipo de abordagem não possibilita a análise do desenvolvimento das atividades, pois há uma maior preocupação com o fim, não se investigando as causas dos possíveis “erros”.

As atividades de investigação têm um aspecto mais dinâmico, estando relacionadas ao laboratório não-estruturado, que tem uma estrutura mais flexível e uma abordagem mais qualitativa. Segundo Praia *et al.* (2002) esse tipo de abordagem

deve “ser um meio para explorar as idéias dos alunos e desenvolver a sua compreensão conceitual” (p.258). Assim, torna-se possível o desenvolvimento da formação do pensamento e das atitudes dos alunos, uma vez que são eles que devem conduzir o trabalho, buscando a resolução dos problemas cujas respostas não são pré-concebidas.

Por fim, com relação ao cotidiano, Araújo e Abib (2003) apontam que a análise de fenômenos básicos presentes em diversas situações do cotidiano é um aspecto muito importante para o bom desenvolvimento das atividades experimentais, podendo despertar mais facilmente o interesse dos estudantes. Essa forma de abordagem, articulando as expressões matemáticas e as grandezas físicas envolvidas e os conceitos científicos e a realidade do aluno, possibilita a compreensão dos fenômenos que o cercam, possibilitando-os, assim, intervir na sociedade de forma crítica e consciente (CARVALHO JÚNIOR, 2002).

As diferentes possibilidades em se trabalhar com as atividades experimentais têm o seu valor e a sua importância, cabendo ao professor analisar, de acordo com os objetivos traçados, qual é a melhor estratégia a ser utilizada.



Figura 01 – Diferentes possibilidades para as atividades experimentais

Tendo em vista que neste trabalho pretende-se trabalhar numa perspectiva construtivista, acredita-se que, diante dos diferentes enfoques experimentais expostos, as atividades desenvolvidas dentro de uma linha investigativa e qualitativa estão mais centradas nessa perspectiva. Essas possibilitam uma participação mais ativa do aluno na investigação dos fenômenos e valorizam as construções

individuais. Também possibilitam o desenvolvimento de aspectos comportamentais, como o processo de iniciativa, o desenvolvimento da criatividade e criticidade e a capacidade de reflexão.

Uma experiência que não seja realizada pela própria pessoa, com plena liberdade de iniciativa, deixa de ser, por definição, uma experiência, transformando-se em simples adestramento, destituído de valor formador por falta de compreensão... (PIAGET, 1978, p. 17).

Tornar a experimentação como parte de um processo pleno de investigação é uma necessidade reconhecida entre aqueles que pensam e fazem o ensino de ciências, pois a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve se dar preferencialmente nos entremeios de atividades investigativas (GIORDAN, 1999, p. 44).

2.3 A ENERGIA

A importância do conceito de energia vem sendo destacada por diversos autores, como Trumper (1990), Sevilla (1986), Doménech *et al.* (2001), Auth e Angotti (2001) e Assis e Teixeira (2003), que vêm investigando e constatando sérias dificuldades em sua aprendizagem.

Diante dos currículos altamente disciplinares e do conhecimento fragmentado na educação escolar, a energia é um conceito apontado como um dos mais frutíferos a fim de minimizar esse excesso de fragmentação, sendo denominado como um conceito unificador.

Entende-se como conceito unificador aquele que possibilita a associação dos conteúdos, de forma independente da sua compartimentalização por áreas. Possibilita integrar diversas ciências, tendo uma dimensão supradisciplinar (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1991).

Quatro conceitos unificadores são apresentados por Angotti (1993) em um dos seus trabalhos. São eles: transformações, regularidades, energia e escalas. Segundo o autor, o conceito de energia, aliado ao seu princípio de conservação, engloba os de transformações e regularidades, pois é essencial para descrever as regularidades da

natureza e os processos de transformação. Esses conceitos possibilitam a ligação entre as partes e o todo, tanto no aspecto didático, no qual temos as unidades de ensino (partes) e o programa (todo), quanto no aspecto epistemológico, tendo os ramos da física (partes) e a Física (todo).

O tratamento conceitual presente em muitos livros de física do Ensino Médio e nas aulas de muitos professores define energia como a capacidade de realizar trabalho, como podemos observar nos textos de Silva *et al.* (2000) e Carron e Guimarães (1999). Essa definição, que teve sua origem no século XVII, sendo encontrada nos trabalhos de Maxwell, em 1877, perpetua-se até hoje e restringe a energia ao campo da mecânica.

Através do estabelecimento da segunda lei da termodinâmica, verificou-se que nem toda energia servia para realizar trabalho. A energia interna, por exemplo, não pode converter-se totalmente em trabalho. Assim, a definição apresentada acima é considerada inadequada por diversos autores, como Hicks (1983) e Trumper (1990). Planck acreditava, no início do século XX, que essa forma de definir energia seria abandonada em cerca de vinte anos (DUIT, 1986, apud, DOMÉNECH *et al.*, 2003). Mas, como observado em vários livros didáticos, o conceito de energia apresentado nos mesmos ainda continua o mesmo (energia é a capacidade de realizar trabalho).

Apesar da física já ter abandonado o caráter substancial da energia há algum tempo, há alguns estudiosos que ainda apontam a energia como um fluido como a melhor forma de introduzir esse conceito, o que causa, também, um obstáculo para a aprendizagem, pois essa concepção está bem relacionada com a concepção do cotidiano.

A fim de superar essas dificuldades em relação à definição da energia alguns pesquisadores, como Sevilla (1986) e Bunge (1999), a definem como a capacidade de um sistema para produzir mudanças. Outros autores, como Calçada e Sampaio (1998), preferem abordar a energia de forma quantitativa, desprezando o seu aspecto qualitativo. Esse tipo de abordagem implica em uma visão deturpada da ciência e não impede uma visão distorcida do seu aspecto conceitual.

Uma alternativa descrita por Doménech *et al.* (2003) para abordar o conceito de energia consiste em desenvolver estratégias para facilitar o seu processo de construção, devendo iniciar de uma concepção mais simplificada, chegando a concepções mais elaboradas. Segundo o autor, deve-se introduzir o conceito de energia como instrumento para o estudo das transformações em vez de tentar definir, a princípio, o que é energia, visto ser esse um conceito bastante difícil de definir. É importante compreender os conceitos dos diferentes tipos de energia e suas transformações.

Um outro aspecto a salientar está relacionado à necessidade de superar o reducionismo conceitual presente no ensino da energia. É necessário que o aluno consiga aplicar os conhecimentos adquiridos em uma variedade de situações, relacionando Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

A energia é de vital importância por possibilitar a relação entre uma grande variedade de fenômenos, bem como por estar presente no nosso cotidiano, sendo considerada como uma “espécie de ‘moeda universal’ da física” (GONÇALVES FILHO e TOSCANO, 2002). Mas, em suma, é um conceito que ainda não tem uma definição que expresse realmente o que ela representa e que ainda não há um consenso sobre a melhor forma de ser abordado no ensino médio.

2.3.1 A Energia em Livros Didáticos de Física do Ensino Médio

Não é o foco desse trabalho realizar uma análise dos livros didáticos, porém é relevante que se tenha uma noção de como a energia é apresentada nos mesmos, uma vez que o livro didático é um elemento norteador do trabalho do professor. Pretende-se observar nos livros citados no quadro 1 como a energia é abordada, quais os exemplos e as imagens utilizadas, se há ou não presença de textos complementares e o caráter dos exercícios propostos.

Um fator extremamente relevante para o estudo da energia consiste em considerar os quatro aspectos necessários para a sua real compreensão: transformação, transferência, conservação e degradação (SOLBES e TARÍN, 1998). Os meios de

comunicação ao focar frases como, consumo de energia e crise energética, levam o aluno à não compreensão do processo de conservação, havendo uma associação deturpada entre esses termos. Por este motivo, é importante proporcionar aos alunos situações em que possam refletir sobre essa temática, a fim de possibilitar o estabelecimento de relações entre esse tema e situações nas quais ele se faz presente no seu dia a dia.

Quadro 1 - Livros de física do Ensino Médio analisados

LIVROS ANALISADOS	AUTOR	EDITORA
Física Volumes 1, 2 e 3	Alberto Gaspar	Ática
Física Clássica Dinâmica e Estática / Termologia, Fluidodinâmica e Análise Dimensional / Eletricidade	Calçada e Sampaio	Atual
Física Volumes 1, 2 e 3	GRAF	Edusp
Temas de Física Volumes 1, 2 e 3	Bonjorno e Clinton	FTD
Os Fundamentos da Física Volumes 1, 2 e 3	Ramalho, Nicolau e Toledo	Moderna
Física – de olho no mundo do trabalho Volume único	Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga	Scipione
Física para o ensino médio Série Parâmetros – Volume único	Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano	Scipione

Para fins didáticos, a física é dividida em grandes áreas, como: mecânica, termologia, óptica, ondas, eletricidade e física moderna. Alguns livros trazem essas áreas com uma nomenclatura diferente, mas, basicamente, a essência é a mesma. Essa divisão vem sendo criticada por alguns autores, como Delizoicov e Angotti (1991), por fragmentar de forma demasiada o ensino de física. Vale ressaltar que a física é uma só e que, apesar dessa divisão estar presente na nossa realidade de

ensino, cabe ao professor e à escola possibilitar uma interação mais forte entre essas áreas.

A energia está presente nos diversos ramos da física, recebendo em cada um deles denominações diferentes. Os PCN vêm criticar essa abordagem extremamente fragmentada, ressaltando a importância da contextualização e articulação entre os saberes para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.

Essa multiplicidade de termos para designar a energia (cinética, potencial, térmica, elétrica, luminosa, sonora, química, nuclear etc.) está presente em diversos livros didáticos de física do ensino médio (LUZ e ALVARENGA, 2003; CALÇADA e SAMPAIO, 1998; BONJORNO e RAMOS, 1997). Alguns pesquisadores preferem reduzir a energia à cinética e potencial. Isso vem sendo considerado, por alguns, como um avanço didático, pois evita essas inúmeras terminologias, minimizando, assim, a desarticulação existente. Em contrapartida, outros autores apontam que essa postura é reducionista e mecanicista, por não considerar a energia da massa em repouso (SOLBES E TARÍN, 1998). Observa-se que poucos livros, como Gaspar (2000), enfatizam que, de uma forma geral, a energia pode ser reduzida à cinética e potencial e que, além dessas, há a energia da massa inercial. Esse “novo” tipo de energia é apresentado, nesse livro, através de um texto que explora tanto aspectos históricos como a teoria desenvolvida por Einstein ao formular a expressão $E = m.c^2$, estabelecendo, assim, a equivalência entre massa e energia.

Um outro ponto a salientar consiste no conflito, ainda não esgotado, entre a introdução do conceito de trabalho antes do conceito de energia e vice-versa (SOLBES E TARÍN, 1998). A grande maioria dos livros didáticos analisados apresenta inicialmente o conceito de trabalho, explorando basicamente o seu formalismo matemático. Em seguida, abordam o conceito de potência e rendimento e, em um capítulo posterior, abordam a energia, explorando, também, o seu aspecto quantitativo e restringindo-se ao campo da mecânica. Esses livros apresentam, geralmente, um pequeno texto introdutório, no início do capítulo, comentando a importância do conceito de energia e a sua difícil definição. Mas, em momento posterior, acabam definindo a energia como a capacidade de realizar trabalho.

No livro Física (GASPAR, 2000), há uma breve justificativa sobre a introdução do conceito de trabalho antes do de energia. Segundo o autor, há um círculo vicioso trabalho-energia e, para evitá-lo, optou-se por definir inicialmente trabalho e, a partir de então, definir energia. Assim, ele considera ser possível a representação, através de um modelo matemático, das situações em que essas grandezas estão envolvidas. Já no livro Física para o ensino médio (GONÇALVES FILHO e TOSCANO, 2002) a energia é abordada em um capítulo anterior ao de trabalho. Os autores definem o trabalho como a maneira de medir a quantidade de energia, mas deixam claro que, em algumas situações, essa definição não pode ser aplicada.

Observa-se que os livros didáticos apresentam, basicamente, o aspecto da conservação de energia e da transformação, sendo esses abordados através dos típicos exercícios quantitativos, na mecânica. Em termodinâmica, introduz-se o conceito de energia interna e de calor como transferência de energia, sendo expresso através da relação $\Delta Q = \tau + \Delta U$, que traduz analiticamente a primeira lei da termodinâmica e que expressa o próprio princípio da conservação da energia. A degradação da energia, normalmente presente no estudo da entropia, que possibilitou um enunciado mais moderno da segunda lei da termodinâmica, praticamente não é abordada nos livros didáticos de física do ensino médio.

Há algumas obras que apresentam uma proposta diferenciada para o ensino de física, em particular, para o ensino do conceito de energia. No livro Física – Coleção Magistério (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1991) propõe-se um trabalho a partir de um tema central: Produção, distribuição e consumo de energia elétrica. Através desse tema procura-se trabalhar diversos conceitos científicos de física, estabelecendo uma conexão entre o conhecimento em física e situações de relevância social, reais e vividas pelos alunos. A coleção do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF, 1999) também apresenta uma abordagem diferenciada. Apesar de dividir os volumes nas áreas da física clássica, há uma reorganização dos conteúdos dentro dessas áreas. Propõe-se uma abordagem mais qualitativa e contextualizada.

Os PCN (BRASIL, 2002) também apresentam uma outra proposta para o ensino de física. Através de temas geradores propõe-se articular conhecimentos e

competências. A energia está presente nos diversos temas, nos quais se procura contextualizar esse conceito, aplicando-o a diversas situações do cotidiano.

Pode-se observar que o aspecto histórico em relação à construção do conceito de energia, assim como uma abordagem experimental, praticamente inexiste na maioria das obras analisadas. Assim, faz-se necessária a investigação de trabalhos envolvendo essa temática, analisando o quanto essas estratégias de ensino são eficazes para a percepção, a construção e a compreensão dos conceitos científicos.

2.3.2 Conseqüências de uma Abordagem Fragmentada da Energia para a Aprendizagem

A forma reducionista com que a energia vem sendo trabalhada, frente a sua complexidade e amplitude, bem como a grande ênfase nos aspectos quantitativos e exploração demasiada do formalismo matemático, resultam em grandes dificuldades em relação à sua aprendizagem. Observa-se que, embora o conceito de energia tenha uma característica supradisciplinar, o seu ensino vem ocorrendo de forma bastante desarticulada. Dentro da própria física, esse conceito é trabalhado como se fosse distinto nas suas diversas áreas.

A falta de unificação entre os conceitos de energia pode resultar em uma 'colcha de retalhos energético', a ser memorizada, das energias mecânica e térmica, luminosa, sonora, química, nuclear e tantos outros adjetivos (BRASIL, 2002, p. 29).

As principais dificuldades em relação à aprendizagem do conceito de energia, segundo Solbes e Tarín (1998), são: confundir formas e fontes de energia e trabalho com força, atribuir a energia potencial ao corpo em vez da interação entre os corpos, ignorar a variação da energia interna, confundir quantidade de calor com temperatura, considerar que a energia pode ser gasta e atribuir uma característica material à energia. Em especial, destacam a não compreensão dos processos de transformação, conservação, transferência e degradação da energia, aspectos esses essenciais para a compreensão desse conceito e das leis que regem a termodinâmica.

Algumas concepções dos alunos, baseadas no senso comum, constituem um outro fator agravante, visto que essas podem tornar-se obstáculos epistemológicos.

A existência de idéias que foram desenvolvidas através de experiências vivenciadas no seu dia-a-dia e, portanto, tão confiáveis que passam a não serem mais questionadas, surge como um fator fundamental à não aceitação do conhecimento científico na escola (BASTOS, 1996, p.1).

O professor pode, então, utilizar os conhecimentos que os alunos trazem para confrontá-los com os cientificamente aceitos. Essas concepções alternativas dos alunos podem ser utilizadas para promover a aprendizagem dos conceitos científicos. É importante que o professor trace estratégias de ensino que permitam a construção da visão científica através da confrontação do poder explicativo dos modelos intuitivos dos alunos com aqueles elaborados pela ciência (BRASIL, 2002).

Dessa forma, nesse trabalho será utilizada a experimentação como um instrumento mediador para promover a articulação entre os conceitos dos diferentes tipos e formas de energias presentes nos diversos ramos da física, dentro de uma postura construtivista, baseando-se nas idéias defendidas por George Kelly, cuja teoria será discutida na próxima seção, de modo a colaborar com uma visão mais abrangente do conceito de energia, facilitando a compreensão de seus processos de transformação, conservação, transferência e degradação.

2.4 A TEORIA DOS CONSTRUTOS PESSOAIS – UMA VISÃO GERAL

A origem e a evolução do conhecimento vêm sendo alvo de investigações e pesquisas desde tempos remotos. Atualmente, pode-se considerar três grandes correntes que procuram explicar o processo de construção do conhecimento. São elas:

- Inatismo – Admite que ao nascermos já temos as estruturas do conhecimento e que essas são apenas atualizadas à medida que nos desenvolvemos.

- Empirismo – Tem uma visão oposta aos inatistas. Acredita que o homem é produto do ambiente. Assim, o conhecimento tem origem e evolui a partir da experiência que o indivíduo vai acumulando.
- Construtivismo – Acredita que o conhecimento resulta da interação do sujeito com o ambiente. Logo, o conhecimento não pode ser percebido como um mero produto do ambiente, nem como algo pré-formado no indivíduo, mas, sim, como um processo de construção que ocorre dia a dia, como resultado da interação entre esses dois fatores (CARRETERO, 2002; GOULART, 1995).

Dentre os vários teóricos adeptos a essa visão construtivista tem-se George Kelly¹, que desenvolveu uma teoria psicológica baseada em uma visão ativa da construção do conhecimento, tendo como pressuposto filosófico básico o alternativismo construtivo. Kelly apresentou na obra *A theory of Personality - The Psychology of Personal Constructs*² (1963) um projeto de psicologia alternativa, tendo bases epistemológicas construtivistas. Essa obra é uma síntese do livro publicado, com o mesmo título, em dois volumes, no ano de 1955.

George Kelly desenvolveu uma teoria cognitiva da personalidade, a Teoria dos Construtos Pessoais, a partir da visão de que não existe um conhecimento absoluto e “verdadeiro”. Sua teoria diferenciava das outras teorias da personalidade contemporâneas por não trabalhar com conceitos familiares a essas, como: ego, inconsciente, estímulos e respostas, reforço e necessidade.

A partir dos anos setenta, a obra de Kelly começou a ser mais difundida e, então, vários pesquisadores e cientistas começaram a investigar as diversas aplicações de sua teoria (CLONINGER, 1999).

¹ Nascido em 28 de Abril de 1905 em Perth, Kansas, graduou-se, em 1926, em bacharelado em Física e Matemática. Em seguida, obteve o título de mestre em Sociologia Educacional e de doutor em Psicologia.

² Apesar de sua obra ter sido publicada em 1955, foi apenas em 1979 aprovada na Grã-Bretanha como um modelo alternativo de psicologia com implicações para o ensino de ciências.

Segundo Kelly, “o conhecimento é construído pelo sujeito em função dos significados atribuídos por ele a essa realidade e que têm relação com a maneira de percebê-la e interpretá-la; estes construtos servem, por sua vez, para predizer os fatos e antecipar situações com a finalidade de controlar o curso dos acontecimentos” (MINGUET, 1998, p.7).

Dessa forma, um construto é a maneira de um indivíduo ver a vida e isso é algo singular. Isso ocorre através de moldes, padrões ou gabaritos que o indivíduo constrói para dar significado às realidades do universo. Os construtos são dicotômicos, ligados por um eixo contínuo, que correspondem a uma característica do evento, sendo construído a partir de situações específicas. Cada indivíduo tem seu sistema de construção, que é um agrupamento hierárquico de construtos. Esse sistema está aberto a mudanças e expansão, à medida que nos deparamos com novas situações. O alternativismo construtivo consiste, justamente, na possibilidade de rever ou substituir os nossos construtos a fim de lidarmos com essas novas situações. De acordo com Kelly, o conceito de aprendizagem está relacionado a essa possível alteração no sistema de construção de cada indivíduo (P. SCHULTZ, 2002; MOREIRA, 1997).

A teoria desenvolvida por Kelly é bastante otimista, pois considera que sempre existem perspectivas alternativas a serem escolhidas para lidar com o mundo. Dessa forma, Kelly considera o universo como algo integral, no qual a ligação entre todos os pontos é o tempo, em virtude dessa ser a única grandeza que possui apenas um sentido. Logo, ele rompe com a teoria da personalidade de Freud ao se basear no futuro em vez do passado e ao libertar o indivíduo das marcas da sua infância (HALL *et al.*, 2000).

Nós supomos que todas as nossas presentes interpretações do universo estão sujeitas à revisão ou à recolocação... sempre existem algumas construções alternativas entre as quais podemos escolher ao lidar com o mundo. Ninguém precisa pintar a si mesmo como em uma situação sem saída; ninguém precisa ser completamente encurralado pelas circunstâncias; ninguém precisa ser vítima de sua biografia (KELLY, 1955, p. 15, apud, HALL *et al.*, 2000, p. 331).

Com a finalidade de compreender o comportamento do indivíduo, Kelly utilizou a metáfora do homem-cientista. Pois, assim como os cientistas formulam hipóteses e usam teorias para planejar observações, as pessoas procuram predizer o que irá acontecer, utilizando, para isso, seus construtos pessoais. Da mesma forma que os

cientistas podem refutar e mudar suas hipóteses em virtude de seus dados, o indivíduo pode, através da experiência, perceber que suas previsões não se adequam a determinada situação. A partir de então ocorre a mudança dos construtos pessoais. O que foi explicado anteriormente através do alternativismo construtivo (CLONINGER, 1999).

A Teoria dos Construtos Pessoais está organizada em um postulado fundamental e onze corolários. O postulado fundamental afirma que “os processos de uma pessoa são psicologicamente canalizados pelas maneiras como ela antecipa eventos” (KELLY, 1963, p.46 - tradução livre). Pode-se observar, através desse postulado, que o foco da teoria de Kelly é o indivíduo, e não um grupo de pessoas, uma característica específica do indivíduo ou apenas o seu comportamento. Dessa forma, Kelly propõe que a maneira com que o indivíduo compreende e constrói o mundo, assim como a sua forma de agir nesse mundo resultam da previsão dos acontecimentos. Logo, o indivíduo utiliza seus construtos para ter uma idéia das conseqüências de suas ações e controlar os acontecimentos futuros.

Os onze corolários formulados por Kelly são apresentados, de forma sucinta, no quadro 02. Esses foram agrupados por Cloninger (1999) em três blocos: o processo de construção, a estrutura dos sistemas de construtos e a relação com o contexto social.

Este trabalho fundamenta-se, principalmente, no bloco da estrutura dos sistemas de construtos, uma vez que se pretende analisar o sistema de construção de um grupo de alunos do ensino médio em relação ao conceito de energia. Dessa forma, os corolários que fazem parte desse bloco serão detalhados na seção 2.4.1. Os corolários da individualidade e da comunalidade, que fazem parte do bloco que relaciona o processo de construção com o seu contexto social, também irão auxiliar na metodologia.

