

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS DEPARTAMENTO DE FÍSICA

MARCOS MITSUO MINEGISHI

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE INSTRUMENTOS PARA AVALIAR
APRENDIZAGEM CONCEITUAL DOS ESTUDANTES EM ELETROMAGNETISMO

MARCOS MITSUO MINEGISHI

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE INSTRUMENTO PARA AVALIAR APRENDIZAGEM CONCEITUAL DOS ESTUDANTES EM ELETROMAGNETISMO

Monografia apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Departamento de Física do Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito à obtenção do título de Licenciado em Física.

VITÓRIA-ES 2013

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE INSTRUMENTO PARA AVALIAR APRENDIZAGEM CONCEITUAL DOS ESTUDANTES EM ELETROMAGNETISMO

Monografia apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Departamento de Física do Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito à obtenção do título de Licenciado em Física.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Geide Rosa Coelho

Centro de Educação – DTEPE - Universidade Federal do Espírito Santo Orientador (Presidente)

Prof. Dr. Thiéberson Gomes

Departamento de Física – Universidade Federal do Espírito Santo Membro

Prof. Mestrando Thiago Araújo Polonine

PPGEnFis - Universidade Federal do Espírito Santo

Membro

RESUMO

Nessa monografia apresento uma pesquisa de caráter instrumental. O principal objetivo da pesquisa foi desenvolver e validar um instrumento quantitativo para avaliar o entendimento conceitual dos estudantes em eletromagnetismo. Utilizamos nesta pesquisa um questionário com itens dicotômicos do tipo Verdadeiro ou Falso como instrumento. O desenvolvimento desses instrumentos se faz necessário, pois, para analisar o desenvolvimento conceitual dos estudantes nesse domínio é preciso que tenhamos instrumentos validos e fidedignos para que possamos interpretar a complexidade dos conceitos de eletromagnetismo e o entendimento desses conceitos por parte dos estudantes. Utilizamos o tratamento Rasch para dados dicotômicos, para análise dos dados. Este tratamento permitiu transformar dados não mensuráveis diretamente em escalas intervalares psicométricas, possibilitando a ordenação dos itens do questionário por nível de complexidade e também a ordenação dos estudantes quanto aos seus entendimentos dos conceitos de eletromagnetismo. O instrumento mostrou-se eficiente para confrontar essas ordenações, dando um panorama geral da aprendizagem dos conceitos de eletromagnetismo pelos estudantes. Foi verificado que a maioria dos estudantes pesquisados possui um entendimento médio sobre o eletromagnetismo e que o conceito mais complexo para o entendimento destes foi o da Lei de indução de Faraday. O instrumento desenvolvido mostrou-se válido e fidedigno para os objetivos propostos e constituiu-se como uma importante ferramenta para o professor refletir sobre suas ações pedagógicas.

Palavras chave: Instrumento quantitativo, tratamento Rasch, eletromagnetismo, aprendizagem conceitual.

ABSTRACT

In this research I present a survey of instrumental character. The main objective of the research was to develop and validate a quantitative instrument to assess student's conceptual understanding of electromagnetism. We used in this research a questionnaire with dichotomous items like True or False as instrument. The development of these instruments is necessary; therefore, to examine the conceptual development of students in this area we must have valid and reliable instruments for us to interpret the complexity of the concepts of electromagnetism and the understanding of these concepts by the students. We used the Rasch treatment for dichotomous data analysis. This treatment allowed transforming data not directly measurable on psychometric interval scales, allowing the ordination of these questionnaire items by level of complexity and also the ordering of the students regarding their understanding on the concepts electromagnetism. The instrument was used to compare these ordinations, giving an overview of the student's learning on electromagnetism concepts. It was found that most of the interviewees have a medium understanding about the concepts of electromagnetism, and the most complex concept for the understanding of these was the Faraday induction law. It has proven to be a valid and reliable instrument for the proposed objectives and established itself as an important tool for the teacher to reflect on their teaching actions.

Keywords: qualitative instruments, Rasch treatment, electromagnetism, conceptual learning.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
1.1.	Relevância do estudo	7
1.2.	Contexto da pesquisa	8
1.2.1.	Caracterizando seus sujeitos	8
1.2.2.	Projeto Pedagógica	10
1.2.3.	Currículo básico da SEDU e o ensino de física	11
1.2.4.	Ambiente de aprendizagem	15
2.	REFERENCIAIS TEÓRICOS	17
2.1.	Concepções alternativas e Modelos Mentais	17
2.2.	Modelos Mentais em eletromagnetismo	20
2.3.	Tratamento Rasch e a construção de medidas	23
3.	DELINEAMENTO METODOLÓGICO	25
3.1.	Objetivos da pesquisa	25
3.1.1.	Objetivo geral	25
3.1.2.	Objetivos específicos	25
3.2.	Sujeitos da pesquisa	25
3.3.	Instrumento de coleta de dados	26
3.4.	Validação do instrumento	28
3.5.	Metodologia de análise de dados	30
4.	ANÁLISES, RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1.	O ajuste dos itens ao modelo	32
4.2.	Ajuste das pessoas ao modelo	34
4.3.	Análise da variância	37
4.4.	A "régua" resultante do tratamento Rasch	38
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊN	IDICE 1. INSTRUMENTO AVALIATIVO	47
APÊN	IDICE 2. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	55

1. INTRODUÇÃO

1.1. RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Um consenso entre os professores e pesquisadores da área de ensino de ciências, é que ao final da escolarização básica o estudante deve ter aprendido os principais modelos da ciência e os diversos conceitos envolvidos em sua construção. Para atender a esse propósito é preciso investigar a aprendizagem dos estudantes nos diversos domínios da física. Por isso, nessa pesquisa desenvolvemos e validamos um instrumento para avaliar a aprendizagem dos estudantes com relação aos principais conceitos do eletromagnetismo.

A partir das diretrizes estabelecidas pelo PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais – para o Ensino Médio, os conhecimentos da Física ganharam novos significados que são voltados para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. O ensino de física no Ensino Médio deve ter como objetivo a formação de cidadãos capazes de compreender e participar do mundo em que vivem, mesmo que estes não tenham mais qualquer contato escolar (BRASIL, 2006).

[...] Para que esses objetivos se transformem em linhas orientadoras para a organização do ensino de Física no Ensino Médio, é indispensável traduzi-los em termos de competências e habilidades, superando a prática tradicional. O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos (BRASIL, 2006, p.22).

No entanto, diante de tantas recomendações, solicitações e dimensões apresentadas no PCN, é notável que alguns professores de física se sintam perdidos, principalmente aqueles que há décadas utilizam práticas de ensino tradicionais. O ensino de física vem deixando de enfocar a memorização de fórmulas, repetições automatizadas de

procedimentos em condições perfeitas e abstratas. É necessário dar significado para os conceitos aprendidos aos estudantes do Ensino Médio (BRASIL, 2006).

A escolha do tópico eletromagnetismo para a pesquisa foi devido a minha formação como Técnico em Eletrotécnica e o estudo desse tópico em cursos de Engenharia Elétrica. A partir do primeiro contato que tive com essa temática, procurei me aprofundar nos conhecimentos sobre o eletromagnetismo e o gosto por esses conceitos foi de grande importância para a escolha do curso de Licenciatura em Física da UFES. Durante os anos de estudos sobre eletromagnetismo, percebi que muitos colegas de turma, por muitas vezes me incluía nesse grupo, tinham dificuldade no aprendizado dos seus principais conceitos. Maloney, et al. (2001), sinalizam que o magnetismo e a eletricidade envolvem uma área conceitual muito ampla que ainda depende do entendimento de outros domínios como, por exemplos, força, energia e campo. Diferente de Mecânica, por exemplo, que o estudante pode estar mais familiarizado, pois os fenômenos são visualizados mais facilmente no seu cotidiano, o eletromagnetismo exige um nível de abstração maior por parte dos alunos, pois sua familiarização em situações concretas com esse assunto pelo estudante é, em geral, menor. O PCN sinaliza que o desenvolvimento da abstração deva ser gradual para a obtenção dos resultados discutidos e é por esse motivo, por estar diretamente associado ao desenvolvimento conceitual, é que consideramos que a construção e validação de instrumentos para avaliar a aprendizagem conceitual dos estudantes de eletromagnetismo possam auxiliar o professor de física na busca de bons resultados.

1.2. CONTEXTO DA PESQUISA

1.2.1. CARACTERIZANDO SEUS SUJEITOS

A instituição de ensino

A pesquisa foi realizada na Escola Estadual de Ensino Médio "Arnulpho Mattos" que é localizada na Rua Presidente Nereu Ramos, S/N, Bairro República da cidade de Vitória do Espírito Santo, que ofertam os cursos de Técnico em Mecânica Integrado ao Ensino Médio, Técnico em Eletrotécnica Integrado ao Ensino Médio, Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio, Técnico Subsequente em Mecânica e Técnico Subsequente

em Eletrotécnica, com capacidade de matricular 2047 alunos nos turnos matutino, vespertino e noturno. A escola possui dois laboratórios de informática com computadores conectados à internet, um laboratório de solda, um laboratório de mecânica e um laboratório de eletrotécnica, além das salas de aula e biblioteca (E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS, 2012).

Nessa instituição existem duas modalidades de cursos técnicos: O curso técnico integrado ao Ensino Médio e o Curso Técnico pós-Médio. O primeiro tem como objetivo conduzir o cidadão ao desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva na sociedade, integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, cultura às ciências e à tecnologia, além de preparar o aluno a atuar nos processos produtivos. O segundo é destinado a quem está cursando o EJA, terceiro ano, ou quem já concluiu o Ensino Fundamental e têm os mesmos objetivos que o curso integrado, porém é voltado para a formação técnica sem as disciplinas do currículo básico do Ensino Médio (E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS, 2012).