Quadro 2 - Corolários da Teoria dos Construtos Pessoais

	Corolários	Descrição
Processo de construção	Construção	Pelo fato de os eventos repetidos serem semelhantes, podemos prever ou antecipar como os experienciaremos no futuro.
	Experiência	O sistema de construção de uma pessoa varia conforme ela constrói sucessivamente as réplicas de eventos.
	Escolha	Uma pessoa escolhe para si a alternativa, em um construto dicotomizado, que permita melhor prever os resultados de eventos antecipados.
	Modulação	A variação no sistema de construção de uma pessoa é limitada pela permeabilidade dos construtos dentro daquela faixa de conveniência na qual estão as variantes.
Estrutura dos sistemas de construtos	Dicotomia	O sistema de construção de uma pessoa é composto por um número finito de construtos dicotômicos.
	Organização	O sistema de construção de uma pessoa é organizado de forma hierárquica, havendo, assim, uma relação ordinal entre os construtos.
	Fragmentação	Uma pessoa pode empregar sucessivamente uma variedade de subsistemas de construção que são incompatíveis entre si.
	Faixa	Um construto é conveniente apenas para a antecipação de uma faixa finita de eventos.
Relação com o contexto social	Individualidade	As pessoas diferem umas das outras nas suas construções dos eventos.
	Comunialidade	Na medida em que uma pessoa desenvolve uma construção da experiência que é semelhante à empregada por outra, seus processos psicológicos são semelhantes aos dessa outra pessoa.
	Sociabilidade	Na medida em que uma pessoa interpreta os processos de construção de outra, ela pode desempenhar um papel em um processo social envolvendo a outra pessoa.

Fonte: Adaptada de Kelly, 1963, p. 103-104 e P. Schultz, 2002.

Através dessa rápida explanação dos princípios da teoria desenvolvida por George Kelly, pode-se observar que essa trata a questão da singularidade de cada ser, não desconsiderando a relação com o contexto social. Assim, Kelly diferencia-se de outros teóricos adeptos à visão construtivista, como Piaget, que trata do sujeito epistêmico, ou seja, não considerando o meio no qual o indivíduo desenvolve-se e Vygotsky, que considera, primordialmente, a influência do meio, esquecendo a individualidade de cada um. Kelly considera que cada pessoa é única e bastante complexa e que o conceito de aprendizagem está na possível mudança nos construtos ou no sistema de construção (MOREIRA, 1999).

Kelly enfatizou que sua teoria não era algo completo e acabado e, portanto, estava aberta a reconstruções, através de pesquisas e aplicações posteriores, assim como os nossos construtos são passíveis de modificações, através da experiência.

2.4.1 A Estrutura dos Sistemas de Construtos

A seguir, são apresentados os quatro corolários (da dicotomia, da organização, da fragmentação e da faixa) que constituem o bloco da estrutura dos sistemas de construtos.

➤ Corolário da Dicotomia

Os construtos são sempre dicotômicos; estruturados através de semelhanças e contrastes. Feliz-infeliz, bom-ruim, rico-pobre e assim por diante são exemplos de construtos dicotômicos, embora Kelly (1963) enfatize que essas dicotomias variam de pessoa para pessoa, obedecendo, assim, a uma lógica pessoal. Um dos pólos do construto pode ser aplicado a uma pessoa ou acontecimento, podendo também ocorrer o fato do construto ser considerado irrelevante para um determinado acontecimento e nenhum dos seus pólos ser aplicável a esse. Os pólos do construto são denominados de semelhança e contraste, em virtude da forma com que são determinados na matriz de repertório, o que será discutido posteriormente.

Assim, utilizamos as dicotomias para compreender o mundo e, através dessas, procuramos elaborar hipóteses para explicar e interpretar os acontecimentos e prever eventos futuros (PECK e WHITLOW, 1976).

➤ Corolário da Organização

Os construtos podem ser organizados de um modo hierárquico, ou seja, há construtos superordenados e construtos subordinados. Os construtos superordenados se aplicam amplamente a vários construtos de ordem inferior, que consistem os construtos subordinados. Como exemplo, tem-se o construto “feliz-infeliz”, que para um determinado indivíduo pode ser considerado como um construto superordenado e estarem subordinados a esse os construtos “rico-pobre” e “saudável-doente”.

Como o nosso sistema de construção está em constante evolução, as hierarquias estabelecidas também estão sujeitas à mudança ou evolução, de acordo com a experiência. “O único teste válido para um sistema de construtos é sua eficiência de predição. Se a organização de nossos construtos não oferecer mais uma maneira útil de prever eventos, iremos modificá-las” (P. SCHULTZ, 2002).

➤ Corolário da Fragmentação

Atualmente, o sistema educacional aborda o conhecimento de forma bastante abstrata e fragmentada, como já foi analisado anteriormente. O processo de fragmentação traz grandes conseqüências para a aprendizagem. Segundo Kelly (1963), as pessoas são capazes de desenvolver construtos que não estão conectados entre si. Assim, quando as pessoas testam novos construtos não implica que os antigos foram descartados. Mesmo, quando incompatíveis, esses construtos podem paralelamente integrar o sistema de construção de um indivíduo.

Quando o professor aborda um conjunto de idéias relacionadas a determinado conteúdo, percebe-as como um todo conectado por partes que estão ligadas entre si. Mas, os alunos podem perceber essas idéias como algo desconexo. Isso pode

ocorrer porque as relações entre as diferentes situações que foram apresentadas ao aluno não existem na sua estrutura mental. Logo, é importante que o professor conheça a forma com que os alunos organizam suas idéias, através de algum instrumento auxiliar, e que ensine de acordo com essas, promovendo situações que permitam com que o aluno amplie a faixa de conveniência dos seus construtos e que estabeleçam conexões entre os diversos conteúdos e conceitos trabalhados.

➤ Corolário da Faixa

Os construtos possuem uma faixa de conveniência, ou seja, um espectro de eventos aos quais podem ser aplicados. Cada construto tem a sua limitação, sendo essa determinada por cada indivíduo. A faixa de conveniência de um construto relaciona-se com os eventos ao qual ele se aplica. Se algum dos pólos do construto puder se aplicado ao evento ou pessoa, esse está dentro da faixa de conveniência do construto.

Um fator importante a ser analisado, nesse trabalho, consiste na ampliação da faixa de conveniência dos construtos utilizados, em decorrência das atividades vivenciadas. Pois, esse fator pode demonstrar uma maior compreensão e articulação entre os conceitos dos diferentes tipos de energia abordados.

2.4.2 A Técnica da Matriz de Repertório

A técnica da matriz de repertório, proposta por Kelly, é um instrumento de mensuração para avaliar os construtos das pessoas e tem como finalidade explorar as relações entre as construções do indivíduo. Através dessa técnica é possível delinear o sistema de construção do indivíduo, verificar as mudanças ou ampliações ocorridas, em decorrência da experiência, bem como as relações existentes entre os elementos e os construtos utilizados. Consiste em trabalhar com as diferenças e semelhanças entre três elementos, a partir da idéia exposta no corolário da dicotomia, no qual enfoca que as pessoas interpretam eventos a partir de dois pólos dicotômicos (CLONINGER, 1999).

Kelly desenvolveu essa técnica para trabalhar com seus pacientes no consultório, a fim de revelar os construtos que empregamos com as pessoas importantes de nossa vida. A técnica consiste em algumas etapas. Inicialmente, solicita-se, ao cliente, o nome de pessoas importantes na sua vida. Em seguida, sorteiam-se três cartões, cada um com um dos nomes fornecidos pelo cliente, e solicita-se que ele indique uma característica que em dois deles se assemelhem mas seja diferente do terceiro. Com esse procedimento são estabelecidos os pólos do construto (o de semelhança e o de contraste). O processo é repetido com diferentes cartões até que se tenha produzido um número suficiente de construtos. É solicitado ao cliente, também, que ele aplique cada construto às diversas pessoas relacionadas. As informações são apresentadas num diagrama chamado de matriz de repertório e analisadas em função do seu conteúdo ou em função de como o sujeito aplica seus construtos a determinados indivíduos ou situações. Vale salientar que há uma diversidade de variações em relação à aplicação dessa técnica (CLONINGER, 1999; P. SCHULTZ, 2002; PECK e WHITLOW, 1976).

Apesar de Kelly ter desenvolvido tal técnica para trabalhar com seus clientes no consultório, há trabalhos em outras áreas que a utilizaram, como podemos encontrar em Bastos (1992), no qual procurou-se identificar e analisar, entre outras coisas, as concepções do professor de física acerca dos elementos metodológicos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

3. METODOLOGIA

Nesse capítulo serão detalhadas as várias etapas que constituem este trabalho. Inicialmente, será definida a amostra, o local de realização da intervenção didática e o método de investigação a ser utilizado. Dando seguimento, será descrita a metodologia da intervenção bem como os experimentos a serem utilizados. Serão descritos, também, os procedimentos a serem realizados para a coleta dos dados e para a análise dos resultados.

A pesquisa foi realizada com a turma do 2º ano A do ensino médio do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Pernambuco, durante os meses de novembro e dezembro de 2004. A turma era composta por vinte e um (21) alunos. Uma vez que não será fruto desse trabalho generalizar os resultados obtidos, e sim, analisar o sistema de construção, em relação ao conceito de abordado, de cada aluno como algo singular, foram escolhidos quatro (04) alunos para constituir a amostra deste trabalho. Um número maior de alunos ficaria impraticável em virtude do tempo disponível para a análise dos resultados.

A escolha da escola ocorreu pelo fato da mesma oferecer condições favoráveis para o desenvolvimento de trabalhos como esse (apoio da direção, dos professores, dos alunos, boa localização e infra-estrutura). A opção em trabalhar com os alunos do 2º ano do ensino médio justifica-se pelo fato desses, a princípio, já terem estudado os diversos ramos da física, na 8ª série, sendo alguns de forma mais aprofundada e pelo apoio da professora da turma e disponibilidade dos alunos. Esse fato é importante para o trabalho uma vez que se pretende analisar os conhecimentos dos alunos sobre energia e a articulação existente na estrutura mental dos alunos entre os conceitos dos diferentes tipos de energia estudados nos diversos ramos da física.

A abordagem do fenômeno a ser estudado foi qualitativa, uma vez que a pesquisa foi desenvolvida com um pequeno grupo de alunos e pelo fato da coleta de dados ser aberta, com os quais procurou-se analisar com profundidade os resultados obtidos. Uma análise estatística das matrizes de repertório foi necessária a fim de

obtermos os fatores de correlação entre os elementos listados, que consistiu nos tipos de energia considerados por cada aluno.

As abordagens qualitativas facilitam descrever a complexidade de problemas e hipóteses, bem como analisar a interação entre variáveis, compreender e classificar determinados processos sociais, oferecer contribuições no processo das mudanças, criação ou formação de opiniões de determinados grupos e interpretações das particularidades dos comportamentos ou atitudes dos indivíduos (OLIVEIRA, 2003, p. 58).

Os experimentos propostos tiveram caráter investigativo, significando que os alunos não precisaram seguir um roteiro rígido; as idéias dos alunos foram exploradas, através de discussões em grupo e levantamento de hipóteses e houve uma maior ênfase no aspecto conceitual em detrimento do aspecto matemático.

Os instrumentos utilizados para a coleta de dados foram a técnica da matriz de repertório e os mapas conceituais³. Esse último foi, também, um elemento organizador de idéias tanto para os alunos quanto para a pesquisadora. As observações feitas durante as atividades experimentais também foram utilizadas. Essas são consideradas como um instrumento capaz de possibilitar ao pesquisador recorrer aos seus conhecimentos e experiências pessoais para auxiliar na compreensão do fenômeno analisado (LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

3.1 INTERVENÇÃO DIDÁTICA

O processo de intervenção didática ocorreu em dois encontros em sala de aula, dois encontros no laboratório de química da escola e dois encontros individuais, sendo todos conduzidos pela pesquisadora e registrados através de observações e de gravação de áudio. Os encontros em sala de aula e no laboratório ocorreram durante as aulas de física e os encontros individuais em um horário extraclasse. O plano de aula das atividades realizadas encontra-se no Apêndice A.

³ Mapa Conceitual constitui-se em um conjunto de conceitos inter-relacionados, segundo uma estrutura hierárquica proposicional e permite, através de recursos gráficos, enfatizar as relações mais importantes entre conceitos (NOVAK e GOWIN, 1999).

➤ 1º Encontro – Esse primeiro encontro em sala de aula teve a duração de uma aula (cinquenta minutos) e teve como objetivo a identificação dos vários conceitos que os alunos relacionam com o tema energia. O instrumento utilizado foi o mapa conceitual.

Houve um momento inicial para explicar à turma o trabalho a ser desenvolvido. Em seguida, houve uma breve explicação sobre os mapas conceituais, mostrando a sua finalidade e trazendo alguns exemplos para, a partir de então, ser solicitado aos alunos a construção de um mapa conceitual sobre energia. Escolheram-se, nesse encontro, os alunos que viriam participar dos encontros individuais e marcou-se com os mesmos a data desses encontros. Essa escolha dependeu da disponibilidade dos alunos e contou com o auxílio da professora da turma.

➤ 2º Encontro – Nesse momento foi realizada a técnica da matriz de repertório, com a finalidade de compreender o sistema de construção dos alunos em relação ao conceito de energia. Os encontros foram individuais, visto ser necessário para a realização de tal técnica, tendo cerca de uma hora de duração cada.

Foi construída com cada aluno uma matriz de repertório. Inicialmente, o aluno listou os diversos tipos de energia que conhecia. Esses foram anotados, separadamente, em um papel e escritos na primeira linha de uma tabela que consistiu na grade de repertório. Em seguida, sorteou-se três papéis contendo os elementos listados e foi solicitado ao aluno que identificasse um fator que fosse semelhante a dois desses elementos e diferente do terceiro. Esse procedimento possibilitou o estabelecimento dos dois pólos dicotômicos (semelhança e contraste) do construto. O aluno aplicou esse construto a todos os elementos listados, enumerando (de um a cinco) o grau de aproximação ou afastamento dos elementos listados com os pólos desse construto.

Apesar de Kelly (1963) expressar, através do corolário da dicotomia, que entre os dois pólos do construto há um eixo contínuo, ou seja, infinitas posições a serem ocupadas, ficaria inviável uma análise desse porte. Acredita-se que uma faixa variando de um a cinco é suficiente para a realização de uma análise qualitativa e estatística.

Houve a continuação da construção da matriz de repertório escrevendo na primeira e na última coluna os pólos do construto. Repetiu-se o processo com diferentes elementos até que houvesse um número suficiente de construtos ou até o momento em que o aluno não conseguisse estabelecer mais relações. Durante esse processo o aluno foi questionado sobre as decisões que tomava.

Realizou-se uma análise qualitativa dos dados obtidos e uma análise estatística em cima dos valores de correlação.

➤ 3º e 4º Encontros – Esses dois encontros foram realizados no laboratório de química da escola, ocorrendo em duas aulas distintas de uma hora e quarenta minutos cada. Explorou-se nesses encontros a realização de duas atividades experimentais. Essas atividades foram sistematizadas a partir da análise dos resultados obtidos através da construção dos mapas conceituais e das matrizes de repertório e foram as ferramentas metodológicas a fim de promover a articulação entre os conceitos dos diversos tipos de energia estudados em física e uma compreensão mais ampla do conceito de energia. As atividades foram desenvolvidas dentro de uma abordagem investigativa e qualitativa, procurando relacionar o tema abordado com situações reais. Foram usados também materiais reaproveitáveis e de baixo custo.

Para a realização dessas atividades os alunos foram divididos em quatro grupos. Eles receberam o material necessário para a realização do experimento, no qual estava pré-montado e uma ficha para a construção de um relatório.

Procurou-se estudar, através desses experimentos, os processos de transformação, transferência, conservação e degradação da energia e a relação entre os conceitos dos diferentes tipos de energia estudados.

Inicialmente foi solicitado aos alunos que descobrissem uma forma para fazer o experimento funcionar. Os grupos tiveram um tempo (aproximadamente dez minutos) para tentar realizar o que foi solicitado. A pesquisadora atuou como facilitadora, incentivando os grupos a atingirem esse objetivo inicial. Após os experimentos estarem montados, os grupos explicaram o que observaram no

fenômeno analisado. A intervenção, quando necessária, da pesquisadora serviu para auxiliar os alunos nas suas descobertas e explicações, fazendo com que eles construíssem um conhecimento com base científica, levando em consideração os processos de transformação, transferência, conservação e degradação da energia, bem como as relações entre os conceitos dos diferentes tipos de energia presentes no experimento.

Durante a exploração do experimento os grupos registraram, no relatório, suas observações, os procedimentos realizados e as possíveis explicações para o fato investigado. Em seguida, os grupos expuseram as suas conclusões, havendo, no fim, um fechamento sobre a real explicação para o fenômeno analisado. Finalizando, os alunos receberam um texto complementar procurando relacionar as atividades desenvolvidas com situações reais.

➤ 5º Encontro – Foi realizado durante uma aula (cinquenta minutos). Inicialmente, procurou-se relacionar as duas atividades realizadas, analisando as semelhanças e diferenças entre as mesmas. Dando seguimento, foi solicitado, aos alunos, a construção de um outro mapa conceitual sobre energia que teve como objetivo analisar, comparando-se com o primeiro, as alterações ocorridas na estrutura cognitiva dos alunos em relação ao tema trabalhado e em função das experiências vivenciadas anteriormente.

➤ 6º Encontro – Ocorreu, novamente, em encontros individuais, nos quais foi repetida a técnica da matriz de repertório. Teve como objetivo a construção da grade de repertório a fim de possibilitar a análise do sistema de construção dos alunos em relação ao conceito trabalhado e as possíveis alterações em relação à construção do conceito abordado e à articulação existente entre os conceitos dos diversos tipos de energia.

Ao final da intervenção didática procurou-se verificar a ocorrência da ampliação da faixa de conveniência de determinados construtos, possibilitando a aplicação desses construtos a situações diversas, a utilização de novos construtos e um maior grau de articulação entre os conceitos dos diferentes tipos de energia, analisando se isso

minimizou a fragmentação existente na estrutura mental dos alunos em relação ao conceito de energia.

Na figura 02, tem-se um fluxograma da metodologia da intervenção didática, com o intuito de ilustrar as etapas realizadas durante esse processo.

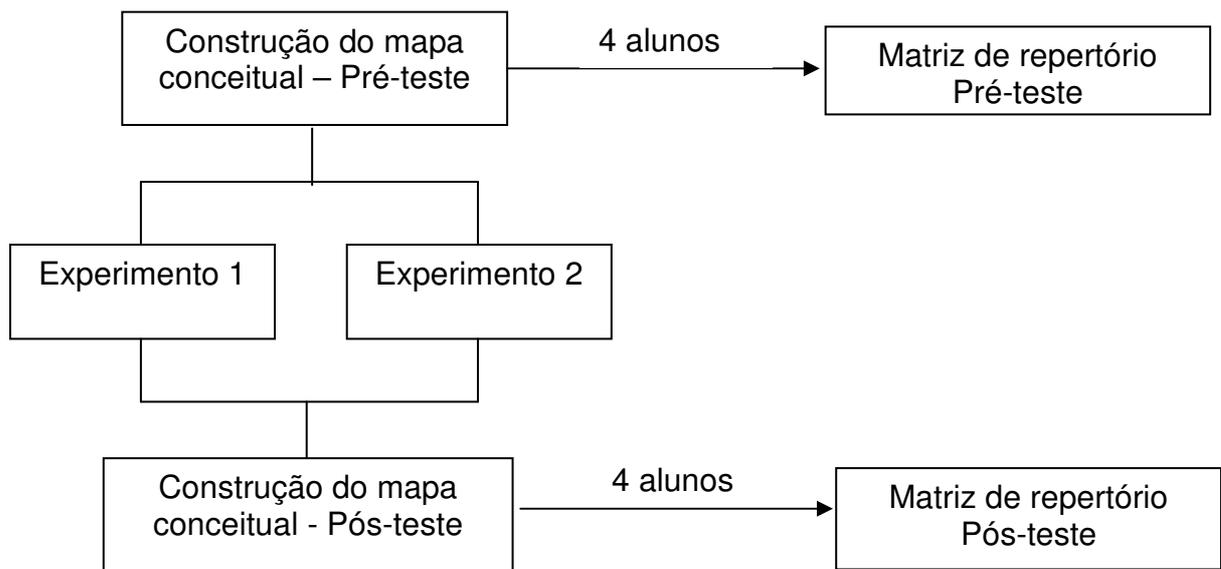


Figura 02 - Fluxograma da metodologia da intervenção didática (I.D.)

3.2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

➤ Experimento 1: Looping

Material utilizado:

- Canaleta com espirais
- Bola de bilhar ou similar
- Régua



Figura 03 – Experimento 1

Fonte: <http://www.labdid.usp.br/~extensao/dem/trem/imagem6.jpg>

Explicação Básica:

Para a bolinha conseguir fazer o "looping" ela deve possuir uma velocidade mínima. Pode-se calcular, levando em consideração os movimentos de translação e de rotação da bolinha, a altura mínima que ela deve ser solta para conseguir realizar o "looping". Esses cálculos indicam que ela deve ser solta de uma altura (mínima) igual ao diâmetro da circunferência mais um quarto do diâmetro ou $H_{\min} = (2R) + [(2R) / 4] = (5/2)R$

Os cálculos realizados para chegar à conclusão acima levaram em consideração uma situação ideal. A experiência mostra que se abandonarmos a bolinha de uma altura $H = (5/2)R$, como sugerido, ela não realiza o "looping", pois no caso real existem forças que retardam o movimento ou que dissipam energia. A bolinha no seu percurso dissipa energia através do atrito com o ar e entre as superfícies de contato. É por causa da dissipação da energia mecânica que há a produção de som e o aquecimento das superfícies.

Pode-se observar que, mesmo tratando-se de uma experiência que é abordada basicamente no estudo da mecânica, os processos de conservação, transformação, transferência e degradação da energia podem ser explorados.

Para um caso ideal tem-se a transformação da energia potencial gravitacional (devido à interação entre a bolinha e a Terra) para a energia cinética (devido ao movimento da bolinha). Porém, para o caso real, há uma redução da energia mecânica. Assim, para que o princípio da conservação da energia continue válido é necessário considerar a parcela de energia que é dissipada, ou seja, que não pode ser mais recuperada voltando a compor a energia mecânica total do sistema.

➤ Experimento 2: Usina Térmica

Material necessário para a construção do experimento:

- Lata de refrigerante
- Arame
- Recipiente de metal (lata de sardinha, por exemplo)
- Embalagem de suco ou leite revestida por dentro com alumínio
- Cola branca ou cola instantânea
- Giz
- Álcool



Figura 04 – Experimento2

Fonte: VALADARES, 2002, p. 83

Explicação Básica:

Após alguns minutos de acender o fogo, o líquido que está dentro da caldeira (lata de refrigerante) será aquecido, produzindo um vapor. O jato de vapor sairá pelo furo da caldeira fazendo a ventoinha girar.

Sendo o giz um material poroso, o álcool que será derramado sobre ele será sugado pelos seus poros havendo, em seguida, a liberação, aos poucos, de CO₂ e água, através do processo de combustão. Assim, haverá a transformação da energia potencial de ligação química, liberada na queima, em energia térmica, através de uma reação exotérmica. Essa energia térmica em movimento, que consiste o calor, irá aquecer a água que está dentro da caldeira. Haverá um processo de transferência de energia, através da convecção térmica, que consiste no transporte de energia térmica de uma região para outra, através do transporte de matéria. Após um determinado tempo, o calor fornecido para a água servirá para ocasionar uma mudança de estado. Logo, a água começa a evaporar. As moléculas de ar quentes, dotadas de energia cinética, chocam-se com as pás da ventoinha transferindo-lhe parte de sua energia e colocando o sistema em movimento.

Vale salientar que parte da energia será degradada, não sendo possível, portanto, converter integralmente o calor da fonte em trabalho. Assim, o calor fornecido pela caldeira será parcialmente transformado em trabalho para colocar a ventoinha em movimento e a diferença será rejeitada para a atmosfera. Durante todo o processo a energia é conservada, embora não seja possível conseguir converter toda a energia do sistema em energia útil.