Os alunos

Em último levantamento sobre o perfil da Comunidade escolar foram constatados que: a faixa etária nos turnos diurnos varia de 14 a 18 anos e no turno noturno varia de 14 a 30 anos. A renda varia de 1 a 2 salários mínimos para os alunos do diurno e de 2 a 3 para os do noturno. A maioria é oriunda de escola pública e residem nos municípios de Vitória, Cariacica e Vila Velha. A escolaridade dos pais da maioria é o do Ensino Fundamental, sendo seguido dos que possuem Ensino Médio. A grande maioria dos estudantes mora com a família. A maioria dos estudantes não trabalha. O motivo pela qual os estudantes optaram pela escola é de que são oferecidos cursos técnicos sendo que um grupo significativo optou por uma melhor chance de ingressar no mercado de trabalho com essa opção (E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS, 2012).

Corpo docente

A escola conta, segundo o último levantamento, com oitenta e três professores dos quais 33,73% são efetivos e os demais são de professores em DT (Designação Temporária), cinco são professores de Física e destes, quatro são formados em Licenciatura em Física

e um em Bacharelado em Matemática. Dos que são formados em Licenciatura, um possui Mestrado em Física e três possuem cursos de especializações técnicas de acordo com os cursos técnicos ofertados pela escola. O professor das turmas envolvidas neste projeto possui formação em Licenciatura em Física da UFES (E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS, 2012).

A comunidade

A EEEM "Arnulpho Mattos" tem como adjacências os bairros Mata da Praia, Boa Vista, Goiabeiras, Morada de Camburi e Jardim da Penha. A comunidade onde a escola está inserida é de classe popular cuja principal atividade econômica é comercial e residencial. A renda da maioria das famílias está entre dois a três salários mínimos (E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS, 2012).

1.2.2. PROJETO PEDAGÓGICO

A Proposta pedagógica da escola retoma os objetivos educacionais estabelecidos pelo PCN e destaca a importância da "[...] necessidade de se repensar a organização e o trabalho escolar como um todo, incluindo os itinerários formativos e a distribuição espaço/tempos escolares, em especial devido à emergência da educação profissional (E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS, 2012, p.29)". Ressalta a importância da racionalidade científica quando diz que "A técnica foi o principal instrumento utilizado pelo homem no relacionamento consigo mesmo, com a natureza e com a sociedade, explorando-os à exaustão, para consolidar este modelo de desenvolvimento (E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS, 2012, p.29)". Escrevendo de outra forma, o princípio norteador filosófico e pedagógico da escola:

Se traduzido ao pé da letra esse princípio, o docente deixa de ser um mero "doador de aulas" e assume coletivamente seu papel de protagonista, definindo o que ensinar; como ensinar e para quê e para quem ensinar, tendo como diretriz a concepção pedagógica (teórico-metodológica) do PP da escola, segundo o art. 14, inciso I e art. 13 incisos I e II da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS, 2012, p.29).

Vale destacar que escola tem um tratamento diferenciado aos estudantes do turno noturno, pois a maioria deles são trabalhadores e por esse motivo, "a escola Arnulpho Mattos se preocupa em deter este aluno, tornando-se a principal via de acesso para mantê-lo no mercado de trabalho" (E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS, 2012, p.130).

1.2.3. CURRÍCULO BÁSICO DA SEDU E O ENSINO DE FÍSICA

A SEDU – Secretaria de Estado de Educação do Espírito Santo – através do NOVO CURRÍCULO BÁSICO de 2009 norteia as ações das escolas públicas a ela vinculadas:

O Currículo Básico da Escola Estadual como instrumento organizador da ação educativa vem assegurar um mínimo de unidade na rede estadual de ensino e pressupõe ainda a articulação necessária, em cada unidade escolar, com o Projeto Político Pedagógico (ESPÍRITO SANTO, 2009, p.6).

Por meio de um Guia de Orientação para Implementação do novo currículo, a SEDU pretende subsidiar diretores, pedagogos, coordenadores e o corpo docente em um intenso estudo e análise do currículo escolar de acordo com as demandas de cada escola. (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Com relação a grande área de Ciências da Natureza o novo Currículo Básico tem como foco a definição do Conteúdo Básico Comum (CDC) para cada disciplina da Educação Básica que compõe essa área (Espírito Santo, 2009). Pressupõe-se que a busca pela unidade também ocorra no ensino de Física. São princípios norteadores para a educação científica:

- Valorização e afirmação da vida: A Educação deve, acima de tudo, estar a serviço da vida.
- O reconhecimento da diversidade na formação humana.
- A educação como bem público.
- A aprendizagem como direito do educando.
- A ciência, a cultura e o trabalho como eixos estruturantes do currículo. (ESPÍRITO SANTO, 2009, p.22-25).

O documento desenvolvido reafirma uma recomendação da LDB, já descrita em seção anterior, quando redige neste volume do novo Currículo Básico que:

Chegou o momento em que ensinar Física no Ensino Médio deve ser muito mais do que ensinar meras fórmulas acumuladas e decoradas ao longo de certo período. A Física deve ser encarada como uma ciência capaz de contribuir significativamente para a formação cidadão, enquanto um ser crítico, reflexivo, atento às mudanças e aos novos desenvolvimentos científicos de seu tempo (ESPÍRITO SANTO, 2009, p79-80).

E ressalta a importância do ensino de Física nas primeiras seções do volume destinado a área de Ciências da Natureza ao definir a Física como uma das ciências que se dedica a descrever e compreender os fenômenos que se desenvolvem na natureza, ao caracterizar a Física não apenas pelos seus conteúdos teóricos, mas também ao seu método experimental, e ao determinar os objetivos do ensino de Física contextualizando esses com as conquistas, as necessidades e a evolução tecnológicas.

Sintetizando o descrito acima, o Currículo Básico Comum define quatro aspectos em que o ensino deve ser pautado:

[...] aquisição de um vocabulário básico de conceitos científicos, a compreensão da natureza do método científico, a compreensão do impacto da ciência e da tecnologia sobre os indivíduos, o meio ambiente e a sociedade, e, finalmente, a conscientização de que a Física é, também, uma Ciência experimental (ESPÍRITO SANTO, 2009, p.78).

E faz uma breve descrição, pautado nesses aspectos, dos resultados a alcançar quando diz que Física deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação de fatos, fenômenos naturais, compreendendo a interação do ser humano com a natureza e simultaneamente capacitando os indivíduos a refletir e agir sobre os impactos ambientais, sociais, morais e éticos desse desenvolvimento (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Dentre os pressupostos filosóficos definidos por esse documento destacamos que a Física no Ensino Médio deve possibilitar:

[...] Organizar ideias, interpretar e sistematizar, mobilizando os conhecimentos para serem aplicados na resolução de problemas práticos; Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como uma construção humana e desmitificada da ideia de Ciência ser capaz de resolver todos os problemas, sendo

importante perceber que a Ciência é um modelo, um constructo intelectual do homem sobre o mundo; Contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva que permita ao indivíduo a interpretação de fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte integrada em transformação [...] (ESPÍRITO SANTO, 2009, p.80).

O Currículo Básico Comum para a Física é um documento norteador que permite orientar as escolas estaduais na construção dos seus currículos, a fim de buscar certa unidade, mas não podemos deixar de considerar as especificidades, necessidades e potencialidades de cada das suas instituições que muitas vezes estão dimensionadas em seus projetos políticos pedagógicos e que também direcionam a construção desse currículo.

A pesquisa foi realizada com os alunos que já cursaram ou que na ocasião da coleta de dados estavam cursando o terceiro ano do Ensino Médio integrado ao curso técnico. Na figura abaixo está o CBC para a Física no terceiro ano do Ensino Médio. Em destaque, estão os conteúdos, competências e habilidades que acredito, são contemplados nesta pesquisa:

COMPETÊNCIAS

- Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas à Física em diferentes contextos relevantes para sua vida pessoal.
- Compreender o papel da Física e das tecnologias a ela associadas nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social contemporâneo.

HABILIDADES

- Interpretar e dimensionar circuitos elétricos domésticos ou em outros ambientes, considerando informações dadas sobre corrente, tensão, resistência e potência elétrica.
- Relacionar informações para compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos ou sistemas tecnológicos de uso comum.
- Selecionar procedimentos, testes de controle ou outros parâmetros de qualidade de produtos, conforme determinados argumentos ou explicações, tendo em vista a defesa do consumidor.
- Identificar diferentes ondas e radiações, relacionando-as aos seus usos cotidianos, hospitalares ou industriais.
- Comparar diferentes instrumentos e processos tecnológicos para identificar e analisar seu impacto no trabalho e no consumo e sua relação com a qualidade de vida.
- Analisar propostas de intervenção nos ambientes, considerando as dinâmicas das populações, associando garantia de estabilidade dos ambientes e da qualidade de vida humana a medidas de conservação, recuperação e utilização autosustentável da biodiversidade.
- Analisar diversas possibilidades de geração e condução de energia elétrica para uso social, identificando e comparando as diferentes opções em termos de seus impactos ambiental, social e econômico.

CONTEÚDOS

- · Modelo atômico atual.
- Radiação, suas interações e suas aplicações tecnológicas.
- Princípios fundamentais da eletrostática.
- Conceitos e aplicações de campo e potencial elétricos.
- Diferença de potencial e corrente elétrica.
- Elementos do circuito elétrico: resistor, gerador, receptor, condutor, elementos de controle e de segurança.
- Associação de resistores e geradores.
- · Leis de Ohm.
- · Potência elétrica.
- · Circuitos elétricos simples.
- Introdução ao magnetismo: conceitos, ímãs naturais e artificiais e definição de campo magnético.
- Força de Lorentz.
- · Lei de Àmpere.
- Lei de Faraday e indução eletromagnética.

Figura 1 – CBC para o terceiro ano do Ensino Médio com destaque para os conceitos avaliados nessa pesquisa

Fonte: Adaptado de Espírito Santo (2009).