3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme já mencionado na sessão 3.1 foram utilizados os seguintes instrumentos para a coleta de dados: mapa conceitual, matriz de repertório e observações durante a realização das atividades experimentais. Os dados coletados na etapa inicial, antes da realização das aulas envolvendo as atividades experimentais, constituem os pré-testes, enquanto que os obtidos na etapa final do processo constituem os pós-testes.

A análise dos resultados foi realizada em três momentos, conforme o fluxograma representado na figura 05.

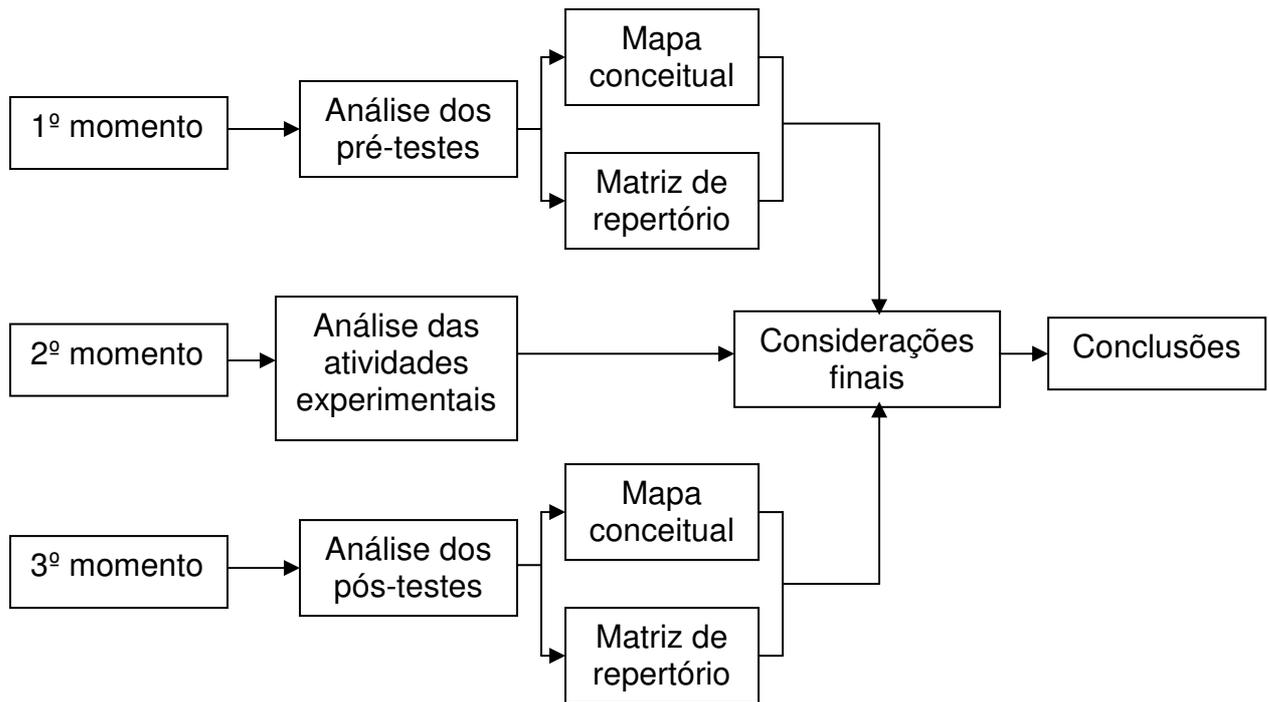


Figura 05 - Fluxograma da análise dos resultados

De acordo com Novak (1996), há quatro critérios importantes a serem analisados em um mapa conceitual: proposições, hierarquia, ligações cruzadas e exemplos. Através da análise das proposições verificam-se as relações entre os conceitos (se são válidas ou não) e se há significado entre as palavras-chaves que ligam dois conceitos. Ao analisar a hierarquia é possível perceber as relações entre os conceitos mais inclusivos e os subordinados. As ligações cruzadas têm grande relevância, uma vez que denotam um caráter de transversalidade ao mapa, significando um maior grau de articulação entre os conceitos relacionados. Os exemplos, apesar de não representarem conceitos, possibilitam a indicação de acontecimentos ou objetos concretos, revelando a relação que o indivíduo faz entre o conceito abordado e uma situação real (ALMEIDA *et al.*, 2003).

Quando se analisa o critério, “hierarquia”, de acordo com o proposto por Novak (1999), observa-se uma grande semelhança entre este e o que é proposto por Kelly (1963) no corolário da organização. Nesse corolário, Kelly enfatiza que há uma relação ordinal entre os construtos, ou seja, há construtos mais gerais e outros mais específicos.

Os aspectos acima citados foram considerados para a análise dos mapas conceituais construídos pelos alunos, bem como outros que são importantes para o presente trabalho. Diante dessas colocações, os critérios elegidos para serem analisados nos mapas são:

- Análise das proposições
- Evidência de uma estrutura hierárquica
- Tipo de ligação (cruzada)
- Existência de exemplos
- Uso de fórmulas
- Ramos da física abordados
- Tipos de energia citados

Geralmente, no ensino de física, é dada uma grande relevância ao formalismo matemático, deixando em segundo plano o aspecto conceitual. Assim, os alunos tendem a memorizar as fórmulas trabalhadas, não se preocupando em compreendê-las. Esse é um ponto importante a ser analisado nos mapas uma vez que é esperada a substituição dos conceitos por fórmulas, revelando a falta de compreensão do conceito abordado. Para que o aluno consiga articular os diferentes tipos de energia, é necessário que possua uma boa compreensão desses conceitos.

Em relação aos ramos da física, considerou-se a divisão adotada na maioria dos livros didáticos. São eles: mecânica, termologia, ondas, eletricidade e física moderna. É importante analisar as relações que os alunos fazem entre os diferentes conceitos de energia expressos nos diversos ramos da física, uma vez que essas relações também ajudarão a perceber o grau de articulação entre os diferentes tipos de energia trabalhados. De acordo com o que foi colocado acima, resta saber quais são os tipos de energia que o aluno conhece e como as interligam.

Através da análise desses critérios buscou-se delinear a estrutura cognitiva de cada aluno em relação ao conceito de partida trabalhado, no caso, o conceito de energia. As matrizes de repertório foram analisadas qualitativamente e quantitativamente. A análise qualitativa priorizou os tipos de energia considerados, os construtos utilizados pelos alunos, as dicotomias estabelecidas para cada construto e a faixa de

conveniência dos construtos, quando relevantes para o trabalho. Já para a análise quantitativa foi estabelecido um fator de correlação entre os elementos – os tipos de energia - que foram definidos pelos alunos. As análises qualitativas e quantitativas foram complementares e a partir delas foi verificado o nível de articulação entre os conceitos dos diferentes tipos de energia apresentados.

Para a realização da análise estatística, na qual buscou-se determinar o fator de correlação presente entre os elementos da matriz, consideraram-se os valores atribuídos pelo aluno para cada elemento em relação a cada construto. Os valores atribuídos pelos alunos variaram de um a cinco e estabeleceu-se que cada possível diferença entre a posição de dois elementos para cada construto corresponderia a um valor percentual, conforme a Tabela I.

Essa análise teve como base o trabalho desenvolvido por Oliveira (2004), no qual foi abordado um tratamento estatístico para a análise da matriz de repertório, baseando-se nos resultados apresentados na tese de doutoramento de Bastos (1992).

Tabela I - Percentual de coincidência

Diferença entre a posição de dois elementos para cada construto	0	1	2	3	4
Percentual de coincidência	100%	75%	50%	25%	0%

Na situação em que o aluno não conseguiu aplicar o construto para um determinado elemento, ou seja, não há um valor atribuído, considerou-se um percentual zero de coincidência em relação aos demais elementos para esse construto.

A seguir, apresenta-se um exemplo com o intuito de ilustrar os procedimentos adotados para a análise estatística das matrizes de repertório.

Na figura 06, observa-se um fragmento da matriz de repertório do aluno 4 (A4). Tem-se três elementos listados (energia cinética, elétrica e térmica), dois construtos estabelecidos (C_1 e C_2) com os pólos de semelhança e de contraste e os valores

que foram atribuídos pelo aluno para cada elemento em relação a cada um dos dois construtos.

		Elementos				Pólo Contraste ⑤
		Pólo Semelhança ①	Cinética (A)	Elétrica (B)	Térmica (C)	
Construtos	C_1	Movimento em escala macroscópico	3	5	-	Movimento em escala micro
	C_2	Transformações	5	3	1	Movimento

Figura 06 - Fragmento de uma matriz de repertório

Inicialmente, alguns dados da matriz de repertório (os elementos com os respectivos valores atribuídos) foram transferidos para uma planilha do Microsoft Excel for Windows, conforme a Tabela II. A opção pela análise estatística dos elementos e não dos construtos presentes na matriz se justifica pelo fato do grau de articulação entre os tipos de energia ser um dos objetivos específicos desse trabalho.

Tabela II - Exemplo dos elementos com os valores atribuídos

Cinética (A)	Elétrica (B)	Térmica (C)
3	5	-
5	3	1

Após a transferência dos valores e elementos para a planilha do Excel, estabeleceram-se todas as combinações possíveis entre os elementos que constituem a matriz (AB , AC e BC) e determinou-se o grau de correlação entre esses elementos.

Para o estabelecimento desse grau de correlação considerou-se, por exemplo, que entre o elemento *A* e o elemento *B*, para os quais o aluno atribuiu para o primeiro construto, respectivamente, valores três e cinco, existe uma diferença de dois pontos, conforme pode ser observado na figura 07.

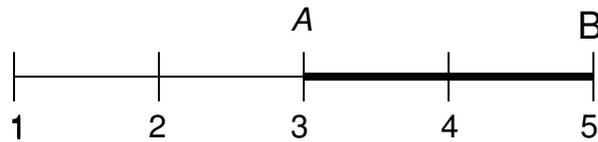


Figura 07 – Esquema que representa como é determinada a diferença entre dois elementos a partir dos valores atribuídos a eles

Assim, para o exemplo em questão e de acordo com a tabela I, o percentual de correlação em relação a esse construto entre esses dois elementos é de cinquenta por cento. Esses resultados foram obtidos a partir do Excel utilizando a seguinte expressão:

$$y = /1 - 0.25 * diferença /$$

na qual *y* determina o valor da correlação e este valor varia de zero a um (o número um corresponde a cem por cento).

Assim, para o exemplo descrito tem-se: $y = /1 - 0.25 * 2 / = 0.50$, ou seja, cinquenta por cento de correlação.

A Tabela III apresenta todos os fatores de correlação para o exemplo em questão, bem como a média aritmética para cada uma das possíveis combinações entre os elementos.

Tabela III - Exemplo de fatores de correlação e suas respectivas médias aritméticas

	<i>AB</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>
<i>C</i> ₁	0.5	0	0
<i>C</i> ₂	0.5	0	0.5
média	0.5	0	0.25

Após a obtenção das médias aritméticas dos fatores de correlação entre todos os elementos, selecionaram-se aquelas que apresentavam um fator de correlação mais significativo (iguais ou superiores a 0,6). Com os valores selecionados foi construído um gráfico, do tipo radar, utilizando o Excel, a fim de facilitar a visualização dos dados. E foram, a partir da análise desses gráficos juntamente com a análise qualitativa, realizadas as discussões com base nas quais pretendeu-se verificar o nível de articulação entre os diferentes conceitos dos tipos de energia abordados pelos alunos.

As observações realizadas tiveram como finalidade descrever as atividades experimentais, bem como o comportamento dos alunos, auxiliando na análise dos pós-testes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo serão apresentados e discutidos os dados coletados nesse trabalho e as atividades experimentais desenvolvidas. Inicialmente, a análise será realizada individualmente com cada um dos quatro alunos que fazem parte da amostra, uma vez que, de acordo com o corolário da individualidade (KELLY, 1963), cada indivíduo constrói suas réplicas de forma singular para cada evento. Assim, embora todos os alunos tenham participado das mesmas atividades experimentais, cada um interpreta-as de uma forma distinta e, conseqüentemente, utiliza seus construtos de formas diferentes.

Posteriormente, será realizada uma análise global, não havendo a pretensão de generalizar os resultados. Buscar-se-á verificar os aspectos similares em relação à eficácia das atividades desenvolvidas, visto o corolário da comunalidade (KELLY, 1963) enfatizar que, apesar de cada pessoa ser única, existem algumas similaridades entre elas. O sentido dado a cada experiência pode ter aspectos semelhantes aos diversos alunos.

4.1 ANÁLISE DO RESULTADO DOS PRÉ-TESTES

➤ Aluno 1 (A1)

A figura 08 corresponde ao primeiro mapa conceitual construído pelo aluno A1.

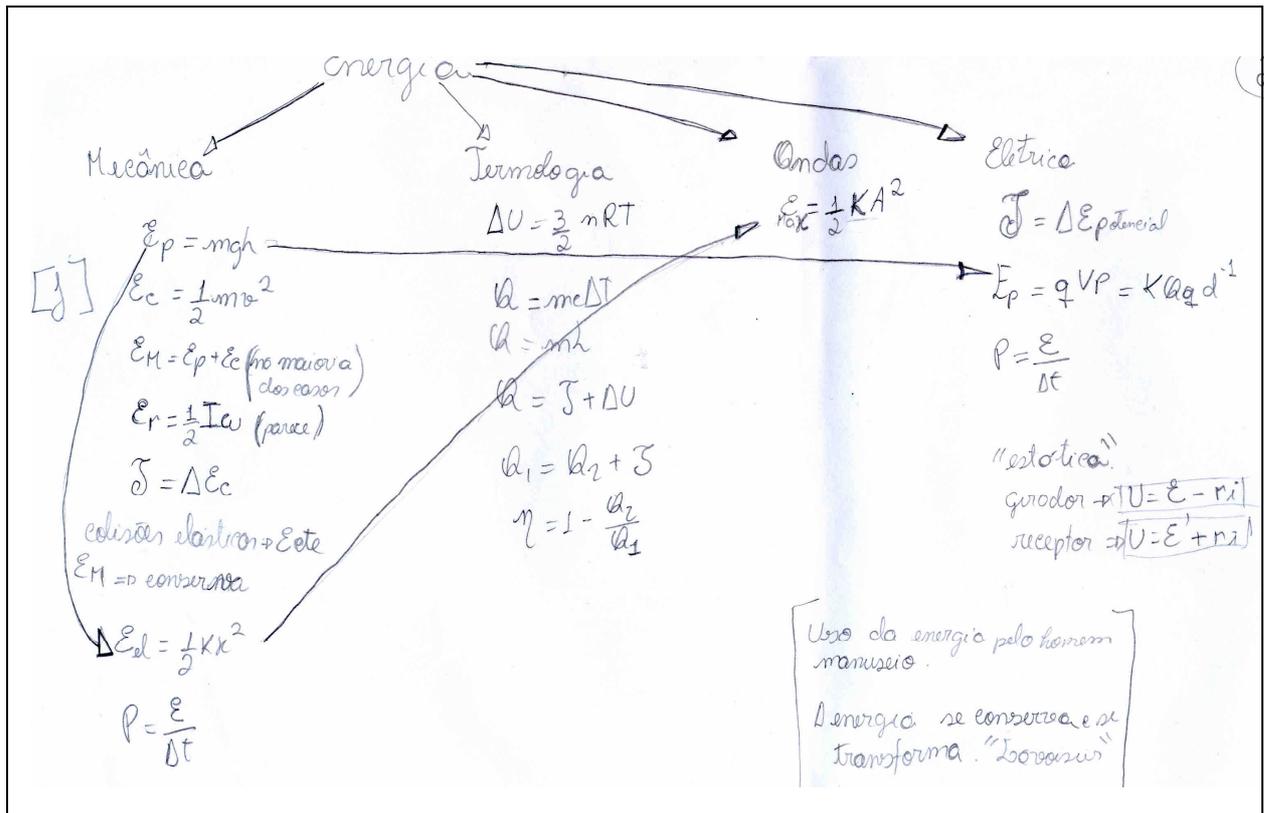


Figura 08 – Mapa conceitual 1 do aluno A1

De acordo com a leitura do mapa e considerando os critérios a serem analisados, verificou-se que:

- o aluno introduziu poucos conceitos e nenhuma palavra de ligação. Estabeleceu poucas relações entre os conceitos, ou seja, praticamente não estabeleceu proposições. Há muitas palavras sem conexões no mapa, revelando, assim, a falta de articulação entre os conceitos abordados;
- há apenas dois níveis hierárquicos, estando a maioria dos termos dispostos sem nenhuma relação ordinal. Não se percebe a questão da inclusividade;

- há uma ligação cruzada entre as expressões que retratam a energia potencial gravitacional, elástica e elétrica. Constatou-se, então, que o aluno percebeu uma relação entre esses tipos de energia potencial, não sendo possível verificar se ele compreende o conceito de energia potencial, uma vez que a relação foi efetuada através de fórmulas matemáticas;
- poucos exemplos foram citados e estes estavam dispostos de forma aleatória. Verificou-se, então, que o aluno não conseguiu estabelecer relações entre o que foi abordado por ele e as situações cotidianas e/ou reais;
- o aluno construiu o mapa utilizando, basicamente, expressões matemáticas, relacionando uma série de fórmulas para cada ramo da física abordado, com poucas conexões entre elas e sendo algumas não pertinentes. A grande quantidade de expressões matemáticas utilizadas pode ser resultado da priorização do formalismo matemático em detrimento do aspecto conceitual no ensino de física, fato esse, que leva a memorização em vez da compreensão e construção do conhecimento;
- os ramos da física citados foram: mecânica, termologia, ondas e eletricidade. Apesar do aluno já ter estudado alguns conceitos que são abordados no ramo da física moderna, esse não foi citado. A única relação feita entre os ramos abordados foi relacionando as energias potenciais, como já comentado anteriormente;
- vários tipos de energia foram citados de forma desarticulada e sem a presença de conceitos que revelassem o significado desses tipos de energia.

De uma maneira geral, observou-se que o aluno pontuou diversas fórmulas e poucos conceitos estudados em física, não havendo uma articulação entre eles. Poucos tipos de energias alternativas foram citados, sendo também mencionado o aspecto da transformação e da conservação da energia. Constatou-se que houve uma reprodução de frases e palavras do professor ou do livro texto e de fórmulas estudadas, revelando, assim, uma aprendizagem mecânica em relação ao conceito de partida trabalhado.

A matriz de repertório do aluno A1, construída antes das atividades experimentais desenvolvidas, encontra-se no Apêndice B.

Nesta matriz, o aluno listou onze elementos, que correspondiam aos tipos de energia que conhecia e estabeleceu sete construtos. Em relação aos elementos listados, observou-se que ele incluiu o trabalho como um tipo de energia. Essa é uma interpretação, do ponto de vista científico, errônea, uma vez que a grandeza trabalho é um meio de se medir a energia e não um tipo de energia. Verificou-se, também, que ele relacionou como tipos de energia potencial, a gravitacional, elástica e elétrica, não considerando a energia química como um tipo de energia potencial. Um outro aspecto observado consistiu no fato do aluno listar as energias cinética e rotacional, revelando um excesso de fragmentação entre esses conceitos, uma vez que a energia rotacional está inclusa na energia cinética.

Com relação aos construtos, observou-se que alguns deles não foram estruturados obedecendo a uma “lógica padrão”. Por exemplo, o construto energia mecânica/fonte de energia. Poderia-se pensar como uma “lógica padrão” os pólos energia mecânica x energia não mecânica e fonte de energia x tipo de energia. Esse fator é esperado pelo fato de Kelly (1963) enfatizar, no corolário da dicotomia, que as dicotomias variam de indivíduo para indivíduo, obedecendo, assim, a uma lógica pessoal. Com relação à aplicação desse construto, houve uma inconsistência na medida em que o aluno aplicou o pólo fonte de energia a alguns tipos de energia, como exemplo a energia luminosa. Constatou-se, assim, uma certa confusão entre formas e fontes de energia, sendo essa uma das dificuldades apontadas por Solbes e Tarín (1998) em relação à aprendizagem desse conceito.

Verificou-se que o construto energia de movimento/energia de posição possuía uma faixa de conveniência restrita, pois o aluno só conseguiu aplica-lo aos elementos que representavam as energias potenciais (sob a interpretação do aluno) e os tipos de energia que são estudados em mecânica, além da grandeza trabalho. Esse construto não foi aplicado a quatro elementos listados.

Na figura 09, tem-se o gráfico que representa os níveis de articulações entre os tipos de energia abordados pelo aluno que tiveram fatores de correlação mais significativos.

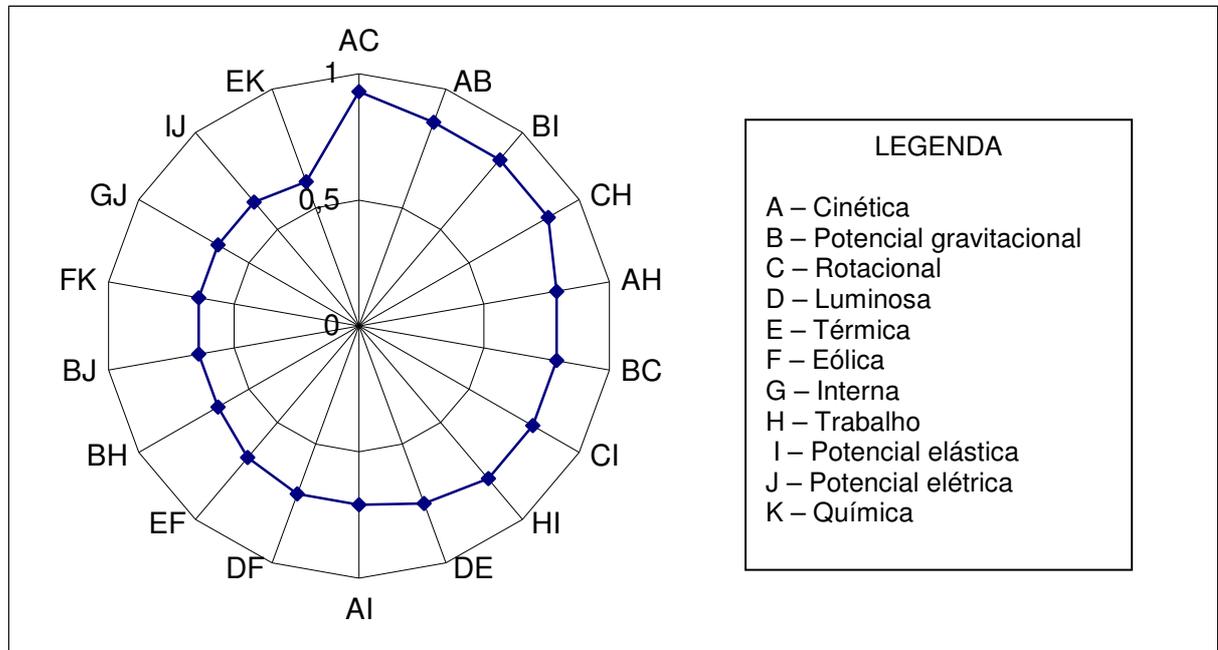


Figura 09 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 1 do aluno A1

A partir da análise do gráfico, alguns aspectos importantes foram verificados.

- A díade cinética/rotacional foi a que apresentou um maior fator de correlação (0,93). A energia cinética é a energia que um corpo possui em virtude de estar em movimento (LUZ e ÁLVARES, 2003). Logo, a energia rotacional é um tipo de energia cinética, não havendo, portanto, um critério lógico para a determinação dos elementos. O aluno percebe o quanto esses dois tipos de energia (cinética e rotacional) estão interligados, mas não compreende a organização hierárquica que há entre eles.
- As díades: cinética/potencial gravitacional, potencial gravitacional/potencial elástica e rotacional/trabalho tiveram o mesmo fator de correlação (0,86).