Na escola Arnulpho Mattos, os currículos dos cursos técnicos diferem conforme o tipo: se for integrado ao Ensino Médio, os cursos possuem três anos letivos da disciplina de Física sendo cada ano letivo é subdividido em três trimestres com carga horária de 26 horas-aula em cada um distribuída em duas aulas por semana. Já os cursos pós-Médio não trabalham o ensino de Física e já partem diretamente para disciplinas específicas dos cursos (E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS, 2012,). A tabela abaixo mostra como a disciplina de Física é trabalhada no terceiro ano dos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio:

Ano letivo	Objetivo	Trimestre	Conteúdo
	Compreender enunciados referentes a códigos e símbolos físicos; Ler e interpretar manuais, tabelas, relações gráficas para a expressão do saber físico; Desenvolver a capacidade de investigação física; Classificar. Sistematizar. Organizar.	1	Carga elétrica; Eletrização; Força eletrostática; Campo elétrico; Campo elétrico de várias cargas; Potencial Elétrico; Trabalho do campo elétrico; Campo elétrico uniforme. Corrente elétrica; Tensão elétrica; Resistores e Lei de Ohm; Associação de resistores;
3º		2	Geradores Elétricos; Circuitos elétricos com geradores reais; Receptores elétricos; Potência dissipada no resistor; Potência e energia elétrica;
		3	Campo magnético; Força magnética; Fontes de campo magnético; Indução eletromagnética; Ondas eletromagnéticas; Física moderna.

Tabela 1 – Currículo básico dos terceiros anos dos cursos integrados ao Ensino Médio Fonte: (E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS, 2012, p.45-46).

1.2.4. AMBIENTE DE APRENDIZAGEM

Nessa seção descreverei "como" o professor envolvido na pesquisa conduziu suas aulas de eletromagnetismo. Os dados foram levantados através de uma conversa informal agendada após a realização da coleta de dados.

O conteúdo selecionado pelo professor de Física contempla a maioria dos temas recomendados pelo PPP. Os temas foram sequenciados na ordem tradicional conforme o apresentado no livro didático que a escola utiliza: Conexões com a física – Volume 3 – Editora Moderna – Autores: Blaidi Sant'Anna, Gloria Martini, Hugo Carneiro Reis e Walter Spinelli. A lista abaixo mostra os temas trabalhados pelo professor nos terceiros anos:

- I- A eletricidade estática: Princípios, processos de eletrização e a carga elétrica;
- II- Lei de Coulomb;
- III- Campo elétrico uniforme;
- IV- Tensão elétrica;
- V- Eletricidade atmosférica;
- VI- Corrente elétrica;
- VII- Energia, potência e efeito Joule;
- VIII- Associação de resistores;
- IX- Os ímãs;
- X- O campo magnético;
- XI- O campo magnético de uma corrente elétrica;
- XII- Força magnética;
- XIII- O fenômeno da indução eletromagnética e o transformador.

As aulas foram ministradas utilizando diversos métodos e recursos pedagógicos com as seguintes dinâmicas:

- Aulas expositivas com a utilização do quadro negro: Introdução aos conceitos e resolução de problemas relacionados. Os alunos participavam ativamente das aulas, pois eram provocados a discutir sobre os temas abordados. O professor utilizava elementos do cotidiano destes estudantes para iniciar as discussões.
- Experimentos com participação dos alunos utilizando instrumentos de ensino: Circuito elétrico com resistores e circuitos elétricos com lâmpadas. Após a experimentação, os alunos foram estimulados a discutir sobre os experimentos.
- Demonstrações de experimentos no formato de exposição e posteriores discussões entre o professor e os alunos e entre os alunos. Foram demonstrados o experimento de Oersted e a produção de energia elétrica a partir de um gerador a manivela, ou seja, a conversão de energia mecânica em energia elétrica.
- Apresentação de vídeos relacionados ao tema "campo magnético" para uma problematização inicial e consequentes discussões a respeito.

- Trabalhos práticos aos alunos: construção de um motor de corrente contínua por um determinado grupo de alunos que cursavam o Técnico em Eletrotécnica. O equipamento foi levado à sala de aula para demonstração aos demais alunos. Após a demonstração houve uma discussão sobre o funcionamento do gerador.
- Seminários com a participação de todos os alunos dos terceiros anos da escola Arnulpho. Os alunos foram agrupados e cada grupo recebeu um tema para abordar: Ondas eletromagnéticas, ressonância magnética, tomografia, raios X, segurança em eletricidade, etc.
- Participação dos alunos na Feira de Ciências promovida pela própria escola. Neste caso o professor auxiliou os alunos na construção de seus projetos visto que na Feira todas as disciplinas científicas e técnicas da escola Arnulpho estavam envolvidas.

Quanto à avaliação dos estudantes, o professor usou provas escritas, trabalhos escritos ou organizados para apresentação oral (seminários e a participação na Feira de Ciências) e também lista de exercícios. A nota de cada trimestre era composta pelos resultados obtidos pelos alunos em três avaliações: Um teste com questões fechadas e abertas valendo 30% da nota total, uma lista de exercício também valendo 30% e um trabalho, escrito ou organizado para apresentação oral, valendo os demais 40%. Vale destacar que o próprio instrumento que produzimos nesta pesquisa foi utilizado para a composição da nota do último trimestre de 2012 a pedido do professor a fim de estimular os estudantes pesquisados.