➤ Em seguida, tem-se as díades cinética/trabalho, potencial gravitacional/rotacional, rotacional/potencial elástica e trabalho/potencial elástica, todas com fator de correlação igual a 0,79. Como já mencionado, a grandeza trabalho não se enquadra bem entre os elementos, mas observou-se a sua relação com os tipos de energia apresentados em mecânica. Constatou-se, então, que os tipos de energia abordados em mecânica apresentaram um alto fator de correlação, revelando que o aluno possuiu uma estrutura mais complexa entre esses conceitos. Esse fato é bastante compreensível uma vez que ao ramo da mecânica é dedicado um maior tempo de estudo, sendo o mais abordado em concursos de vestibulares e nos livros textos.

➤ Em um nível de correlação mais baixo tem-se: luminosa/térmica (0,75), cinética/potencial elástica e luminosa/eólica, essas últimas com um fator de correlação igual a 0,71. A díade cinética/potencial ficou em um nível mais baixo de correlação em relação às demais combinações efetuadas entre os tipos de energia abordados na mecânica. Essa diferença ocorreu, basicamente, pela diferença em relação ao construto nível macroscópico/nível microscópico, pois o aluno considera que a energia cinética pode ser encontrada tanto no nível macroscópico (movimento de um corpo) quanto no nível microscópico (agitação dos átomos e moléculas que constituem o corpo), enquanto que a energia potencial elástica encontra-se no nível macroscópico; atribuições essas bem coerentes. Vale salientar que, apesar dessa compreensão do caráter microscópico da energia cinética, não houve uma relação significativa entre esse tipo de energia e a energia térmica.

Observaram-se, nesse nível, articulações entre tipos de energia que não são abordados na mecânica. Em relação à díade luminosa/térmica, alguns valores atribuídos não estavam coerentes cientificamente. Como exemplo, considerar esses dois tipos de energia como fontes de energia e que essas são esgotáveis.

➤ Entre o nível de correlação 0,70 e 0,60, bem menos significativos, o aluno estabeleceu algumas outras relações, como pode ser observado no gráfico da figura 09. Dentre essas, pôde-se destacar as relações entre as energias potencial gravitacional e elástica com a energia potencial elétrica. Apesar desses três tipos de energia serem do tipo potencial, o aluno conseguiu estabelecer algumas diferenças

entre eles. Fica claro a não percepção da energia química como um tipo de energia potencial, tanto pelo fato da falta de articulação entre esse tipo de energia e as demais como pela não associação dessa energia ao pólo energia de posição do construto energia de movimento/energia de posição.

Em relação à análise dos resultados dos pré-testes realizados pelo aluno 1, pôde-se agrupar os tipos de energia relacionados em três blocos, que constituem as classes dos elementos.

Na primeira classe têm-se as energias cinética, potencial gravitacional, potencial elástica, rotacional e o trabalho. Observa-se a presença dessa relação tanto no mapa conceitual quanto na matriz de repertório. No mapa conceitual todas as fórmulas relacionadas a esses conceitos foram inseridas no ramo da mecânica. Através do gráfico construído a partir da matriz de repertório observou-se um alto nível de articulação entre esses elementos. Assim, observa-se que esse primeiro bloco está relacionado ao ramo da mecânica.

A segunda classe, na qual estão inseridas as energias luminosa, térmica, eólica e química, possui um grau de articulação menor. Esses tipos de energia, segundo o aluno, foram relacionados através do conceito de temperatura.

Na terceira classe têm-se os tipos de energia potencial considerados pelo aluno (gravitacional, elástica e elétrica). No mapa conceitual observou-se essa articulação através de uma ligação cruzada, e na matriz de repertório observou-se uma relação significativa entre esses.

O exposto acima pode ser resultado de uma aprendizagem fragmentada, uma vez que os ramos da física são, normalmente, apresentados em blocos, não havendo uma articulação entre os conceitos trabalhados. A ligação efetuada entre alguns tipos de energia potencial pode ter ocorrido pelo simples fato de serem apresentados, pelo professor ou pelo livro texto, com essa nomenclatura. Não foi possível perceber uma compreensão mais sofisticada do conceito de energia potencial.

A falta de alguns pontos importantes para a compreensão do conceito de energia, como os aspectos transferência e degradação, a confusão realizada entre formas e fontes de energia, a falta de organização hierárquica entre os elementos listados e entre o que foi abordado no mapa conceitual, a grande ênfase nas expressões matemáticas, a falta de relação entre os conceitos abordados e situações reais e a presença restrita das energias alternativas revelam algumas lacunas em relação à aprendizagem do conceito de energia.

➤ Aluno 2 (A2)

A figura 10 corresponde ao primeiro mapa conceitual construído pelo aluno A2.

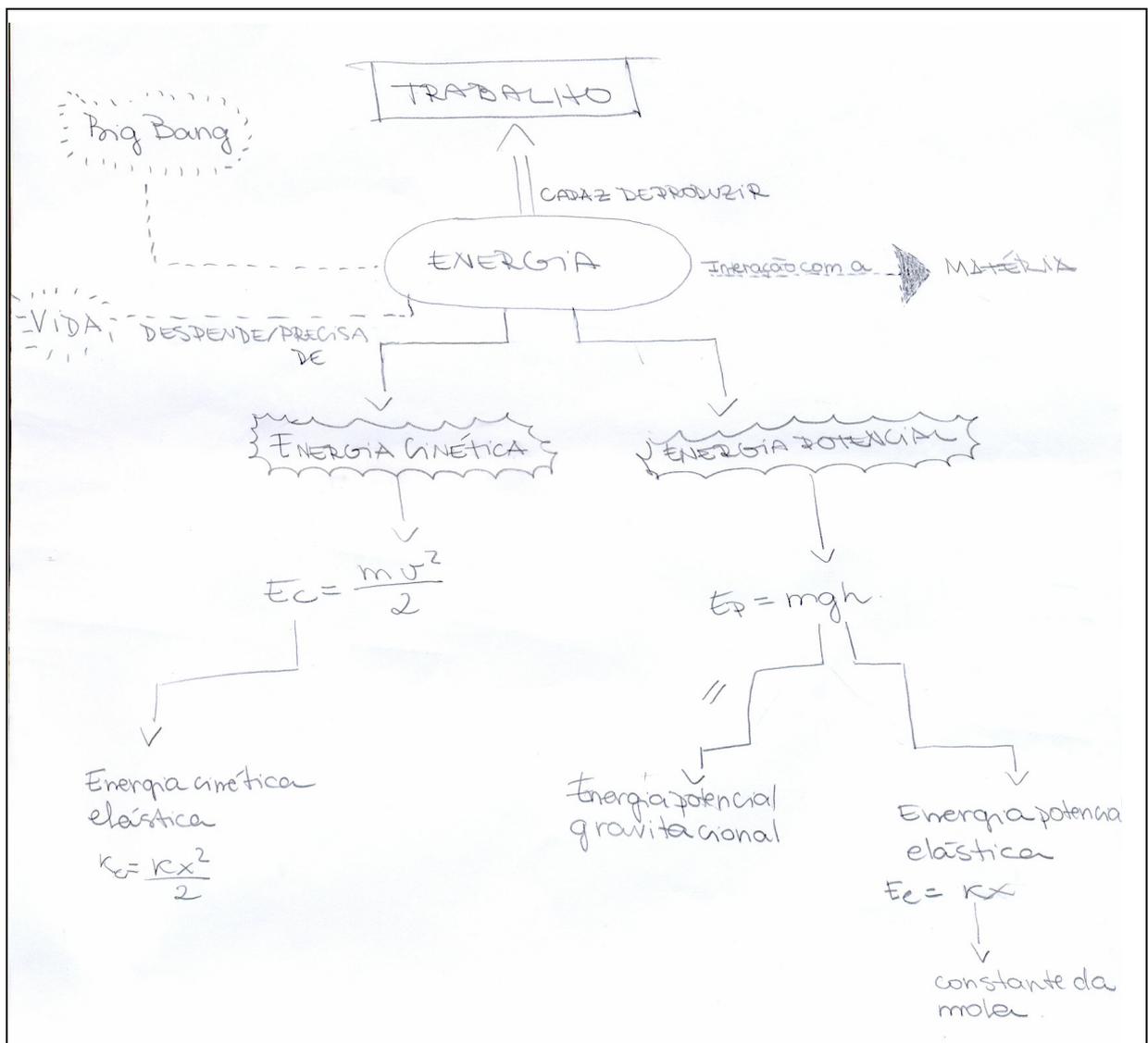


Figura 10 – Mapa conceitual 1 do aluno A2

De acordo com a leitura do mapa e considerando os critérios a serem analisados, verificou-se que:

- a maioria dos conceitos introduzidos estão relacionados ao ramo da mecânica, havendo a utilização de setas para interligar esses conceitos. O aluno escreveu poucas palavras de ligação, estando essas adequadas, originando, portanto, proposições válidas. Observou-se a presença de um conceito errado, do ponto de vista científico, o de energia cinética elástica e algumas ligações inválidas, como a realizada entre a energia potencial e a expressão utilizada para representar a energia potencial gravitacional ($E_p = m.g.h$) e entre essa expressão e a ramificação existente para a energia potencial gravitacional e para a energia potencial elástica;
- verificou-se apenas dois níveis hierárquicos válidos, uma vez que houve ligações inválidas, demonstrando, nesse ponto, uma falta de organização hierárquica. Não foi estabelecida uma relação ordinal entre os conceitos de energia potencia, já que a expressão $E_p = m.g.h$ é utilizada para representar a energia potencial gravitacional, não devendo, portanto, estar em um nível hierárquico acima da energia potencial elástica.
- não houve ligação cruzada, apresentando, assim, uma falta de articulação entre os diversos conceitos abordados;
- nenhum exemplo foi citado, revelando, assim, a não articulação entre os conceitos abordados e situações reais;
- o aluno utilizou poucas fórmulas. Essas foram utilizadas para expressar, basicamente, os tipos de energia abordados, estando algumas delas incorretas. Como mencionado anteriormente, o aluno utilizou erroneamente o conceito de energia cinética elástica e atribuiu uma expressão para esse conceito ($K_c = K.x^2 / 2$). Observou-se, assim, uma confusão realizada entre esse conceito criado pelo aluno e o de energia potencial elástica, uma vez que a expressão acima representa esse tipo de energia. A expressão utilizada para a energia potencial elástica ($E_c = K.x$) também não está coerente, pois essa representa a força elástica. Verificou-se, assim, uma certa inconsistência entre alguns conceitos abordados e suas

expressões matemáticas, além de uma falta de organização hierárquica entre essas expressões;

- a maioria dos conceitos abordados está relacionada ao ramo da mecânica, não havendo relações com os demais ramos da física;
- o aluno citou apenas a energia cinética e a energia potencial, mostrando-se bastante confuso em relação às mesmas.

Ainda em relação à análise do mapa conceitual construído pelo aluno, observou-se a definição do conceito de energia expressa na maioria dos livros de física 1 – energia é a capacidade de realizar trabalho – e algumas ligações entre aspectos relacionados ao universo. O equívoco ocorrido em relação a algumas expressões matemáticas e algumas ligações pode ser fruto da falta de compreensão das fórmulas estudadas, tanto dos símbolos utilizados quanto das relações entre as grandezas envolvidas. Essa dificuldade poderia ser superada se as expressões utilizadas no ensino de física fossem construídas, discutidas e analisadas, em vez de servir meramente para a substituição de letras por números, a fim de encontrar um resultado no final, sem haver nenhuma compreensão dos vários aspectos envolvidos em uma expressão matemática.

Verificou-se, ainda, que o aluno não relacionou conceitos que revelassem uma compreensão do conceito de energia e das diversas formas em que a energia se apresenta.

A matriz de repertório construída pelo aluno A2, antes a realização das atividades experimentais, encontra-se no Apêndice C.

O aluno apresentou uma grande dificuldade em relação à construção da matriz de repertório, mostrando-se bastante nervoso e bem confuso. Ele conseguiu estabelecer sete elementos e relacionou quatro construtos. Os elementos listados foram: cinética, potencial, mecânica, eólica, elétrica, nuclear e química. Verificou-se que o aluno não apresentou uma certa coerência ao estabelecer os elementos, que consistia nos tipos de energia. Observou-se a presença da energia potencial sem

especificar de qual tipo se tratava e, em seguida, a energia elétrica, nuclear e química, que também são tipos de energia potencial. Esse fato leva a crer que ao listar a energia potencial o aluno referia-se apenas a gravitacional e a elástica, ambas abordadas ao estudar a mecânica, tipo de energia (que engloba a energia cinética e potencial) citado logo em seguida pelo aluno.

A falta de compreensão do significado da energia potencial ainda pôde ser constatada no momento em que o aluno não conseguiu relacionar a energia elétrica, nuclear e química ao construto movimento das partículas/posição. Esse construto possuiu uma faixa de conveniência bem restrita, assim como os demais construtos utilizados.

Observou-se, também, uma não compreensão do significado de fontes de energia, pois o aluno considerou a energia mecânica e a eólica como tais. A quantidade de construtos utilizada foi bastante pequena, devido às dificuldades apresentadas pelo aluno em estabelecer relações entre os tipos de energia listados.

Na figura 11 tem-se o gráfico representando os níveis de articulações mais significativos apresentados pelo aluno em relação aos elementos presentes na matriz.

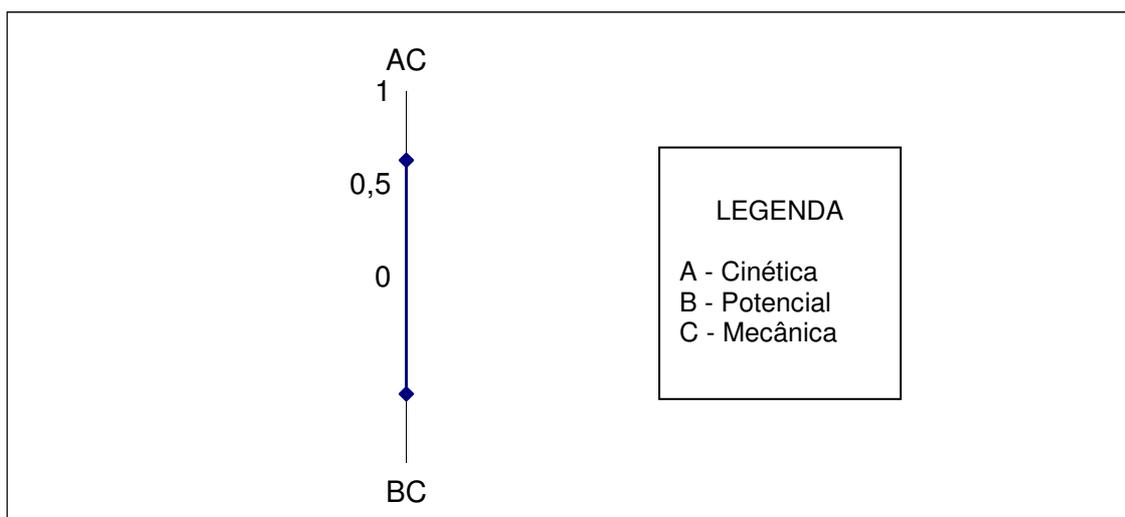


Figura 11 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 1 do aluno A2

Observando o gráfico, verificou-se a pouca articulação entre os diferentes tipos de energia abordados pelo aluno. As díades cinética e mecânica, potencial e mecânica foram as únicas que obtiveram um fator de correlação significativo (0,63). Observou-se, assim, apenas a relação existente entre os tipos de energia mecânica e a própria energia mecânica.

Verificou-se que tanto o mapa conceitual quanto a matriz de repertório construída pelo aluno foram bastante limitados, estando mais focados nos conceitos trabalhados em mecânica. Os aspectos da transformação, conservação, transferência e degradação da energia não foram abordados e, também, não foram estabelecidos conceitos, construtos e articulações entre os diferentes tipos de energia que revelassem uma compreensão do conceito de energia, de suas características e formas.

➤ Aluno 3 (A3)

A figura 12 corresponde ao primeiro mapa conceitual construído pelo aluno A3.

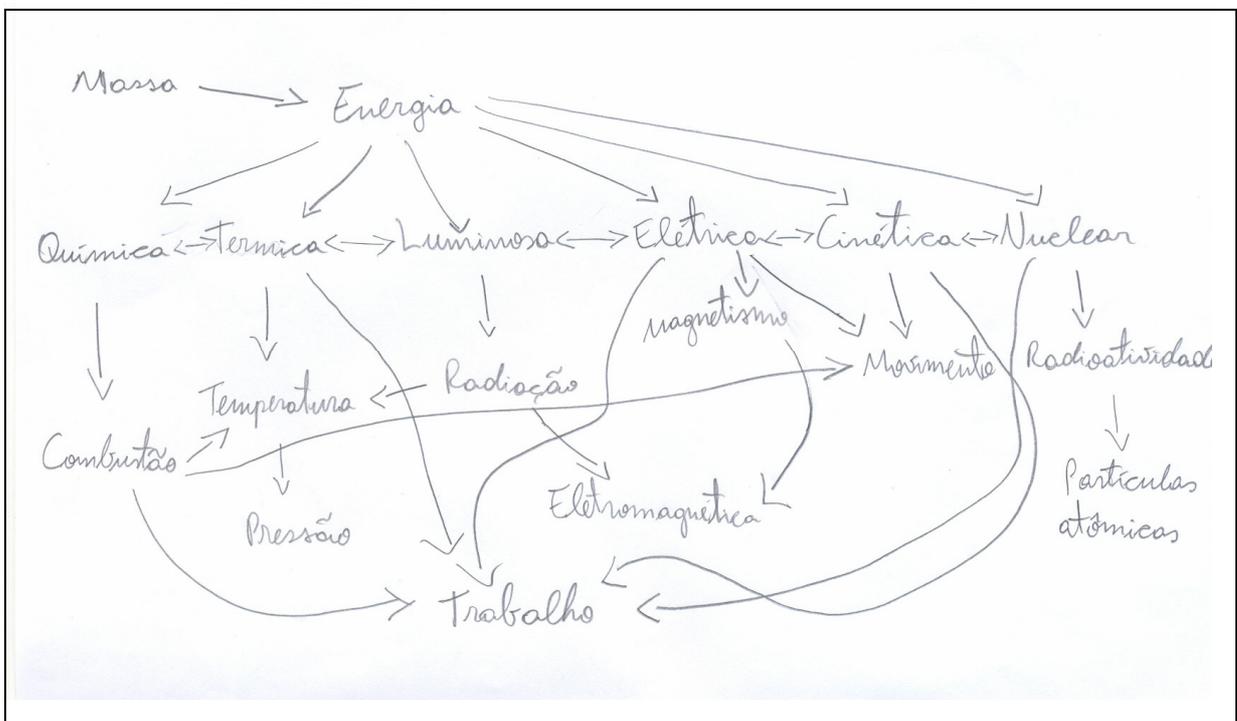


Figura 12 – Mapa conceitual 1 do aluno A3

Em relação à análise realizada através do mapa conceitual construído pelo aluno observou-se que:

- o aluno estabeleceu diversas relações entre os conceitos, através de setas. Não utilizou palavras de ligação, mas ficaram claras as relações efetuadas;
- há quatro níveis hierárquicos, revelando que o aluno compreendia as relações ordinais entre os conceitos. Dessa forma, os conceitos mais gerais estão dispostos de forma a incluir os conceitos mais específicos;
- o aluno buscou estabelecer relações horizontais e cruzadas entre os conceitos presentes nas diversas áreas abordadas. As ligações horizontais foram feitas através de setas biunívocas e estavam presentes entre os diversos tipos de energia listados pelo aluno. Essas ligações podem ter ocorrido em virtude do aluno perceber o aspecto da transformação da energia, visto haver a possibilidade de ocorrer transformações de um tipo de energia para outro. Verificou-se a presença de dez ligações cruzadas, sendo todas válidas. Essas ligações possibilitaram o estabelecimento de articulações entre os diversos ramos da física, mostrando um maior grau de complexidade em relação à compreensão dos conceitos abordados;
- não houve a presença de exemplos, não sendo possível analisar, portanto, relações entre os conceitos abordados e situações reais;
- o aluno não utilizou fórmulas. Esse foi um fator positivo, uma vez que ele não precisou recorrer às expressões matemáticas para tentar revelar o significado dos conceitos listados;
- os diversos ramos da física foram abordados pelo aluno. Embora o aluno tenha incluído a física moderna, ao relacionar a massa à energia, verificou-se que esse conceito ficou desarticulado dos outros presentes no mapa. Portanto, o aluno não conseguiu estabelecer relações entre esse ramo da física e os demais;
- vários tipos de energia foram relacionados pelo aluno, observando uma articulação entre eles. Observou-se que a energia potencial gravitacional e a energia

potencial elástica não estavam presentes no mapa. Esse fato revelou que o aluno, contrário a tendência apresentada pelos demais, não priorizou os conceitos trabalhados em mecânica e, assim, possuía uma visão mais ampla do conceito de energia.

Verificou-se que vários conceitos foram ligados ao conceito trabalho, evidenciando a relação existente entre trabalho e energia. Embora o aluno não tenha relacionado nenhum exemplo nem as energias alternativas, observou-se, de uma maneira geral, um grande número de relações significativas entre os conceitos, refletindo, assim, uma compreensão mais complexa do conceito de partida trabalhado.

A matriz de repertório construída pelo aluno A3 encontra-se no Apêndice D. Nesta, o aluno listou dez elementos e estabeleceu nove construtos.

Em relação aos elementos listados foi possível perceber uma coerência entre os mesmos, embora somente as energias gravitacional e elástica foram denominadas de potencial e a presença de algumas energias alternativas. Quanto aos construtos, verificou-se uma certa sofisticação, tendo eles uma ampla faixa de conveniência, já que somente o construto gera luminescência/não produz efeito luminoso deixou de ser aplicado a um dos elementos, no caso a energia nuclear.

Pôde-se perceber uma referência a degradação da energia, característica essa essencial para a compreensão do conceito de energia, segundo Solbes e Tarín (1998), no momento em que o aluno utilizou o construto possuiu energia dissipada pelo atrito/não há dissipação pelo atrito.

As articulações mais significativas estabelecidas entre os elementos listados pelo aluno, encontram-se na figura 13.