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1. CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS E MODELOS MENTAIS

Vamos iniciar nossa discussão trazendo a interpretação de Anderberg (2000 apud COELHO, 2011) para a palavra concepção. Segundo o autor a concepção pode ser entendida como "conteúdos de pensamento que dão significado a um referencial intencionado" ou ainda como os "resultados de uma relação qualitativa entre o indivíduo e o fenômeno a ser explorado" (ANDERBERG, 2000 apud COELHO, 2011, p.22). Já em relação ao termo "concepções alternativas", Coelho (2011), sinaliza que pode ser

entendido como concepções que representam entendimentos parciais ou incompletos com relação às acepções científicas de um determinado conceito que as pessoas usam para dar significado ao mundo.

Existe um consenso entre pesquisadores sobre a dificuldade de aprendizagem pelos estudantes de conceitos do eletromagnetismo (MALONEY et al., 2000). Um dos prováveis motivos é de que o eletromagnetismo exige um nível de abstração maior por parte dos estudantes, diferente de Mecânica (MALONEY et al., 2000). Existe uma série de estudos, que se iniciaram na década de 70, para mapear e interpretar o entendimento dos estudantes sobre temas científicos que são ensinados nas escolas de Educação Básica ou em Universidades, como, por exemplo, o eletromagnetismo (COELHO, 2011).

Um desses estudos foi o CSEM (Conceptual Survey of Electricity and Magnetism) realizados por Maloney et al. (2000). Nesta pesquisa foi construído um instrumento no formato de questionário com 32 itens de múltipla escolha. A partir da análise dos resultados obtidos foi possível detectar uma série de dificuldades que os estudantes têm na aprendizagem neste domínio da física. Segundo esses autores, os professores de Física sentem que têm pouco tempo para se dedicarem à avaliação dos conhecimentos dos alunos e instrumentos, como o que eles construíram, tocariam em conceitos importantes do eletromagnetismo dos estudantes. Para eles, os resultados podem ser usados como base de conhecimento para comparar diferentes cursos universitários que tem o eletromagnetismo como disciplina, além de dar aos professores de física, dados que servem para suas reflexões a respeito do currículo e a metodologia de ensino empregado nas salas de aulas (MALONEY et al., 2000).

Outro estudo foi de Planinic (2006), que também usou a abordagem CSEM em sua pesquisa, porém a análise dos dados utilizou o tratamento *Rasch*. Numa seção posterior será discutido este tratamento, pois nesta pesquisa também foi utilizado este mesmo tratamento. Um questionário foi aplicado a 110 estudantes da Universidade de Zagreb na Croácia. O autor reafirma a importância de avaliar os estudantes para diagnosticar as dificuldades que esse tem nesse domínio da Física. Planinic constatou que praticamente as mesmas dificuldades encontradas nos estudantes americanos pesquisados por Maloney et al. (2000), também foram encontrados nos estudantes croatas e assim como

concluíram esses autores, Planinic (2006) assumiu a importância da pesquisa para a melhoria da relação ensino-aprendizagem.

Entretanto, nos últimos anos houve um crescente interesse na pesquisa de modelos, analogias e modelos mentais. Tal fato se deve ao esgotamento do programa de pesquisas de concepções alternativas e para a necessidade de "[...] encontrar novos instrumentos para superar as conhecidas dificuldades de se ensinar e aprender Ciências" (BORGES, 1998). Existe um consenso de pesquisadores da área de ensino de que o aprendizado depende daquilo que já conhecemos. A analogia é empregada pelos estudantes na tentativa de compreender algo novo. Os estudantes comparam com aquilo que ele conhece, fazendo uma analogia, para tentar entender o novo. "Analogias são, portanto, ferramentas para o raciocínio e para a explicação" (JOHNSON-LAIRD, 1989 apud BORGES, 1998). Borges (1998) define o modelo analógico como uma representação de um objeto ou uma ideia e implica na existência de uma correspondência estrutural entre sistemas distintos. O conhecimento prévio de um estudante, por exemplo, é o primeiro sistema e é a fonte da analogia. Para Borges (1998), o sistema desconhecido, que alguém tenta compreender por meio da analogia é o alvo. A figura abaixo representa esta relação esquemática:

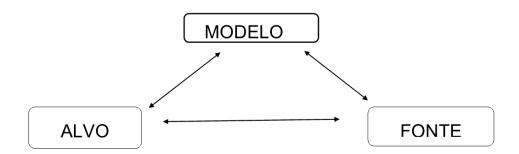


Figura 3 – Relação esquemática entre modelo, sistema fonte e sistema alvo

Fonte: (BORGES, 1998, p.8)

Borges (1998) classifica as analogias em analogia formal e analogia material:

Numa analogia material é o conjunto de entidades e propriedades que descrevem o sistema fonte que serve de base para a compreensão do sistema alvo. Numa analogia formal é uma estrutura abstrata de relações que serve de modelo para entender o domínio não familiar. A estrutura relacional que descreve o sistema

fonte permite-nos construir uma representação para compreender o sistema desconhecido (BORGES, 1998, p.8-9).

Segundo Borges (1998), não existem consenso na definição de modelo mental. Ao longo do artigo, Borges expõe diversas definições retiradas da literatura em diversas áreas de estudo, entretanto existe consenso quanto ao fato de modelos mentais serem inacurados, incompletos e instáveis, o que torna o estudo deles difíceis:

[...] a pesquisa sobre modelos mentais suporta tanto a ideia de um modelo como um todo coerente e sistemático, bem como a ideia de que o usuário pode manter múltiplas representações de um mesmo sistema, e usá-las de maneira aparentemente incoerente (BORGES, 1998, p.13).

Para Borges (1998), um modelo mental é o conhecimento sobre uma determinada questão ou domínio que usamos para pensar sobre eles por meio de uma simulação mental. A inferência que alguém faz sobre um determinado tema depende do modelo adotado por este indivíduo. Aprender, usando essa abordagem, para Borges, 1998, implica em construir modelos mentais mais produtivos para pensar e falar sobre um sistema. Em uma análise de estudos de concepções de estudantes, apontou-se que existe uma tendência na evolução de tais concepções (DRIVER et al., 1994 apud BORGES, 1998). Para Borges (1998), uma similar progressão deve ocorrer utilizando a abordagem dos modelos mentais.

2.2. MODELOS MENTAIS EM ELETROMAGNETISMO

Nesta pesquisa seguiremos a abordagem dos modelos mentais, nos baseando nos estudos de Borges (1998). Em um estudo sobre modelos mentais de eletromagnetismo, Borges (1998), criou um instrumento que foi capaz de captar modelos mentais a partir daquilo que um modelo qualquer pode responder: Como é o sistema? Como funciona? O que faz? E para que serve? Este instrumento consistia em diversas situações problemas que sujeitos com diferentes experiências/conhecimentos sobre o tema eletromagnetismo¹, tinham que resolver. Alguns dos principais modelos encontrados pelo autor estão

_

¹ Os sujeitos da pesquisa eram compostos técnicos em eletricidade, estudantes do 1º ano e do 3º ano do Ensino Médio, estudantes de um curso técnico, engenheiros e professores de física.

sistematizados, ordenados de um Modelo Mental menos sofisticado ao mais sofisticado, nas tabelas a seguir:

- Modelos de magnetismo:

Magnetismo como atração

Tal modelo consiste de conhecimento prático ou fenomenal de que ímãs atraem objetos próximos e que isso é uma propriedade intrínseca deles. As pessoas que usam tal modelo não mencionam entidades ou mecanismos para explicar os fenômenos magnéticos. Elas apelam para atributos internos dos ímãs ou dos objetos que são atraídos, por exemplo, a "energia" ou a "força" do ímã. Tais pessoas não distinguem atração magnética de repulsão, nem reconhecem a existência de polos nos ímãs.

Magnetismo como nuvem (ou área de influência)

Tal modelo acrescenta que a ação dos ímãs se manifesta dentro de uma região limitada de influência. Objetos dentro daquela região são atraídos, enquanto que objetos que não são atraídos estão fora do alcance do ímã, isto é, do "campo magnético". Tais pessoas referem-se ao padrão de limalha de ferro espalhada em torno de um ímã como o campo magnético dele. O magnetismo é causado pela organização interna dos átomos e moléculas segundo arranjos especiais - um objeto está magnetizado quando seus átomos estão ordenados. O campo magnético é descrito como uma nuvem ou como uma atmosfera envolvendo os corpos magnetizados. Embora as pessoas falem em polos magnéticos, eles não entram nas suas explicações.

Magnetismo como eletricidade

Inclui mecanismos para explicar a atração magnética, baseado em cargas elétricas. O magnetismo é devido à atração entre cargas opostas. Os polos são regiões que contém cargas opostas - positiva ou prótons em um deles e negativa ou elétrons no outro. A fonte desse modelo é a noção de um corpo eletrificado e seu propósito é o de explicar a existência de polos distintos nos objetos magnetizados e a indução de magnetismo em certos objetos. Leva à predição de que todos os condutores elétricos são atraídos por um ímã, embora alguns saibam por experiência que certos metais não são atraídos.

Magnetismo como polarização elétrica

Trata-se de um refinamento do modelo anterior. Os fenômenos magnéticos são explicados supondo-se que ocorre uma separação de cargas elétricas nos objetos envolvidos, dando origem aos polos. Nos ímãs isso é permanente, enquanto que em objetos metálicos tal "imantação" é temporária. Em geral, supõe-se que o campo magnético atua sobre os átomos ou moléculas girando-os de modo que se alinhem com o campo. Com isso formam-se camadas alternadas de carga positiva e negativa. Isso é difícil de ser feito em determinados materiais, mas campos magnéticos intensos poderiam atrair metais como cobre e alumínio, tal como acontece no caso elétrico, em

	que materiais não condutores podem tornar-se condutores na presença de um cam							
	suficientemente intenso.							
Científico	A interação direta entre polos é substituída pela ação do campo. O magnetismo existe a							
	nível microscópico como resultado do movimento de cargas elétricas ou devido à							
	existência de ímãs elementares. Muitas vezes o modelo não é completamente							
	estruturado, porque não é claro como ocorre interação entre o campo e os átomos de							
	um material, especialmente para os estudantes. É importante ter em mente que modelos							
	mentais não são estruturas acabadas, claras e coerentes. A ideia de micro-correntes							
	circulando dentro dos ímãs e materiais ferromagnéticos é a causa mais frequentemente							
	citada para a existência de magnetismo.							