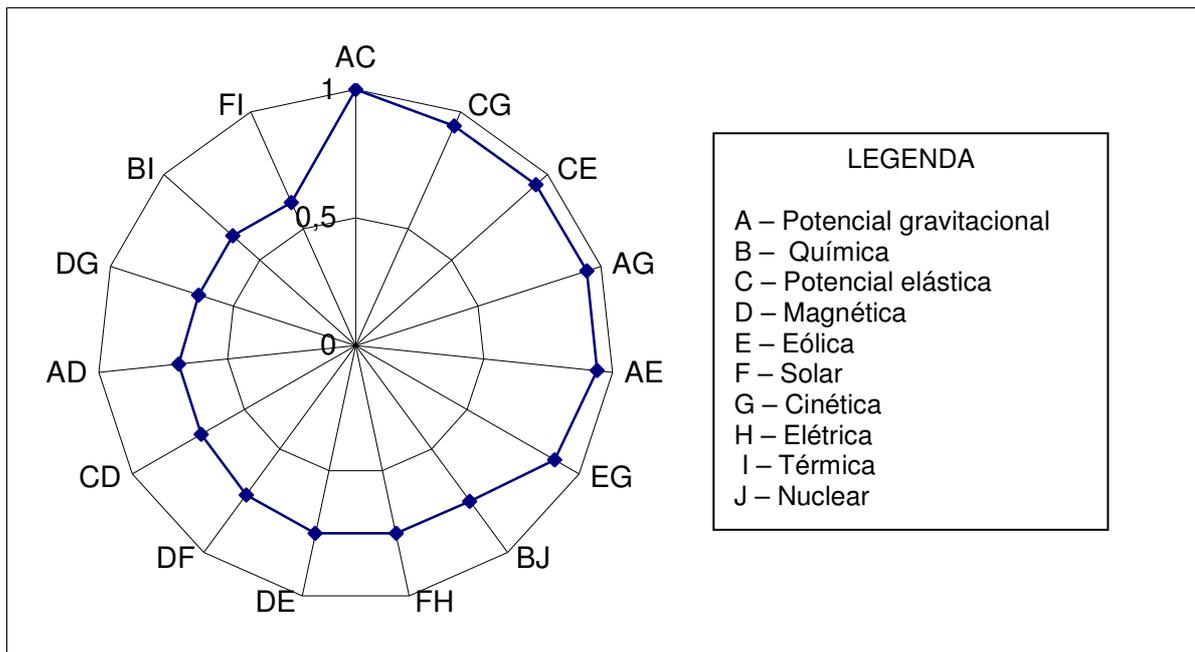


Figura 13 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 1 do aluno A3

Verificou-se que o aluno estabeleceu uma grande quantidade de articulações entre os elementos utilizados na matriz de repertório.

- A díade potencial gravitacional/potencial elástica obteve 100% de correlação. Isso significa que o aluno compreende esses dois tipos de energia de forma bastante semelhante.
- Houve, também, um alto grau de correlação entre as díades: potencial elástica/cinética, potencial elástica/eólica, potencial gravitacional/cinética, potencial gravitacional/eólica (todas essas como um fator de correlação 0,94) e a eólica/cinética (fator de correlação 0,89).
- Em seguida, houve inter-relações entre as díades química/nuclear e solar/elétrica, ambas com fator de correlação 0,75. A relação efetuada entre as energias química e nuclear justificou-se pelo fato de ambas resultarem de reações químicas, havendo liberação de calor e por estarem no campo microscópico e

ocorrerem em etapas. As energias solar e elétrica também tiveram esse fator de correlação significativo em virtude dos construtos utilizados.

➤ Observou-se, também, que o aluno conseguiu estabelecer relações significativas entre a energia magnética e as energias eólica (0,75), solar (0,72), potencial elástica (0,69), potencial gravitacional (0,69) e cinética (0,64). Esse é um grupo de articulações bastante interessante, uma vez que a energia magnética não é abordada, normalmente, no ensino médio.

➤ Após, verificou-se as díades: química/térmica (0,64) e eólica/térmica (0,61).

De uma maneira geral, com relação ainda à análise da matriz de repertório, verificou-se a presença de duas classes de elementos, em virtude de não ser observado nas outras relações existentes uma interconexão entre alguns tipos de energia.

A primeira classe, constituída pelas energias potencial gravitacional, potencial elástica, cinética e eólica, apresentou todas as combinações possíveis, dois a dois, entre esses elementos com um fator de correlação superior a 0,8. Nessa, verificou-se uma articulação entre as energias estudadas em mecânica e a energia eólica, considerada um tipo de energia alternativa, estando relacionada ao movimento dos ventos e, portanto, a energia cinética.

Considerou-se na segunda classe a inclusão da energia magnética ao grupo descrito acima.

O mapa conceitual e a matriz de repertório construída pelo aluno A3 foram bem complementares, uma vez que na matriz foram verificados aspectos não encontrados no mapa, como a relação entre as energias mecânicas. A organização hierárquica apresentada pelo aluno, o grande número de ligações cruzadas presentes no mapa conceitual e de relações presentes no gráfico extraído da matriz de repertório revelaram um maior grau de articulação entre os diferentes tipos de energia, sugerindo uma aprendizagem menos fragmentada desse conceito e, conseqüentemente, uma compreensão mais ampla e significativa do mesmo.

➤ Aluno 4 (A4)

A figura 14 corresponde ao primeiro mapa conceitual construído pelo aluno 4.

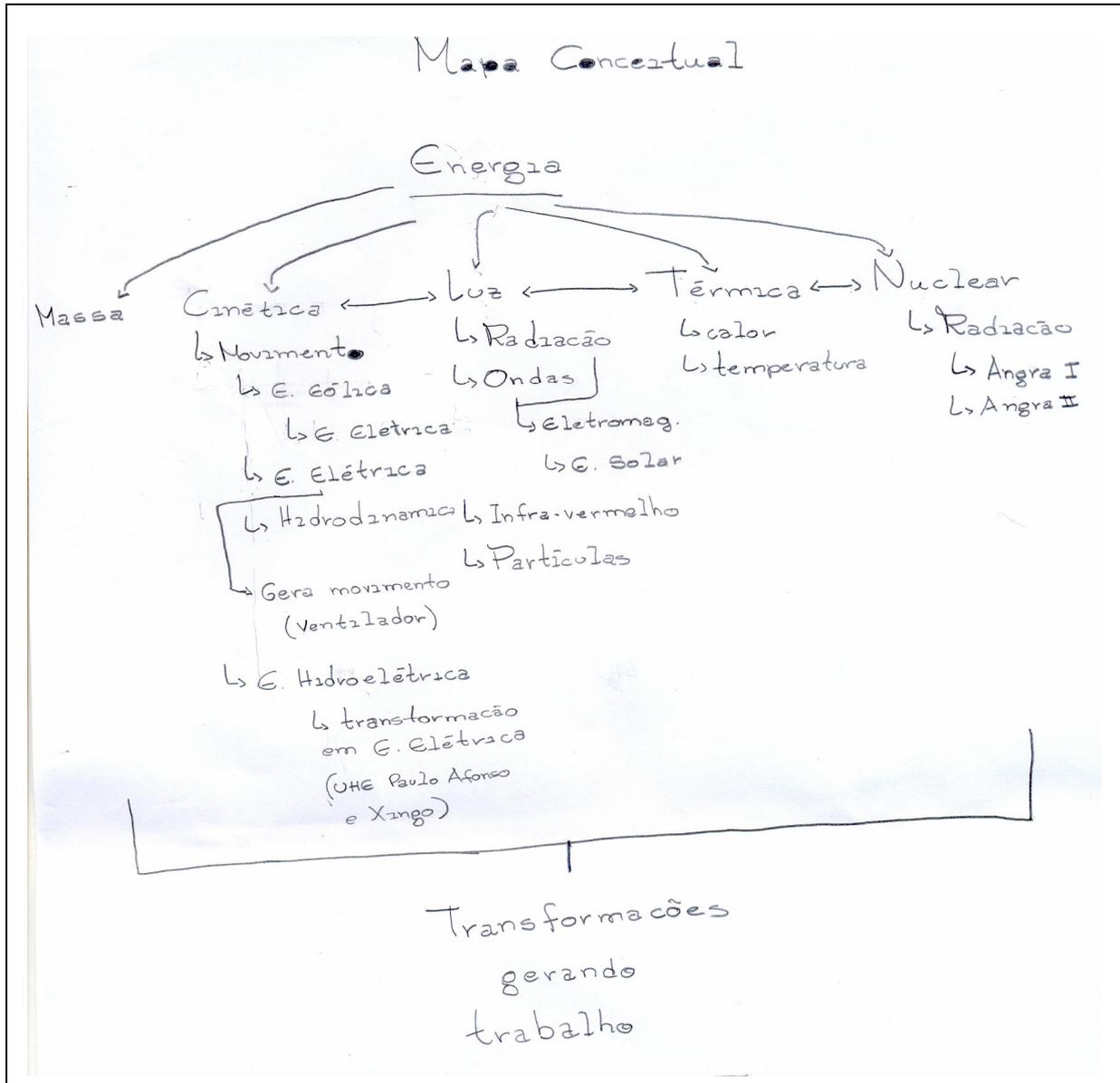


Figura 14 – Mapa conceitual 1 do aluno A4

Analisando o mapa conceitual construído pelo aluno verificou-se que:

- vários conceitos foram introduzidos, estando alguns relacionados através de setas. Apesar do aluno não utilizar palavras de ligação, foi possível compreender as relações efetuadas entre os conceitos;
- o aluno construiu o mapa em quatro blocos, em uma estrutura bem vertical. Pôde-se observar cinco níveis hierárquicos, verificando-se, assim, a presença de conceitos mais gerais e outros mais específicos, embora alguns conceitos mais específicos pudessem estar inclusos em outros abordados, como o conceito infravermelho incluso em radiação eletromagnética;
- apesar do aluno não ter estabelecido, diretamente, relações entre um bloco de conceitos e outro, ou seja, relações cruzadas, ele procurou relacionar, através de uma grande linha, os diversos conceitos abordados à transformação de energia, estando essa relacionada à geração de trabalho. Em relação a esse aspecto da transformação, observaram-se, também, ligações horizontais entre os tipos de energia, através de setas biunívocas, de maneira análoga ao aluno A3, demonstrando, possivelmente, a compreensão da possibilidade de transformações de um tipo de energia para outro;
- os exemplos citados foram algumas usinas nucleares e hidroelétricas, mostrando a relação efetuada entre essas e o tipo de energia proveniente, além de um exemplo que retrata a transformação da energia elétrica em cinética (o ventilador);
- o aluno não utilizou fórmulas ou símbolos. Ele utilizou um grande número de conceitos, sendo esses bastante coerentes;
- os diversos ramos da física foram abordados. Assim como o aluno A3, o aluno A4 incluiu a física moderna, relacionando a massa à energia. Essa forma de energia ficou desarticulada das outras presentes no mapa. Portanto, o aluno também não conseguiu estabelecer relações entre esse ramo da física e os demais;
- o aluno relacionou vários tipos de energia. Observou-se que no bloco referente à energia cinética foi abordada a energia eólica, a energia elétrica, a hidrodinâmica e a energia hidroelétrica. Possivelmente, o aluno ao citar a energia hidroelétrica estava

referindo-se a energia potencial gravitacional, uma vez que a associou à transformação em energia elétrica.

Embora a forma com que o mapa foi construído pelo aluno seja mais difícil de se interpretar, uma vez que ele, em diversos momentos, não utilizou setas ligando diretamente um conceito ao outro e não utilizou bifurcações do tipo “ Λ ”, observou-se uma organização hierárquica entre determinados conceitos, não estando alguns outros conceitos dispostos em uma relação ordinal. O aluno utilizou vários conceitos, sendo possível delinear o significado dos mesmos, mas não houve relações cruzadas entre eles.

Com relação à matriz de repertório, o aluno estabeleceu nove elementos e utilizou nove construtos. Essa matriz encontra-se no Apêndice E.

Observou-se uma certa coerência nos elementos citados e, também, a presença de algumas energias alternativas, embora, assim como os demais alunos, o aluno tenha revelado uma compreensão limitada da energia potencial, uma vez que só denominou de tal forma as energias gravitacional e elástica.

A maioria dos construtos possuiu uma faixa de conveniência restrita, ou seja, o aluno não conseguiu aplicar esses construtos a todos os elementos, revelando, assim, algumas lacunas em relação à compreensão dos conceitos trabalhados. As dicotomias estabelecidas para os dois pólos dos construtos não seguiram a uma “lógica padrão”, exceto para o construto escala macroscópica/ escala micro. Mas, como já discutido esse fato em relação ao aluno A1, isso é bastante compreensível, uma vez que Kelly (1963) afirma que as dicotomias seguem a uma lógica pessoal. Como exemplo, tem-se o construto trabalho/pólos, para o qual o aluno considerou os tipos de energias mecânicas relacionados ao pólo trabalho e a energia elétrica relacionada ao pólo pólos e o construto temperatura/atração. Esse último só foi aplicado a cinco elementos, deixando de ser aplicado, por exemplo, à energia cinética, fato esse de ter ocorrido, possivelmente, pelo fato do aluno não pensar no aspecto microscópico da energia cinética ao tentar aplicar esse construto, uma vez que a velocidade das partículas varia de acordo com a temperatura.

Verificou-se, ainda, a repetição de alguns pólos dos construtos, como o de movimento, que estava presente em três construtos: transformações/movimento, movimento/transformações químicas e movimento/energia química. Esses construtos são bastante semelhantes, revelando, assim, que a idéia de movimento se opõe a várias outras que estão inter-relacionadas. Um outro exemplo consiste no pólo atração que foi utilizado em dois construtos: transformações químicas/atração e temperatura/atração. Esse fato pode ser devido à falta de uma estrutura cognitiva, em relação ao conceito abordado, mais sofisticada.

O aluno também se mostrou confuso em relação às formas e fontes de energia, uma vez que considerou as energias eólica, solar, química e elétrica como fontes alternativas de energia.

Na figura 15 é possível observar as articulações mais significativas estabelecidas pelo aluno em relação aos elementos presentes na matriz de repertório.

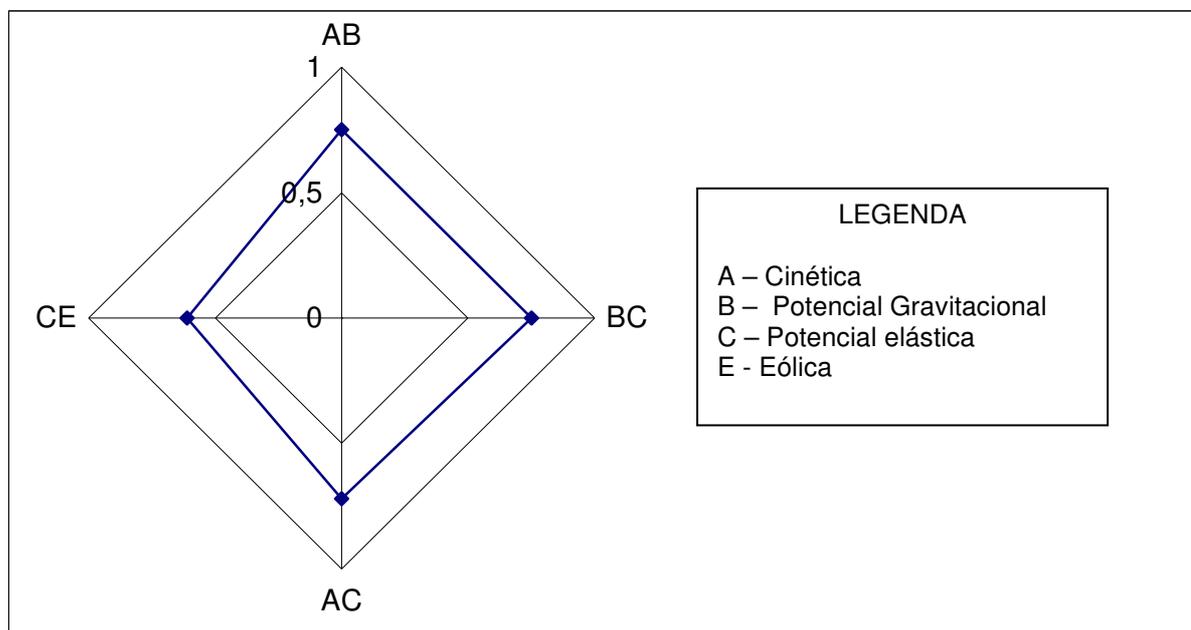


Figura 15 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 1 do aluno A4

Através da análise do gráfico representado na figura 15, observou-se que o aluno conseguiu estabelecer relações mais significativas entre os tipos de energia

abordados na mecânica. A díade cinética/potencial gravitacional e potencial gravitacional/potencial elástica obtiveram um fator de correlação igual a 0,75. Logo em seguida, tem-se a díade cinética/potencial elástica com 0,72 de correlação. A diferença verificada nos fatores de correlação obtidos para as articulações entre a energia cinética e as energias potencial gravitacional e elástica ocorreu pelo fato do aluno atribuir valores diferentes para esses tipos de energia para o construto escala macroscópica/escala micro.

Em seguida, verificou-se uma articulação, um pouco menos significativa, entre a energia potencial elástica e a energia eólica (0,61), essa última também considerada como um tipo de energia mecânica.

De uma maneira geral, observou-se que o aluno, embora tenha listado um bom número de conceitos pertinentes no mapa conceitual, não apresentou um nível de articulações sofisticado entre os diferentes tipos de energia. Esse fato retrata uma aprendizagem fragmentada em relação a esses conceitos. O aspecto da transformação parece estar claro para o aluno, no momento em que faz relações entre os diversos tipos de energia listados e em que relaciona os diversos conceitos abordados a esse aspecto. Os processos de transferência, conservação e degradação da energia não foram evidenciados.

4.2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

As atividades experimentais foram realizadas em dois momentos, conforme já descritos no capítulo 3. Além do planejamento feito anteriormente, procurou-se discutir alguns aspectos conceituais, detectados através da análise dos mapas conceituais e das matrizes de repertório construídos nos primeiros encontros, que foram considerados inadequados. Esse procedimento visou minimizar as dificuldades apresentadas pelos alunos em relação à compreensão do conceito de energia. Os alunos mostraram-se bem receptivos à proposta do trabalho e empolgados para a realização do mesmo. Participaram de forma ativa, sendo os responsáveis pela produção do conhecimento.

Para a realização da primeira atividade, o looping, utilizou-se um experimento menor, o qual foi entregue a cada um dos quatro grupos, e um maior, sendo localizado no centro do laboratório.

Inicialmente, os alunos investigaram o experimento, observando o que ocorria com o movimento da bolinha ao soltá-la de diversas alturas do trilho. Os alunos discutiram, nos seus grupos, o motivo pelo qual a bolinha só conseguia realizar o looping quando abandonada a partir de uma determinada altura. O trabalho foi conduzido a fim de que os alunos compreendessem os diferentes tipos de energia envolvidos no experimento e investigassem a ocorrência ou não dos processos de transformação, transferência, conservação e degradação da energia.

A priori, todos os alunos relacionaram ao experimento a energia potencial gravitacional e a energia cinética, havendo o processo de transformação de energia (de um tipo para o outro) e da conservação da energia mecânica. A partir de então, os alunos foram questionados a respeito de alguns aspectos importantes, como a origem do som que era produzido enquanto a bolinha se movimentava através do trilho. Assim, foi incentivada uma discussão a fim de que os alunos verificassem outros tipos de energia presentes no experimento, bem como os aspectos da transferência e degradação da energia.

Após um momento de discussões e reflexões, os alunos concluíram que no experimento não se verificava a conservação da energia mecânica, pois parte da energia inicial do sistema, a potencial gravitacional, havia sido transformada em outros tipos de energia, além da energia cinética, havendo, portanto dissipação de energia.

Os alunos concluíram que podiam relacionar ao experimento outras formas de energia que não haviam estudado em mecânica e que, apesar da energia mecânica inicial ser diferente da energia mecânica final, o princípio da conservação da energia não era violado. Eles conseguiram relacionar a atividade realizada, com algumas situações reais, como a montanha-russa e a queda-d'água produzida em uma usina hidrelétrica.

Com o experimento em tamanho maior os alunos puderam perceber melhor a dissipação da energia e realizar uma análise mais quantitativa, determinando o valor aproximado da energia dissipada.

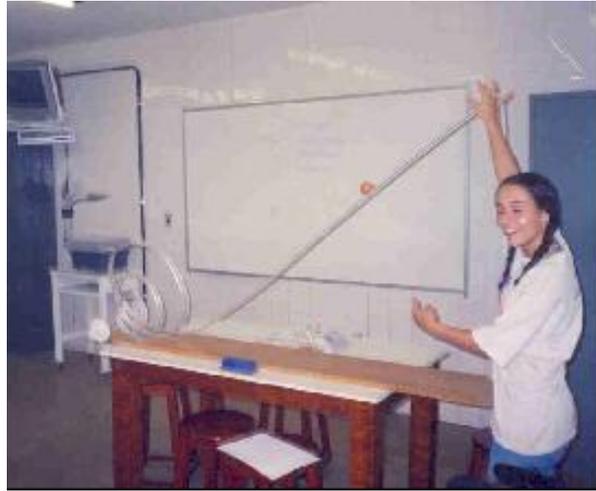


Figura 16 – Realização da atividade usando o looping em tamanho maior

Além das atividades propostas, os alunos desenvolveram algumas outras, como o acoplamento dos trilhos de formas diferentes, procurando compreender o que ocorria durante esses processos.



Figura 17 – Alunos realizando o acoplamento do looping

Para a realização do segundo experimento, a usina térmica, utilizou-se materiais alternativos. Inicialmente, os alunos montaram o experimento tendo como objetivo fazer a ventoinha se movimentar. Enquanto aguardavam que isso ocorresse, discutiam o fenômeno analisado, sendo incentivados, também, a compreender os tipos de energia presentes no experimento, estabelecer relações entre eles e estudar os processos de transformação, conservação, transferência e degradação da energia.

Os alunos conseguiram perceber os diversos tipos de energia presentes no experimento, compreendendo-as, bem como os processos de transformação, conservação, transferência e degradação da energia. Associaram o experimento a uma usina termoelétrica, imaginando o que ocorreria após as pás de uma turbina entrar em movimento, relacionaram ao experimento a Segunda Lei da Termodinâmica e alguns conceitos estudados em física.

No segundo experimento os alunos apresentaram uma maior facilidade em articular os diversos tipos de energia presentes e em perceber os processos de conservação, transformação, transferência e degradação da energia. Esse fator pode ser devido ao fato de o primeiro experimento ser apresentado, normalmente, nos exercícios propostos dos livros textos ao se estudar a conservação da energia mecânica, desprezando o atrito existente e, conseqüentemente, a dissipação da energia, enquanto que o segundo experimento tem uma relação mais evidente com os demais ramos da física.

Observou-se, assim, a tendência dos alunos a seguirem os modelos expostos nos livros textos, nos quais são apresentadas situações ideais. No momento em que os alunos se depararam com situações reais apresentaram dificuldades em analisá-las e compreendê-las, com as diversas variáveis presentes. Esse fato pode ser fruto da falta de contextualização dos conteúdos apresentados nos livros textos e da grande ênfase na resolução de exercícios nos quais prioriza o aspecto matemático.

Foi possível verificar, também, o quanto os alunos se envolveram a partir do momento em que foram os responsáveis pelos procedimentos a serem realizados e

pelo conhecimento a ser produzido e que quando são incentivados a buscar, refletir e analisar, o conhecimento é construído de uma forma mais consistente e prazerosa.

4.3 ANÁLISE DO RESULTADO DOS PÓS-TESTES

Procurar-se-á analisar, nessa seção, os mapas conceituais e as matrizes de repertório construídos pelos alunos após a realização das atividades experimentais, procurando discutir as possíveis alterações ocorridas no sistema de construção dos alunos em relação ao conceito de energia.

Vale salientar que a quantidade de atividades desenvolvidas foi bastante pequena, mas já foi possível, nesse breve intervalo, observar algumas mudanças significativas.

➤ Aluno 1 (A1)

O segundo mapa conceitual construído pelo aluno A1 encontra-se na figura 18.

Verificou-se uma diferença bastante significativa entre os mapas conceituais construídos antes e depois da realização das atividades experimentais. O aluno utilizou um maior número de conceitos, estabelecendo algumas relações entre eles, não priorizando a utilização das expressões matemáticas, embora ainda as tenham utilizado bastante.

Observou-se a presença de quatro níveis hierárquicos, revelando a idéia de inclusividade, característica essa não apresentada anteriormente. O aluno estabeleceu relações horizontais entre os tipos de energia abordados, ilustrando a possibilidade de transformações de um tipo de energia para outro, embora não tenha se preocupado em apresentar nenhuma seqüência lógica entre essas relações. Não foram estabelecidas relações cruzadas.

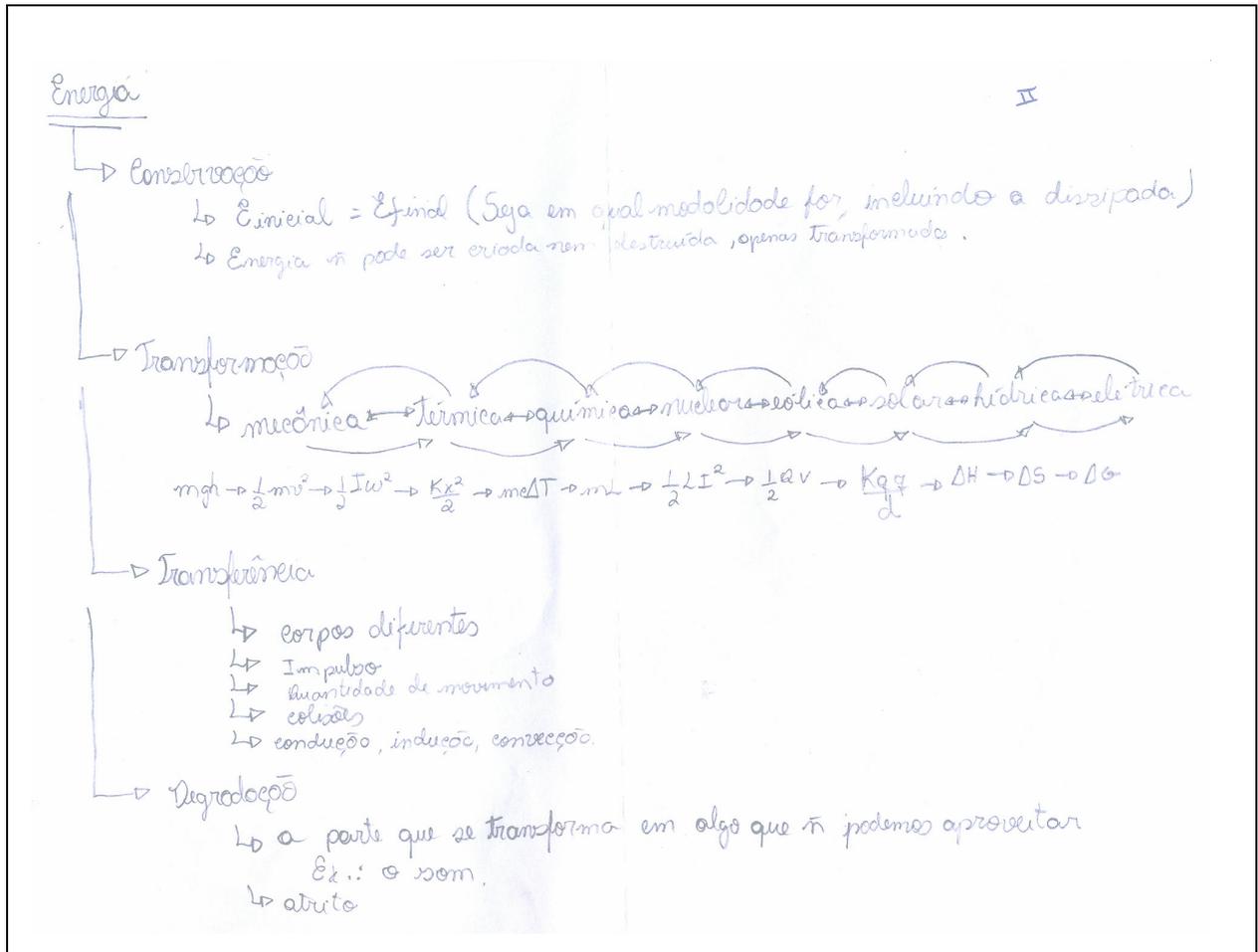


Figura 18 – Mapa conceitual 2 do aluno A1

Foram priorizados no mapa os aspectos da conservação, transformação, transferência e degradação da energia. Esses aspectos estavam relacionados a outros conceitos ou exemplos que procuraram revelar o significado dos mesmos. Em relação à conservação da energia, observou-se que o aluno não se restringiu a conservação da energia mecânica, mostrando, assim, uma compreensão mais ampla desse conceito. Quanto à transformação da energia, o aluno mostrou algumas possibilidades, como já mencionado anteriormente. Para dar significado à transferência da energia, o aluno relacionou alguns conceitos, como o de quantidade de movimento e de colisões e relacionou os processos pelos quais a energia se propaga, havendo um equívoco em um deles (o aluno confundiu irradiação por indução). O aluno tentou definir a degradação da energia e relacionou dois exemplos, o atrito e a dissipação através da energia sonora.

Com relação aos elementos listados na segunda matriz de repertório construída pelo aluno, verificou-se que esses foram mais coerentes, uma vez que ele não relacionou a grandeza trabalho e incluiu outras energias alternativas, como a energia nuclear e solar, ambas abordadas durante a realização das atividades experimentais. Essa matriz de repertório encontra-se no Apêndice F.

A maioria dos construtos utilizados foi modificada, fato esse já esperado em virtude de Kelly enfatizar que o nosso sistema de construção está sempre sujeito a revisões e alterações, o que ele denominou de alternativismo construtivo (1963). E, segundo esse teórico, a aprendizagem está relacionada a essas possíveis alterações no nosso sistema de construção.

Ainda em relação aos construtos utilizados, observou-se, assim como no mapa conceitual, a nítida presença dos aspectos da conservação, transformação, transferência e degradação da energia, constatando uma compreensão desses aspectos.

As articulações significativas entre os tipos de energia presentes na matriz de repertório são apresentadas no gráfico da figura abaixo.

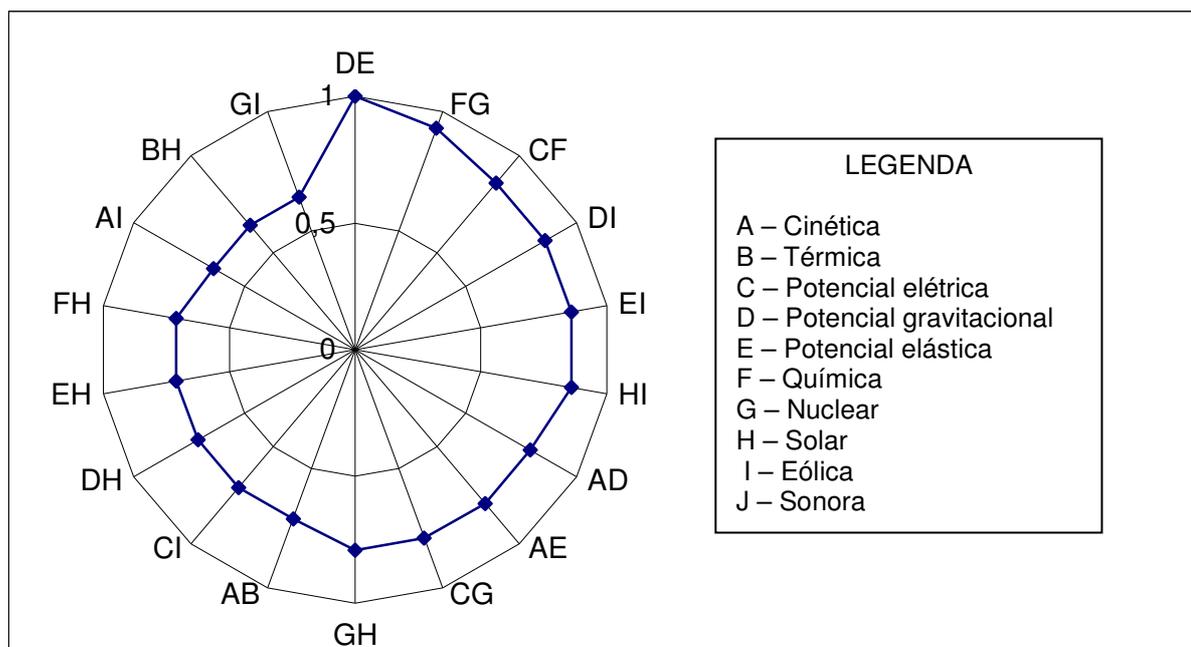


Figura 19 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 2 do aluno A1

A quantidade de articulações significativas estabelecidas nessa matriz de repertório foi igual a da matriz construída anteriormente, sendo diferente a natureza das relações estabelecidas e o fator de correlação das mesmas.

A díade que possuiu um maior fator de correlação foi a potencial gravitacional/potencial elástica, com 100% de articulação. Então, de acordo com os construtos utilizados, esses dois tipos de energia possuem características bem semelhantes.

As energias abordadas no ramo da mecânica, continuaram obtendo um alto fator de correlação. A diferença é que foi verificada, também, uma variedade de articulações significativas entre os diversos ramos da física e entre as energias alternativas.

Constatou-se, assim, que, após a realização das atividades experimentais, houve uma aprendizagem satisfatória, pois o aluno conseguiu compreender alguns conceitos importantes para a compreensão do conceito de energia, utilizou novos construtos na construção da matriz de repertório e estabeleceu relações significativas entre os tipos de energia que estão presentes nos diversos ramos da física. Segundo depoimento do aluno, as atividades experimentais ajudaram na compreensão de alguns conceitos já estudados, uma vez que possibilitaram a reflexão e discussão à cerca desses conceitos, estabelecendo relações entre eles.

➤ Aluno A2

Diferentemente dos resultados apresentados nos pré-testes, observou-se que o aluno abordou tipos de energia presentes nos diversos ramos da física. Houve uma significativa ampliação do sistema de construção do aluno, em relação ao conceito de energia, fato esse observado tanto no mapa conceitual quanto na matriz de repertório.

O segundo mapa conceitual construído pelo aluno é apresentado na figura 20. Através da análise desse mapa, observou-se que o aluno utilizou uma quantidade bem maior de conceitos, utilizando novamente palavras de ligação, estabelecendo, assim, um maior número de proposições. A proposição estabelecida: energia →

didaticamente: potencial gravitacional, potencial elástica e cinética aponta no sentido da grande ênfase dada a esses tipos de energia no ensino de física, deixando em segundo plano os demais.

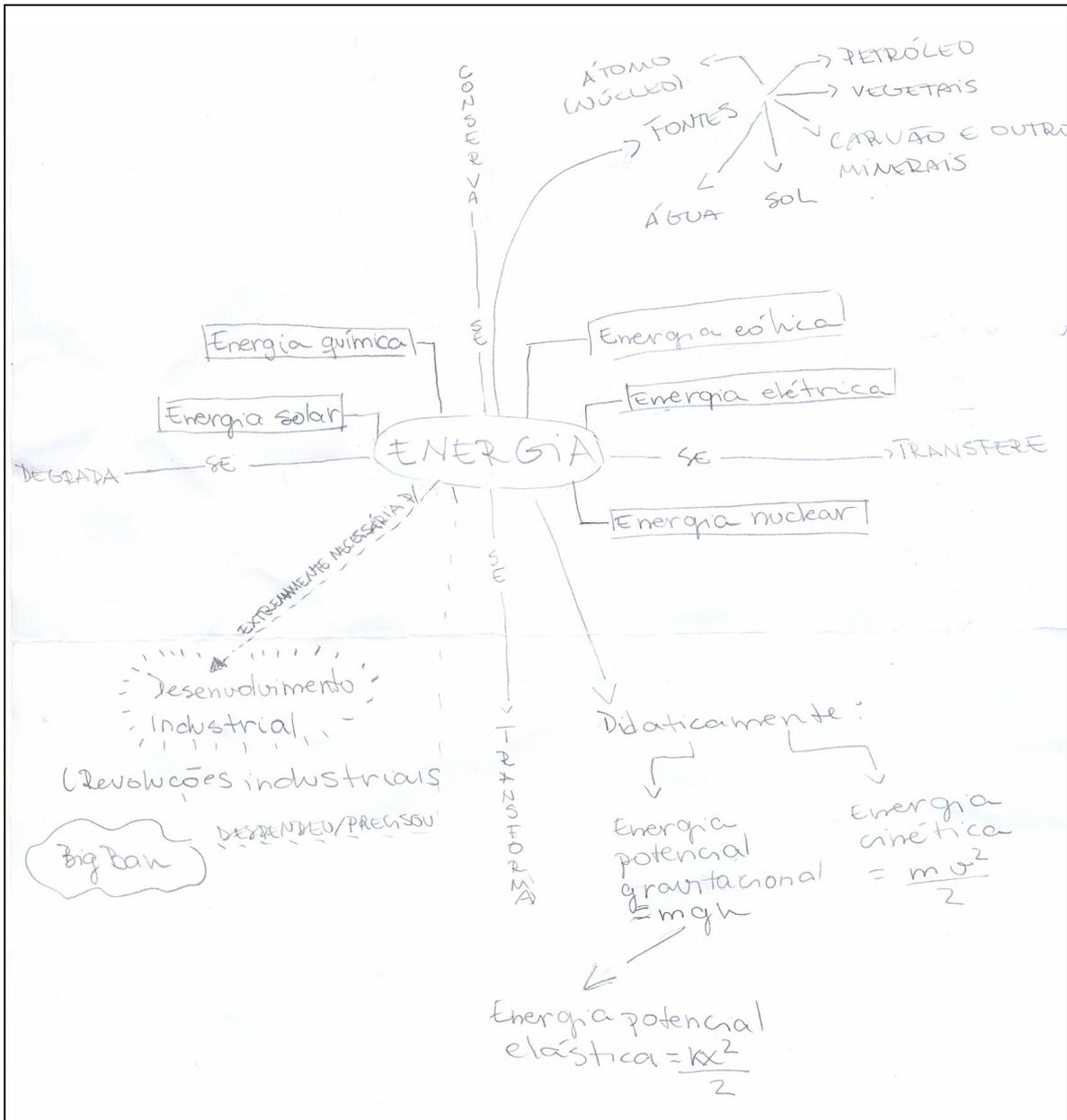


Figura 20 – Mapa conceitual 2 do aluno A2

Ainda observou-se uma estrutura hierárquica pouco sofisticada. O aluno continuou estabelecendo relações inválidas entre as energias potenciais gravitacional e elástica.

Um outro fator evidenciado no mapa foi a distinção entre tipos e fontes de energia. Como exemplo, tem-se que o aluno considerou a energia solar como um tipo de energia e o sol como uma fonte de energia. Embora o aluno tenha realizado essa abordagem, ele não estabeleceu ligações entre esses conceitos. Verificou-se que o aluno não estabeleceu ligações cruzadas, o que pode ser devido à falta de experiência em trabalhar com mapas conceituais, uma vez que, através da análise da matriz de repertório, verificou-se um grande número de articulações entre os diferentes tipos de energia, conforme será apresentado adiante.

Assim como no aluno A1, observou-se a presença dos aspectos da transformação, conservação, transferência e degradação da energia, embora o aluno não tenha relacionado outros conceitos que revelassem o significado desses aspectos. Alguns exemplos foram listados, diversas fontes de energia (petróleo, vegetais, sol, etc.), e foi estabelecida, também, uma proposição entre a energia e o desenvolvimento industrial, revelando a capacidade do aluno de estabelecer relações entre o conceito de energia e aspectos sociais e econômicos.

Para a construção da segunda matriz de repertório o aluno mostrou-se bem mais tranqüilo e seguro, estabelecendo, assim, um maior número de elementos (dez) e de construtos (sete). Em relação aos elementos listados, verificou-se a presença da energia térmica, abordada nos experimentos e ainda as energias magnética e vital. Essa matriz encontra-se no Apêndice G.

Apesar do aluno listar um maior número de elementos, ele ainda continuou denominando de energia potencial apenas as energias potencial gravitacional e potencial elástica. Observou-se a presença da energia vital, que, segundo o aluno, é a energia necessária para qualquer ser viver.

Os construtos utilizados foram bem mais sofisticados, como o construto “relação com a idéia de campo/não tem relação com a idéia de campo”, e tiveram uma ampla faixa de conveniência, pois apenas dois deles deixaram de ser aplicados a um dos elementos. O construto “relação com energia cinética/relação com posição” foi aplicado tanto nessa matriz quanto na primeira, sendo na primeira denominado de

movimento das partículas/posição. Observou-se a ampliação da faixa de conveniência desse construto, pois na primeira matriz ele só foi aplicado às energias abordadas em mecânica, enquanto que nessa segunda foi aplicado aos dez elementos listados. Portanto, segundo Kelly (1963), de acordo como o corolário da modulação, esse construto é caracterizado como permeável, uma vez que pôde ser aplicado a novos elementos, sendo, portanto, revisto e ampliado.

As relações significativas entre os elementos estabelecidas pelo aluno podem ser observadas através do gráfico da figura 21.

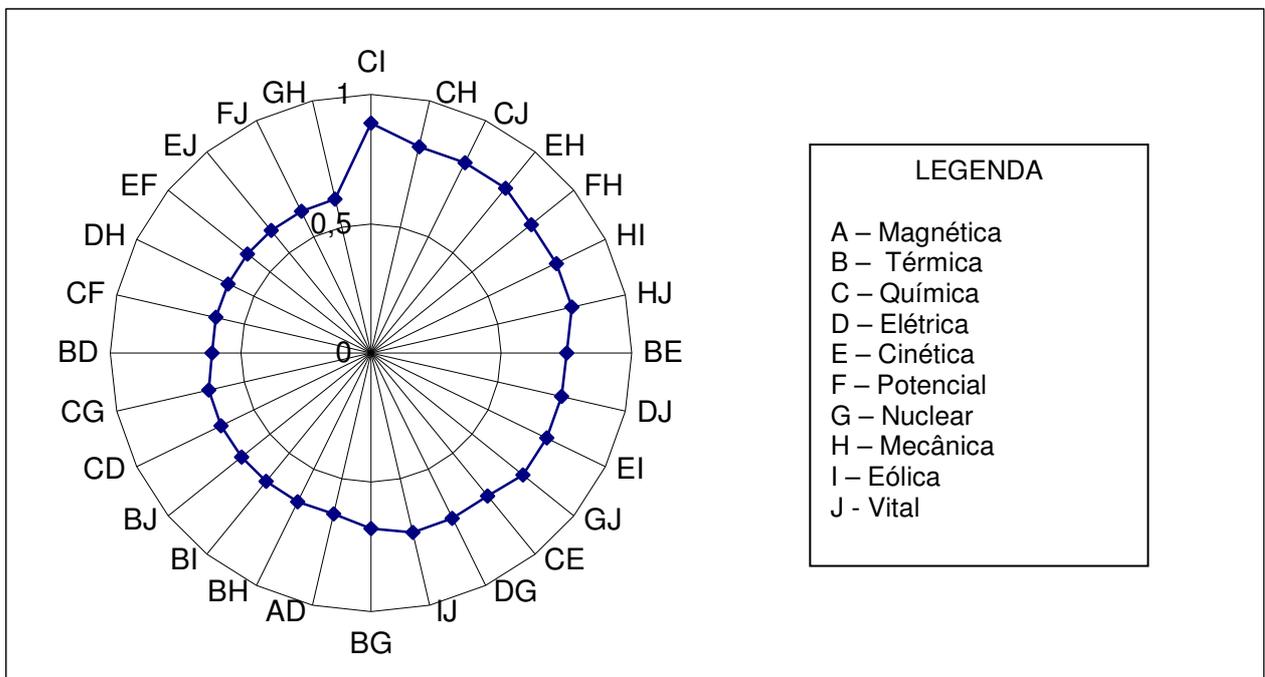


Figura 21 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 2 do aluno A2

As relações estabelecidas abrangeram tipos de energias abordados nos diversos ramos da física e em outras áreas do conhecimento, observando um grande avanço em relação ao gráfico da figura 11, obtido através da construção da primeira matriz de repertório.

Analisando o gráfico da figura 21, observou-se, inicialmente, relações entre a energia química e as energias: eólica (0,89), mecânica (0,82) e vital (0,82). Assim, de acordo com o sistema de construção do aluno, esses tipos de energia estão bem

interligados. Em seguida, verificaram-se articulações entre a energia mecânica e as energias: cinética, potencial, eólica e vital. Observaram-se, assim, relações entre um conceito mais inclusivo (energia mecânica) e outros subordinados a esse (energias: cinética, potencial e eólica). Portanto, as relações estabelecidas entre as energias abordadas na mecânica ainda continuaram presentes, como é de se esperar, tanto pelas características semelhantes entre esses tipos de energia quanto pela grande ênfase no ensino dessas. Mas, como pôde ser observado no gráfico, a energia mecânica foi relacionada a outros tipos de energias não articuladas a ela, normalmente, nos livros texto, como a energia vital, eólica, química, nuclear, elétrica e térmica, várias dessas abordadas nos experimentos. Embora o aluno tenha relacionado vários desses elementos ao pólo “não são trabalhadas na mecânica” do construto “relação através da expressão matemática/ não são trabalhadas na mecânica”, os resultados levam a crer que o aluno compreendia que todos os elementos listados são, afinal, tipos de energia, e, portanto, mesmo sendo abordados em áreas diferentes, possuem algumas características semelhantes, podendo estar, então, inter-relacionados.

A energia vital, elemento esse bastante interessante, uma vez que não é abordado nos livros texto, foi relacionada a grande maioria dos demais elementos, levando a idéia de um alto grau de articulações entre o ser humano e as diversas formas em que a energia pode se apresentar.

Através da comparação efetuada entre os pré-testes e os pós-testes construídos por esse aluno, ficou evidente o quanto, para ele, as atividades experimentais desenvolvidas a partir de objetivos claros, incentivando a busca, a reflexão e a construção do conhecimento ajudaram na compreensão do conceito abordado, uma vez que o aluno abordou os diversos tipos de energia abordados nos experimentos e relacionou, de forma mais intensa, esses tipos de energia.

➤ Aluno A3

Poucas alterações foram observadas em relação aos resultados dos pré-testes e pós-testes construídos pelo aluno. O segundo mapa conceitual construído por esse aluno encontra-se na figura 22.

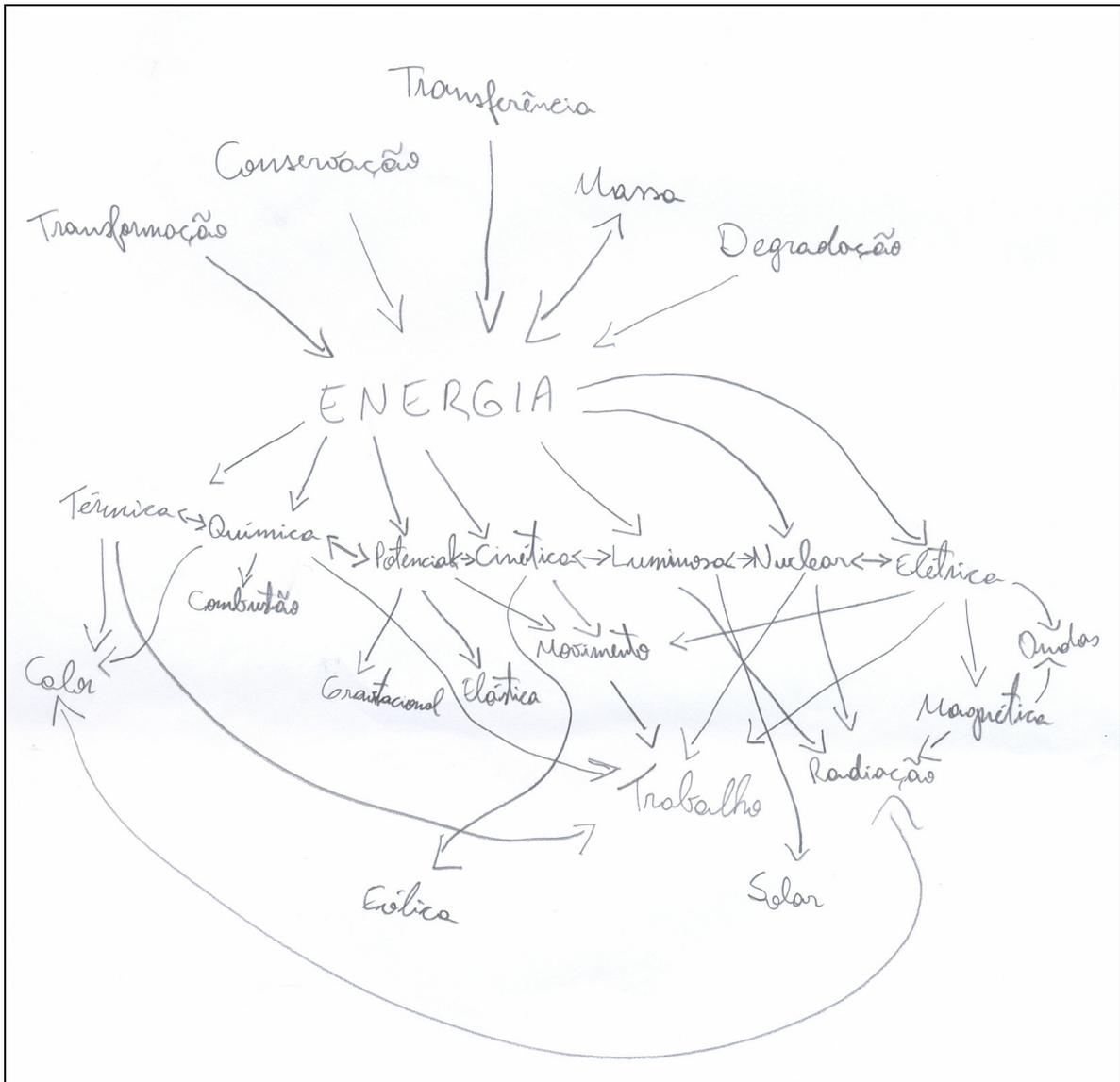


Figura 22 – Mapa conceitual 2 do aluno A3

Esse mapa conceitual continuou com as mesmas características do anterior, como a grande quantidade de conceitos, interligado através de setas e sem a presença de palavras de ligação. Verificou-se que a ligação entre os conceitos energia e massa foi realizada através de uma seta biunívoca, levando a crer que o aluno compreendia essa relação mútua entre a massa e a energia. As ligações efetuadas entre os tipos de energia também foram realizadas através de setas biunívocas, o que induz ao aspecto da transformação da energia.

Alguns novos conceitos foram introduzidos nesse mapa, como os de transformação, conservação, transferência e degradação da energia. Porém, o aluno não relacionou esses conceitos a outros, estando esses de forma isolada no mapa, não sendo possível perceber, portanto, o nível de compreensão desses conceitos. A energia potencial elástica e a energia potencial gravitacional também foram introduzidas, mas não se verificaram articulações entre essas e os outros tipos de energia

A estrutura hierárquica continuou presente no mapa, assim como a grande quantidade de relações cruzadas, denotando ao mapa um caráter de inclusividade e de transversalidade.

Em relação à matriz de repertório, verificou-se que, quanto aos elementos, houve a inclusão da energia luminosa e não foram citadas as energias eólica e solar. Essa matriz encontra-se no Apêndice H.

Analisando os construtos, observou-se que alguns deles foram utilizados nas duas matrizes de repertório, tendo ocorrido poucas modificações em relação à sua aplicação aos elementos da matriz. Como exemplo, tem-se o construto processo químico/processo físico. Na primeira matriz o aluno considerou que a energia térmica resultava, exclusivamente, de um processo químico, enquanto que na segunda matriz, ele considerou que esse tipo de energia estava relacionado a um processo físico, o que está mais coerente.

As articulações estabelecidas entre os elementos da segunda matriz de repertório encontram-se na figura 23.

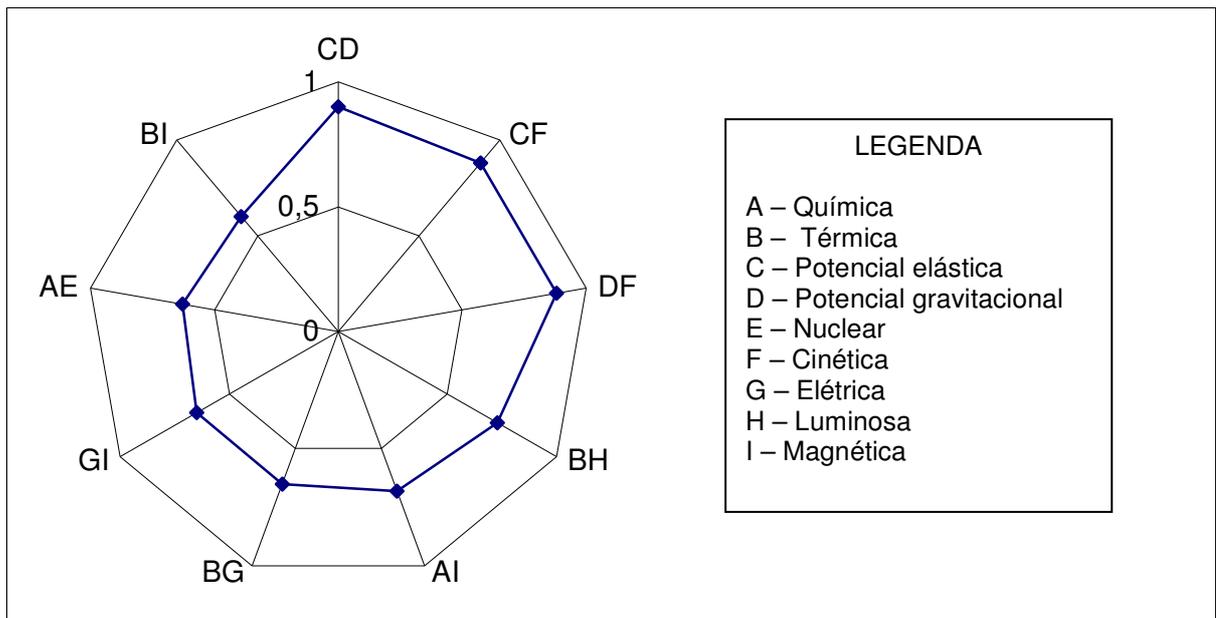


Figura 23 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 2 do aluno A3

Verificou-se, no gráfico obtido a partir da segunda matriz de repertório, um número menor de articulações entre os tipos de energia. Pôde-se constatar, assim como na análise do pré-teste, uma maior articulação entre as energias abordadas na mecânica (cinética, potencial gravitacional e potencial elástica). As relações entre esses tipos de energia obtiveram fator de correlação superior a 0,8. Observou-se ainda que esses tipos de energia não foram relacionados aos demais. Assim, o aluno, na matriz de repertório, não articulou o ramo da mecânica aos demais abordados.

Embora não tenha sido presenciado, na matriz de repertório, um elevado grau de articulações entre os diversos ramos da física, não foi constatada uma aprendizagem fragmentada em relação aos conceitos abordados, uma vez que o aluno estabeleceu várias relações cruzadas válidas no mapa conceitual relacionando os diversos ramos da física. Tem-se que levar em conta o fato da matriz de repertório ser mais difícil de ser construída, segundo os próprios alunos, exigindo uma maior dedicação e concentração.

De fato, as atividades experimentais não provocaram um maior grau de articulações entre os conceitos dos diferentes tipos de energia abordados, o que não significa que a sua realização não tenha sido válida, uma vez que o aluno já possuía uma estrutura cognitiva, em relação ao conceito abordado, bem elaborada, além de ter participado ativamente das atividades, interagindo com o facilitador e com a turma, refletindo, questionando e discutindo, devendo, portanto, ter implicado em um crescimento cognitivo e pessoal.

➤ Aluno 4 (A4)

Verificou-se que o segundo mapa conceitual construído pelo aluno apresentou-se com um formato mais fácil de ser compreendido, uma vez que o aluno utilizou ligações, através de setas, entre os conceitos, como pode ser observado na figura 24. Alguns novos conceitos foram introduzidos, como o de conservação, transformação, degradação, transferência, estando esses desarticulados dos outros conceitos abordados, além do conceito de energia potencial, entre outros.

Houve uma ligação cruzada, relacionando os conceitos de energia luminosa e radiação ao conceito ultravioleta. Observou-se uma falta de articulação entre alguns conceitos abordados, como o de energia eólica a formas alternativas e a energia elétrica à energia potencial.

O aluno utilizou apenas uma fórmula, relacionando a relação entre massa e energia e interligando essa ao físico que a formulou, Einstein. Mas, essa relação ficou totalmente desarticulada dos outros conceitos abordados. Assim como no primeiro mapa conceitual construído pelo aluno, os vários conceitos abordados foram relacionados, através de uma grande chave, ao conceito de transformação.

Observou-se, assim, que os conceitos ainda foram abordados de forma desarticulada, sem haver a integração entre os diversos ramos da física e as outras áreas de conhecimento abordadas.

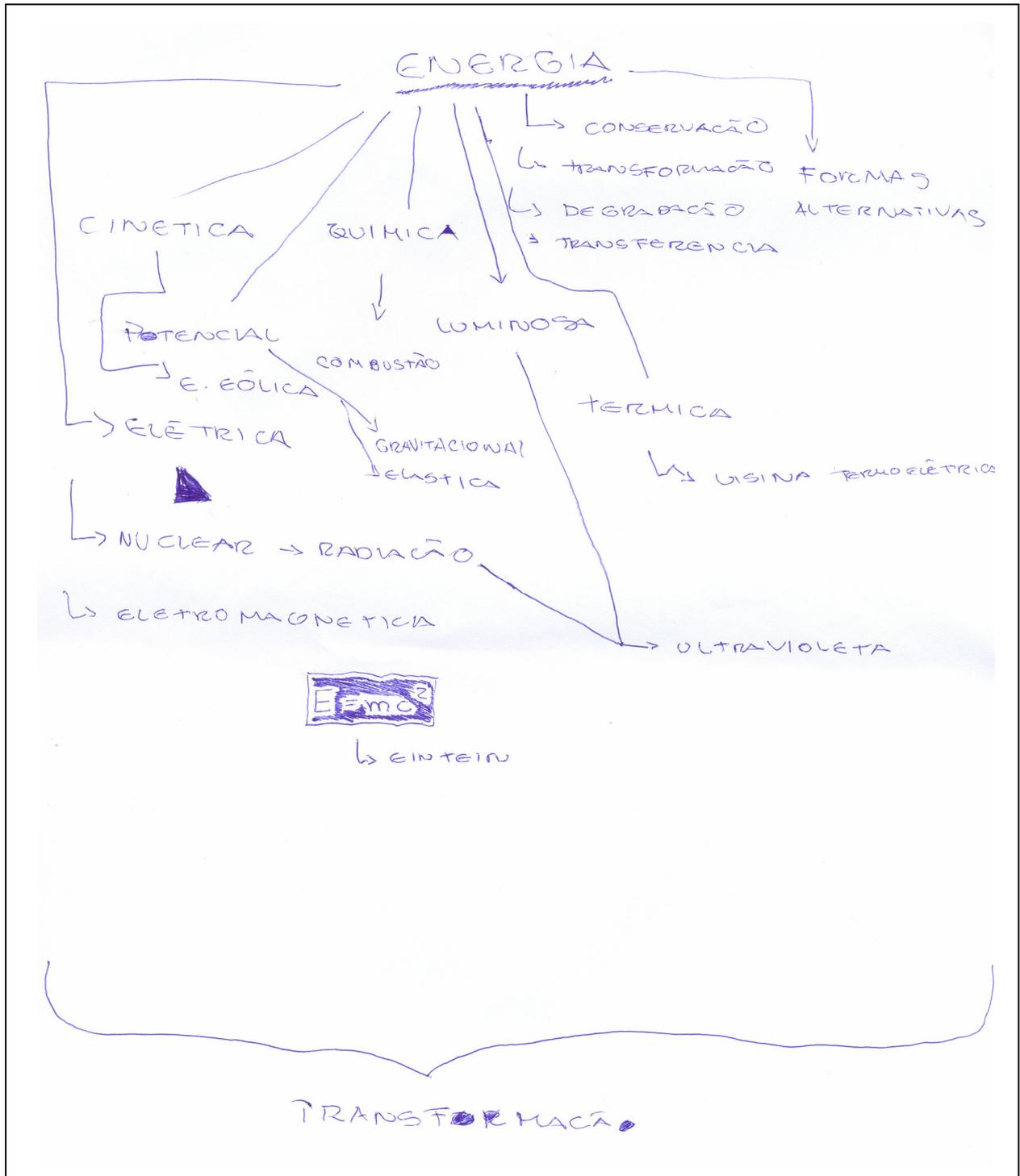


Figura 24 – Mapa conceitual 2 do aluno A4

Em relação à construção da matriz de repertório, verificou-se que o aluno utilizou a mesma quantidade de elementos, trocando apenas a energia solar pela energia luminosa. Houve alterações em todos os construtos utilizados, estando esses dispostos de forma mais coerente, do ponto de vista científico. Os construtos utilizados tiveram uma maior faixa de conveniência, sendo aplicados, portanto a um

maior número de elementos. A segunda matriz de repertório construída pelo aluno encontra-se no Apêndice I.

Observando o gráfico da figura 25, que constitui as relações mais significativas efetuadas entre os elementos da matriz de repertório, verificou-se um maior número de articulações estabelecidas entre os diferentes tipos de energia listados pelo aluno.

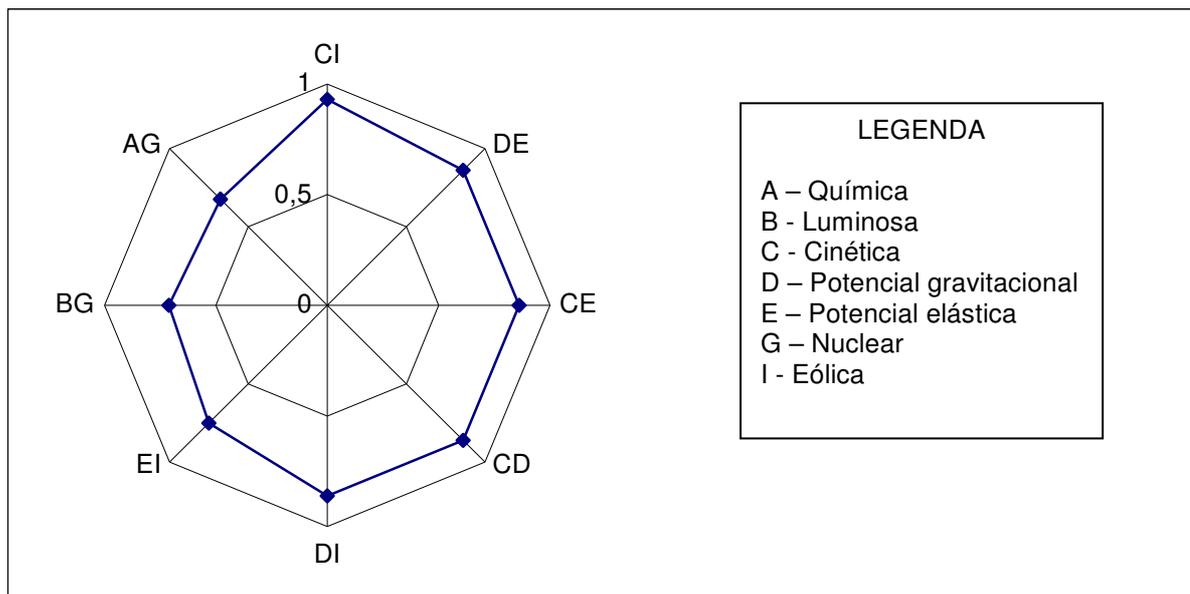


Figura 25 – Gráfico representando os fatores de correlação mais significativos entre os elementos da matriz de repertório 2 do aluno A4

Verificou-se um significativo avanço em relação às articulações estabelecidas pelo aluno, embora essas estejam mais presentes nos tipos de energia abordados na mecânica, além da energia eólica, como pôde ser observado nas seis primeiras díades apresentadas no gráfico. Essas relacionam entre si as energias: cinética, potencial gravitacional, potencial elástica e eólica. A associação estabelecida entre a energia eólica e as energias abordadas na mecânica também pôde ser observada no mapa conceitual, uma vez que o aluno relacionou a energia eólica à energia cinética, o que induz ao fato do aluno relacionar de forma coerente esses tipos de energia.

Em seguida, observou-se, ainda, articulações entre as energias nuclear e luminosa (0,71) e química e nuclear (0,68), o que significa, de acordo com os construtos utilizados pelo aluno, que esses tipos de energia têm características semelhantes.

Apesar do aluno não ter estabelecido uma grande quantidade de correlações, abordando as diversas áreas da física, observou-se um grande avanço, no sentido dos novos construtos utilizados e das novas articulações estabelecidas e, conseqüentemente, das mudanças ocorridas no sistema de construção do aluno. Assim, os resultados levam a crer que as atividades experimentais auxiliaram o aluno a desenvolver uma concepção mais ampla do conceito de energia, compreendendo um pouco melhor a complexidade desse conceito.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que alguns aspectos discutidos em relação à análise dos pré-testes dos quatro alunos que fizeram parte da amostra foram similares. Todos os alunos apresentaram um maior grau de articulação entre os tipos de energia que são abordados ao se estudar o ramo da mecânica (cinética, potencial gravitacional e potencial elástica). Esse fato deve ser fruto da grande ênfase dada ao ensino desse ramo da física e da falta de articulação ao se abordar os vários conceitos relacionados à energia presentes nos diversos ramos da física. Esse resultado aponta no sentido de que o ensino do conceito de energia vem ocorrendo de forma desarticulada e fragmentada, aspecto esse bastante discutido e criticado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002). Assim, é importante que a compreensão dos conceitos e dos fenômenos físicos seja mais explorada no ensino de física, através de uma discussão mais qualitativa, o que não significa dizer que o formalismo matemático deva ser abandonado.

Verificaram-se algumas lacunas em relação à compreensão dos conceitos abordados, o que pode ter ocorrido em virtude de se priorizar, normalmente, no ensino de física, a resolução de exercícios repetitivos visando à aplicação direta das fórmulas estudadas em vez da compreensão dos aspectos conceituais e dos fenômenos que nos cercam. A pequena quantidade de exemplos relacionados pelos

alunos induz a uma falta de articulação entre os conceitos apreendidos e aspectos do cotidiano ou reais, fato esse possivelmente proveniente da descontextualização dos conteúdos estudados.

Os alunos possuíam uma visão limitada e fragmentada da energia potencial, pois restringiram-na a energia potencial gravitacional e a energia potencial elástica. Apenas o aluno A1 considerou, também, a energia elétrica como um tipo de energia potencial.

Um outro fator observado, ainda nos pré-testes, consistiu no fato dos alunos confundirem formas com fontes de energia, revelando a não compreensão desses dois conceitos.

Os aspectos da transformação e conservação da energia pareceram estar mais evidentes para os alunos do que os aspectos da transferência e degradação, sendo esses últimos tão importantes quanto os primeiros para a compreensão do conceito de energia. Esse é um outro fator que vem reafirmar a ênfase nos conteúdos trabalhados no ramo da mecânica, uma vez que a maioria dos livros-texto só aborda os aspectos da transferência e degradação da energia no livro referente ao ramo da termologia.

De uma maneira geral, observou-se que os alunos possuíam uma compreensão fragmentada do conceito de energia. Verificou-se ainda que, embora os quatro alunos venham estudando na mesma turma desde a quinta série do ensino fundamental, cada um revelou uma estrutura cognitiva única, utilizando, portanto, construtos diferentes para abordar um mesmo conceito. Observou-se que o aluno A3 possuía uma estrutura cognitiva, em relação ao conceito abordado, mais sofisticada do que os demais alunos.

Após a realização das atividades experimentais verificaram-se algumas mudanças em relação ao sistema de construção dos alunos, fato esse já esperado, uma vez que Kelly (1963) afirma que mudamos de acordo com a experiência. As alterações ocorridas não seguiram um padrão, uma vez que cada aluno, possivelmente, interpretou os eventos ocorridos de formas distintas. Assim, os alunos não diferiram

apenas em relação aos construtos que usaram, mas também em relação à utilização e organização dos seus sistemas de construtos e, principalmente, pela forma como perceberam e interpretaram os eventos ocorridos. Essas alterações ocorridas no sistema de construção do indivíduo, a fim de lidar melhor com os eventos que se repetem ou com os novos eventos que aparecem, consiste, de acordo com Kelly, na aprendizagem.

De uma maneira geral, observou-se, após a realização das atividades experimentais, uma maior articulação entre os conceitos dos diferentes tipos de energia considerados, embora ainda prevalecesse um maior grau de articulação entre os tipos de energia abordados na mecânica. Mas, foi possível verificar que essas se inter-relacionaram com alguns tipos de energia trabalhados em outros ramos da física, como a energia térmica, química e sonora, todas abordadas nas atividades experimentais. Verificou-se, também, a presença maior de articulações envolvendo as energias alternativas, como a energia nuclear e a eólica, ambas também abordadas nos experimentos. Seria importante a realização de atividades que abordassem outros tipos de energias alternativas, visto essas serem, diante da problemática energética em que o mundo vem enfrentando, extremamente importantes para o desenvolvimento social e econômico da humanidade. Perceberam-se, ainda, articulações entre alguns tipos de energia não estudados nas atividades experimentais, como a energia magnética.

Verificou-se, também, uma ampliação na faixa de conveniência dos construtos e a utilização de novos construtos para relacionar os diferentes tipos de energia. Os alunos apresentaram uma estrutura hierárquica mais sofisticada, relacionaram uma maior quantidade de conceitos e estabeleceram mais relações entre esses. Alguns aspectos importantes para a aprendizagem do conceito de energia foram evidenciados, após a realização das atividades experimentais, como a distinção entre formas e fontes de energia e a compreensão da transformação, transferência, conservação e degradação da energia.

Dessa forma, os resultados induziram a uma eficácia das atividades experimentais desenvolvidas, revelando que essas podem vir a auxiliar no desenvolvimento de

uma compreensão mais ampla do conceito trabalhado, sendo, assim, uma excelente estratégia para o ensino e a aprendizagem desse conceito.

Embora o conceito de energia potencial tenha sido explorado nas atividades realizadas, discutindo-se o seu significado e as diversas formas em que ele se apresenta, verificou-se que os alunos permaneceram com uma visão restrita desse conceito, uma vez que continuaram associando a idéia de posição apenas as energias potencial gravitacional e potencial elástica e, também, só usaram essa nomenclatura para expressar esses dois tipos de energia, com exceção do aluno 1 que também associou à energia potencial a energia elétrica.

Provavelmente, se houvesse a possibilidade da realização de uma maior quantidade de atividades experimentais, envolvendo também outros tipos de energias e sendo essas desenvolvidas no decorrer de todo o ano letivo, ter-se-iam verificado alterações ainda mais significativas em relação à contextualização e à articulação dos conceitos trabalhados.

A utilização do mapa conceitual e da matriz de repertório, como instrumentos para a coleta e análise dos dados, revelou ser de extrema valia para a compreensão da estrutura cognitiva do aluno, possibilitando, também, a identificação das suas concepções prévias. Verificou-se que além desses instrumentos serem considerados como avaliativos eles também podem ser utilizados como recursos didáticos. Vale salientar que a construção desses instrumentos requer um envolvimento e um compromisso por parte dos alunos, o que foi verificado em relação aos alunos que participaram desse trabalho.

A importância do tema tratado sugere a necessidade de que haja investigações futuras. O ensino de física suscita de pesquisas que visem uma melhoria na sua qualidade, focando em uma aprendizagem significativa e satisfatória para o aluno. A Teoria dos Construtos Pessoais (KELLY, 1963) pode vir a contribuir nesse sentido, uma vez que oferece ferramentas para a compreensão do sistema de construção do indivíduo e dos processos pelos quais a aprendizagem ocorre.

5. CONCLUSÕES

Em linhas gerais, os resultados obtidos indicaram que a utilização de experimentos dentro de uma abordagem investigativa, explorando, principalmente, os aspectos conceituais envolvidos nos fenômenos e envolvendo os alunos no processo de construção do conhecimento, se apresenta como uma metodologia eficiente no sentido de proporcionar a aprendizagem de conceitos.

Destacam-se as ferramentas utilizadas para a análise dos resultados, uma vez que essas revelaram ser um importante instrumento de análise da aprendizagem dos alunos, permitindo delinear a sua estrutura cognitiva em relação ao conceito abordado e as alterações ocorridas em virtude das experiências vivenciadas.

As principais alterações observadas na estrutura cognitiva dos alunos foram:

- A ampliação na faixa de conveniência de alguns construtos e a utilização de novos construtos para relacionar os diferentes tipos de energia.
- A inclusão de novos conceitos e a elaboração de uma estrutura hierárquica mais sofisticada.
- A compreensão de alguns aspectos importantes para a aprendizagem do conceito de energia.
- Uma maior articulação entre os conceitos dos diferentes tipos de energia abordados nos experimentos.

Um outro fator verificado consiste na dificuldade que os alunos têm de mudarem suas concepções frente ao ensino quando se trata de conceitos muito persistentes, como no caso o conceito de energia potencial.

Diante do exposto, pode-se concluir que a estratégia utilizada foi válida, uma vez que a exploração das atividades experimentais proporcionou um enriquecimento na estrutura cognitiva dos alunos em relação ao conceito de energia, facilitando a articulação entre os conceitos dos diversos tipos de energia abordados nos diferentes ramos da física e possibilitando uma compreensão menos fragmentada e mais significativa do conceito explorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR JR., O. O papel do construtivismo na pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, RS, v. 3, n. 2, ago. 1998.

ALMEIDA, F. C. P. de; SOUZA, A. R. de; URENDA, P. A. V. Mapas conceituais: avaliando a compreensão dos alunos sobre o experimento do efeito fotoelétrico. In: **Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências**, 4., São Paulo, 26 a 29 de novembro de 2003.

ALVES FILHO, J. P. Regras de transposição didática aplicada ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v.17, n.2, p. 174-188, ago. 2000.

ANGOTTI, J. A. Conceitos unificadores e ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, SP, v.15, p. 191-198, 1993.

ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, SP, v.25, n.2, p. 176-194, mar. 2003.

ARRUDA, J. R. C. Un modelo didáctico para enseñanza aprendizaje de la física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, SP, v.25, n.1, p. 86-104, mar. 2003.

ARRUDA, S. M.; LABURÚ, E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de Ciências. In: NARDI, R. (Org.) **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras, 1998.

ASSIS, A.; TEIXEIRA, O. P. B. Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de energia. **Ciência & Educação**, São Paulo, SP, v.9, n.1, p. 41-52, 2003.

AUTH, M. A.; ANGOTTI, J. A. P. O processo de ensino-aprendizagem como aporte do desenvolvimento histórico universal: a temática das combustões. In: PIETROCOLA, M. (Org.) **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: UFSC, p. 197-232, 2001.

AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: MOREIRA, M. C.; AXT, R. (Org.) **Tópicos atuais em ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

AXT, R.; MOREIRA, M. A. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, SP, v.13, p. 97-103, 1991.

BARBOSA, J. A.; PAULO, S. R.; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v.16, n.1, p. 105-122, 1999.

BASTOS, H. F. B. N. **Changing teachers' practice: towards constructivist methodology of physics teacher**. Tese (Doutorado em Ensino de Física). University of Surrey, Inglaterra, 1992. 420f.

_____. Disciplinaridade: multi, inter e trans. **Construir Notícias**, Recife, PE, n. 16, p. 40-41, mar. / abr. 2004.

_____. **Reflexões sobre as bases teóricas do ensino de ciências**. UFRPE: Departamento de Educação, 1996. Mimeografado.

BENJAMIN, A. A.; TEIXEIRA, O. P. Análise do uso de um texto paradidático sobre energia e meio ambiente. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, SP, v.23, n.1, p. 74-82, 2001.

BONJORNIO, J. R.; BONJORNIO, R. A.; BONJORNIO, V.; RAMOS, C. M. **Temas de Física**. São Paulo: FTD, 1997. 1 v.

_____. _____. **Temas de Física**. São Paulo: FTD, 1997. 2 v.

_____. _____. **Temas de Física**. São Paulo: FTD, 1997. 3 v.

BORGES, A. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BRASIL. **LDB**: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9394, 20 de Dezembro de 1996.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**, Brasília: MEC, 1999.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, matemática e suas Tecnologias, Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

BUNGE, M. La energía entre la física y la metafísica. **Revista de Enseñanza de la Física**, Cordok, v. 12, n. 1, p. 53-56, 1999.

CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, C. S. **Física Clássica** – Dinâmica, Estática. São Paulo: Atual, 1998.

_____. **Física Clássica** – Termologia, Fluidodinâmica, Análise dimensional. São Paulo: Atual, 1998.

_____. **Física Clássica** - Eletricidade. São Paulo: Atual, 1998.

CARRETERO, M. **Construtivismo e Educação**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002. 108p.

CARRON, W.; GUIMARÃES, O. **Física**. Volume único. São Paulo: Moderna, 1999. 264p.

CARVALHO JÚNIOR, G. D. As concepções de ensino de física e a construção da cidadania. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 19, n. 1, p. 53-66, abr. 2002.

CASTILLO, A. L. C.; GRANADOS, D. I.; MARINO, L. A. Calor: Una propuesta didáctica constructivista con enfoque de ciencia integrada. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, SP, v.24, n.3, p. 317-323, set. 2002.

CLONINGER, S. C. **Teorias da Personalidade**. São Paulo: Martins Fontes, p. 421 – 451, 1999.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Editora Cortez, 1991. 181p.

DOMÉNECH, J. L.; GIL-PÉREZ, D.; GRAS, A.; GUIASOLA, J.; MARTINEZ-TORREGROSA, J.; SALINAS, J.; TRUMPER, R.; VALDÉS, P. La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 20, n. 3, p. 285-311, 2003.

FUZER, W. B.; DOHMS, E. P. “Ensinar a pensar” em física – Dois exemplos de aplicação das operações de pensamento de Louis Raths. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v.5, n.2, p. 61-73, ago. 1988.

GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Ática, 2000. 1 v.

_____. _____. São Paulo: Ática, 2000. 2 v.

_____. _____. São Paulo: Ática, 2000. 3 v.

GIOPPO, C.; SCHEFFER, E. W.; NEVES, M. C. D. O ensino experimental na escola fundamental: uma reflexão de caso no Paraná. **Educar**. Curitiba, PR, n.14, p.39-57, 1998.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, SP, n. 10, p. 43-49, nov. 1999.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física para o ensino médio**: volume único. São Paulo: Scipione, 2002. 480p. (Série Parâmetros).

GOULART, I. B. Em que consiste o modelo construtivista. In: GOULART, I. B. (org.). **A Educação na Perspectiva Construtivista**: Reflexões de uma Equipe Interdisciplinar. Petrópolis: Vozes, p. 15-27, 1995.

GRAF. **Física 1**: Mecânica. 4 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998. 322p.

_____. **Física 2**: Física térmica / Óptica. 4 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998. 336p.

_____. **Física 3**: Eletromagnetismo. 4 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998. 438p.

HALL, C. S.; LINDZEY, G.; CAMPBELL, J. B. **Teorias da Personalidade**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, p. 317-345, 2000.

HICKS, N. Energy is the capacity to do work –or is it? **The Physics Teacher**, Cambridge, v. 21, p. 529-530, 1983.

HODSON, D. Hacia un enfoque más críticos del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.12, n.3, p. 299-313, 1994.

IZQUIERDO, M.; SANMARTÉ, N.; ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 17, n. 1, p. 45-59, 1999.

KELLY, G. A. **A Theory of Personality** – The psychology of personal constructs. New York: Norton, 1963, 194p.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986. 99p.

LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. **Física**: volume único. São Paulo: Scipione, 2003. 318p. (Coleção de olho no mundo do trabalho).

MALDANER, O. A. Concepções epistemológicas no ensino de ciências. In (org.): SCHNETZLER, R. P. (org.). **Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens**, Campinas: Vieira, p. 60-81, 2000.

MEDEIROS, A.; BEZERRA FILHO, S. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino da Física. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 6, n.2, p. 107-117, 2000.

MINGUET, P. A. **Construção do Conhecimento na Educação**. Porto Alegre: Artmed, 1998. 182p.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: E.P.U., 1999, 200p.

MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983. 177 p.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Trad. Carla Valadares. 2 ed. Lisboa, Portugal: Plátano Edições Técnicas, 1999. 212p.

OLIVEIRA, G. R. F. de. **Tratamento estatístico para análise da matriz de repertório**. Seminário apresentado no Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências - Departamento de Educação/UFRPE, Recife, 29 de dezembro de 2004.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer projetos, monografias, dissertações e teses**. Recife: Edições Bagaço, 2003. 174 p.

P. SCHULTZ, D.; SCHULTZ, S. E. **Teorias da Personalidade**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 335-357, 2002.

PECK, D.; WHITLOW, D. **Teorias da Personalidade**. Trad. Eduardo D'Almeida. Rio de Janeiro: Zahar Editores, p. 47-57, 1976.

PEREZ, G.; CASTRO, P. V. La orientación de las practicas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 14, n.2, p. 155-163, 1996.

PIAGET, J. **Pra onde vai a educação**. 14 ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1998.

PIETROCOLA, M.; ALVES FILHO, J. P.; PINHEIRO, T. F. Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, RS v. 8, n. 2, ago. 2003.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciências: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência e Educação**, São Paulo, SP, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002.

RAMALHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Os fundamentos da física**. 8 ed. São Paulo: Moderna, 2003. 1 v

_____. _____. **Os fundamentos da física**. 8 ed. São Paulo: Moderna, 2003. 2 v.

_____. _____. **Os fundamentos da física**. 8 ed. São Paulo: Moderna, 2003. 3 v

SANTOS, A. C. K.; MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. Influência do instrumento na avaliação da aprendizagem decorrente do ensino de laboratório em física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v.3, n.3, p. 122-133, dez. 1986.

SARAIVA, J. A., F. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: GOULART, I. B. (org.). **A Educação na Perspectiva Construtivista**: Reflexões de uma Equipe Interdisciplinar. Petrópolis: Vozes, p. 56-72, 1995.

SÉRÉ, M.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 20, n. 1, p. 30-42, abr. 2003.

SEVILLA, C. Reflexiones en torno al concepto de energía. Implicaciones curriculares. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 4, n. 3, p. 247-252, 1986.

SILVA, J. A. da; PINTO, A. C.; LEITE, C. **Física. Projeto Escola e Cidadania**. Energia. São Paulo: Editora do Brasil, 2000. 24p.

_____. **Física. Projeto Escola e Cidadania**. Calor: o motor das revoluções. São Paulo: Editora do Brasil, 2000. 32p.

SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de ciências. In (org.): SCHNETZLER, R. P. (org.). **Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens**, Campinas: Vieira, p. 120-153, 2000.

SOLBES, J.; TARÍN, F. Algunas dificultades en torno a al conservación de la energía. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 16, n. 3, p. 387-397, 1998.

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 17, n. 3, p. 360-369, dez. 2000.

TRUMPER, R. Energy and constructivist way of teaching. **Physics Education**, v. 25, p. 208-212, 1990.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida**. 2 ed. Minas Gerais: Editora UFMG, 2002, 120p.

VIOLIN, A. G. Atividades experimentais no ensino de física de 1º e 2º graus. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, SP, v.1, n.2, p. 13-24, 1979.

ZIMMERMANN, E.; BERTANI, J. A. Um novo olhar sobre os cursos de formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 20, n. 1, p. 43-62, abr.2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A - PLANO DE AULA

1º ENCONTRO (SALA DE AULA)

Objetivo: Identificar os vários conceitos que os alunos relacionam com o conceito de energia e introduzir o tema a ser abordado.

Momento 1 – Duração 15'

- Apresentação da proposta do trabalho.
- Estudo sobre os mapas conceituais:
 - Definição
 - Finalidade
 - Exemplos

Momento 2 – Duração 20'

- Construção de um mapa conceitual sobre o conceito de energia.

Momento 3 – Duração 15'

- Leitura e discussão do texto1: *Energia, Sociedade e Meio Ambiente*.

2º ENCONTRO (INDIVIDUAL)

Objetivo: Investigar o sistema de construção dos alunos em relação ao conceito de energia.

Momento 1 – Duração 5'

- Discussão sobre o mapa conceitual construído anteriormente.

Momento 2 – Duração 55'

- Construção da matriz de repertório, sendo os elementos inicialmente listados pelos alunos e posteriormente complementados pela pesquisadora.

3º E 4º ENCONTROS – (LABORATÓRIO DE QUÍMICA)

Objetivo: Explorar as atividades experimentais, a fim de estudar os processos de conservação, transformação, transferência e degradação da energia. Buscar uma articulação entre os diversos tipos de energia estudados e uma compreensão mais ampla desse conceito.

Momento 1 – Duração 15'

- Divisão da turma em grupos, apresentação da atividade experimental e montagem do experimento.

Momento 2 – Duração 20’

- Observação, exploração e análise do experimento realizado.

Momento 3 – Duração 20’

- Sistematização do conhecimento.

Momento 4 – Duração 20’

- Construção do relatório.

Momento 5 – Duração 20’

- Leitura e discussão dos textos 2 e 3: “*O Dilema da Energia Nuclear*” e “*Energias Alternativas*”

5º ENCONTRO (SALA DE AULA)

Objetivo: Identificar as possíveis mudanças ocorridas em função das atividades vivenciadas. Discutir e analisar o trabalho realizado.

Momento 1 – Duração 20’

- Leitura e Discussão do texto 4: “*Tempo, Vida e Entropia*”.
- Discussão sobre as atividades experimentais realizadas, estabelecendo semelhanças e diferenças entre as mesmas.

Momento 2 – Duração 20’

- Construção de um mapa conceitual sobre o conceito de energia.

Momento 3 – Duração 10’

- Avaliação do trabalho realizado.

6º ENCONTRO (INDIVIDUAL)

Objetivo: Analisar o sistema de construção dos alunos em relação ao conceito de energia, observando as possíveis alterações ocorridas em relação à construção do conceito abordado.

Momento 1 – Duração 5’

- Discussão sobre o mapa conceitual construído anteriormente.

Momento 2 – Duração 55’

- Construção da matriz de repertório, sendo os elementos inicialmente listados pelos alunos e posteriormente complementados pela pesquisadora.

APÊNDICE B – MATRIZ DE REPERTÓRIO 1 DO ALUNO A1

		Elementos											Pólo do contraste 5
		Cinética	Potencial Gravitacional	Rotacional	Luminosa	Térmica	Eólica	Interna	Trabalho	Potencial Elástica	Potencial Elétrica	Química	
Pólo da semelhança 1													
Construtos	energia mecânica	①	①	1	5	5	⑤	-	1	1	-	5	fonte de energia
	não se observa diretamente	3	3	1	⑤	①	1	1	1	①	1	1	comum no cotidiano
	energia que o corpo possui	1	1	①	5	⑤	5	1	①	1	1	3	energias que podem ser obtidas
	nível macroscópico	③	3	③	1	3	1	5	1	1	⑤	5	nível microscópico
	esgotáveis	5	⑤	5	1	1	①	①	5	5	3	1	não esgotáveis
	energia de movimento	①	5	①	-	-	-	-	1	⑤	5	-	energia de posição
	energia guardada	1	①	1	5	5	5	1	3	1	①	⑤	energia liberada

○ - elementos usados para definir o construto

APÊNDICE C – MATRIZ DE REPERTÓRIO 1 DO ALUNO A2

		Elementos							Pólo do contraste 5
		Cinética	Potencial	Mecânica	Eólica	Elétrica	Nuclear	Química	
Pólo da semelhança 1									
construtos	quebra de ligações	5	5	5	⑤	-	①	①	não há quebras de ligações
	movimento das partículas	①	⑤	3	②	-	-	-	posição
	geração humana	①	2	1	-	-	⑤	②	geração natural
	fontes diferentes	-	4	①	①	3	⑤	-	reator nuclear

○ - elementos usados para definir o construto

APÊNDICE D – MATRIZ DE REPERTÓRIO 1 DO ALUNO A3

Pólo da semelhança 1		Elementos										Pólo do contraste 5
		Potencial Gravitacional	Química	Potencial Elástica	Magnética	Eólica	Solar	Cinética	Elétrica	Térmica	Nuclear	
Construtos	envolve reação química	5	1	5	5	⑤	5	5	5	①	①	envolve processo físico
	ocorre no campo microscópico	⑤	2	5	3	5	①	5	①	3	1	ocorre no campo macroscópico
	ocorre em etapas	3	①	3	4	4	5	3	⑤	4	①	ocorre continuamente
	gera luminescência	⑤	3	5	5	5	1	5	①	①	-	não produz efeito luminoso
	possui energia dissipada pelo atrito	①	⑤	1	5	2	5	①	1	5	5	não há dissipação pelo atrito
	pode causar contaminação	5	①	5	5	5	⑤	5	3	3	①	não causa contaminação
	não libera calor	①	4	1	①	1	2	3	3	⑤	4	produz calor
	envolve cargas elétricas	⑤	②	5	①	5	3	5	1	5	3	não envolve cargas elétricas
causa movimento	1	2	1	1	①	1	1	①	1	⑤	não causa movimento	

○ - elementos usados para definir o construto

APÊNDICE E – MATRIZ DE REPERTÓRIO 1 DO ALUNO A4

		Elementos									Pólo do contraste 5
		Cinética	Potencial Gravitacional	Potencial Elástica	Química	Eólica	Solar	Nuclear	Elétrica	Térmica	
Pólo da semelhança 1											
Construtos	escala macroscópica	3	②	①	-	1	-	5	⑤	-	escala micro
	transformações	⑤	5	5	1	3	-	①	3	①	movimento
	fontes alternativas	5	5	⑤	1	①	①	-	1	-	força
	trabalho	①	1	1	-	1	①	-	⑤	-	pólos
	transformações químicas	-	⑤	-	①	-	-	①	2	1	atração
	movimento	①	1	①	5	1	-	⑤	-	4	transformações químicas
	energia mecânica	1	1	①	-	1	⑤	-	①	1	Energia luminosa
	movimento	①	1	1	5	①	5	⑤	1	1	energia química
	temperatura	-	⑤	-	①	-	-	1	-	①	atração

○ - elementos usados para definir o construto

APÊNDICE F – MATRIZ DE REPERTÓRIO 2 DO ALUNO A1

		Elementos									Pólo do contraste 5	
		Cinética	Térmica	Potencial Elétrica	Potencial gravitacional	Potencial elástica	Química	Nuclear	Solar	Eólica		Sonora
Pólo da semelhança 1												
Construtos	transferível	1	①	①	3	3	1	3	3	3	⑤	não transferível sob a mesma forma de energia
	transformável	①	1	1	1	1	1	1	①	1	⑤	não transformável
	conservada	1	5	3	①	①	3	3	3	3	⑤	degradada / dissipada
	fácil de obter / usar	①	①	5	1	1	5	⑤	3	3	5	difícil de encontrar
	só de passagem	①	①	5	5	5	5	5	5	⑤	1	objetivo final
	fácil de identificar	①	1	5	1	1	⑤	5	①	1	1	não se consegue ver
	liberada / absorvida	5	1	5	5	5	①	①	1	⑤	5	roubada / forçada a transferir-se

○ - elementos usados para definir o construto

APÊNDICE G – MATRIZ DE REPERTÓRIO 2 DO ALUNO A2

		Elementos										Pólo do contraste 5
		Magnética	Térmica	Química	Elétrica	Cinética	Potencial	Nuclear	Mecânica	Eólica	Vital	
Pólo da semelhança 1												
Construtos	ligação com seres inanimados	3	4	1	3	3	③	④	3	1	③	ligação com elementos radioativos
	relação com energia cinética	2	2	2	3	1	⑤	3	③	①	3	relação com posição
	faz parte dos seres vivos	2	③	①	3	3	1	④	1	1	1	é perigoso para os seres vivos
	relação com a idéia de campo	①	5	4	①	4	④	3	4	4	3	não tem relação com a idéia de campo
	movimento das partículas	⑤	1	1	1	①	-	3	①	1	2	não há relação com matéria
	servem para a promoção da energia elétrica	-	①	3	⑤	2	3	③	3	3	4	conseqüências das demais energias
	Relação através da expressão matemática	⑤	4	4	5	1	①	5	①	3	4	Não são trabalhadas na mecânica

○ - elementos usados para definir o construto

APÊNDICE H – MATRIZ DE REPERTÓRIO 2 DO ALUNO A3

Pólo da semelhança 1		Elementos									Pólo do contraste 5
		Química	Térmica	Potencial elástica	Potencial Gravitacional	Nuclear	Cinética	Elétrica	Luminosa	Magnética	
Construtos	envolve movimento	4	⑤	①	①	5	1	5	2	3	não apresenta movimento visível
	processo químico	①	5	5	⑤	①	5	5	3	5	processo físico
	não tem dissipação por atrito	①	①	5	5	1	⑤	1	1	1	sofre dissipação por atrito
	é periódica ou oscilante	5	-	①	5	-	-	5	①	⑤	é contínua
	envolve partículas	①	3	4	4	①	⑤	1	1	3	envolve corpos macroscópicos
	pode ser “conduzida”	5	1	5	⑤	-	5	①	①	5	não pode ser “conduzida”
	depende de forças	⑤	5	1	①	5	①	5	5	5	independe de forças
	emite luminescência	3	①	5	5	⑤	5	-	①	5	não emite luminescência
	possui aceleração	⑤	5	①	1	5	①	5	5	5	não possui aceleração
	apresenta irradiação	-	1	⑤	5	①	5	5	①	3	não apresenta irradiação

○ - elementos usados para definir o construto

APÊNDICE I – MATRIZ DE REPERTÓRIO 2 DO ALUNO A4

		Elementos									Pólo do contraste 5
		Química	Luminosa	Cinética	Potencial gravitacional	Potencial elástica	Elétrica	Nuclear	Térmica	Eólica	
Pólo da semelhança 1											
Construtos	apresenta movimento	5	5	①	1	①	5	5	5	⑤	não apresenta movimento
	pode haver irradiação	-	①	5	⑤	5	5	①	1	2	não pode haver irradiação
	apresenta forças	5	5	①	①	1	3	5	⑤	3	não apresenta forças
	envolve partículas	①	⑤	1	-	-	①	-	1	1	não envolve partículas
	apresenta processo químico	①	-	4	4	⑤	-	①	5	5	apresenta processo físico
	onde pode haver transformações	1	①	①	1	1	⑤	1	1	5	não pode haver transformações
	luminosidade	2	①	⑤	5	5	3	①	-	3	não luminosidade

○ - elementos usados para definir o construto