Tabela 3 – Modelos de magnetismo

Fonte: Borges (1998)

- Modelos de eletromagnetismo:

Fusão entre	Trata-se de um conjunto de noções que não distinguem fenômenos elétricos de						
Eletricidade e	magnéticos. O núcleo do eletroímã é, normalmente, tomado como sendo um ímã e é						
Magnetismo	necessário para que o eletroímã funcione. As pessoas nesse grupo enfrentam muitas						
	dificuldades para fazer previsões e explicar o seu comportamento do eletroímã e,						
	frequentemente, ocorrem contradições entre suas previsões e os resultados dos						
	experimentos. Suas respostas são redescrições dos eventos observados. Talvez fosse						
	melhor chamar a este grupo de sem modelo, visto que este conjunto de noções não						
	constitui um modelo no sentido usado neste trabalho. Entretanto, como o objetivo é						
	estudar como os modelos individuais evoluem, preferimos considerá-lo como um proto-						
	modelo inicial.						
Eletricidade	O eletroímã também só funciona quando tem um núcleo que se magnetiza quando uma						
no Núcleo	corrente elétrica circula por ele, ou quando a polaridade da pilha é transferida para o						
	núcleo, encostando-o nos terminais da pilha. O outro processo de produção de						
	magnetismo envolve uma corrente circulando pelo núcleo. Portanto, o núcleo deve ser						
	condutor elétrico e deve haver contato elétrico entre o fio do enrolamento e o núcleo.						
	Um eletroímã feito com fio encapado não deve funcionar. Para explicar a magnetização						
	residual do núcleo, as pessoas supõem que um resto de corrente ainda circula depois						
	que a pilha é desligada do circuito, como a água que fica numa mangueira quando se						
	fecha a torneira.						
Modelo	É caracterizado pela ideia de que uma corrente elétrica sempre cria um campo						

Científico ou	magnético em torno do condutor: o eletroímã é visto como um ímã temporário, que pode					
Eletrodinâmico	ser controlado através da corrente, mesmo quando não há um núcleo sólido ou quando					
	ele não conduz eletricidade. As pessoas que usam tal modelo explicam sem problemas					
	o seu funcionamento e comportamento.					

Tabela 4 – Modelos de eletromagnetismo

Fonte: Borges (1998)

2.3. TRATAMENTO RASCH E A CONSTRUÇÃO DE MEDIDAS

É de suma importância analisar e avaliar a qualidade de qualquer instrumento de coleta de dados. O Tratamento *Rasch* pode fornecer informações preciosas tanto do instrumento como um todo como também de cada item desses, além de fornecer informações sobre o entendimento dos estudantes que foram submetidos ao instrumento de coleta de dados (PLANINIC, 2006; COELHO, 2011).

A teoria de mensuração refere-se a um conjunto de regras, ideias e técnicas para qualificar alguns aspectos importantes de um objeto qualquer. A intenção é fazer inferências com base nas medidas, mas é preciso separar a medição da análise de dados. Não importa se medimos para simplesmente recolher e apresentar os dados ou se utilizamos os dados para outros fins mais objetivos (MEAD, 2008). "No contexto educacional, a construção de uma régua é algo mais complicado por lidar com a complexidade humana e por lidar com construtos que não são diretamente observáveis" (COELHO, 2011, p.33).

Para Cunha (2007), é possível definir construtos e analisar os funcionamentos da mente usando a teoria de mensuração para fundamentar e legitimar as escalas e fundamentos da estatística para dar consistência matemática aos instrumentos. Programas computacionais são desenvolvidos para possibilitar cálculos de diferentes complexidades. Este autor nos informa ainda que existem duas teorias em se tratando de medição: TCI – Teoria Clássica dos testes e a TRI – Teoria da Resposta ao item. Os modelos *Rasch* são considerados como os principais componentes do TRI (CUNHA, 2007). A partir da perspectiva *Rasch*, as soluções para muitos problemas de medições inquietantes são obvias e computacionalmente triviais, desde que o instrumento seja adequado. Esta simplicidade é ponto forte do tratamento *Rasch* (MEAD, 2008).

Georg Rasch desenvolveu um modelo matemático probabilístico baseado na interação entre o objeto a ser medido (entendimento, competência, habilidades, etc.) e o agente de medida (teste, questionário, etc.). Os modelos *Rasch* usam dados observáveis de forma qualitativa para construir medidas intervalares de grandezas não observáveis como o parâmetro de um indivíduo e o parâmetro do item produzido, dessa forma, faz medidas comparáveis (WRIGHT e LINACRE, 1989 apud COELHO, 2011).

Como temos o propósito de validar instrumentos para analisar o entendimento dos estudantes dos conceitos do eletromagnetismo, informações sobre os parâmetros dos itens e as estatísticas fornecidas pela análise Rasch serão utilizados para atender a esse propósito. Os modelos da família Rasch são utilizados para examinar especialmente a hierarquia entre as performances das pessoas ou dos itens que compõem um teste, apresentando em uma mesma escala logit, a proficiência das pessoas e a estimativa para a dificuldade dos itens. Esses modelos convertem uma escala ordinal em uma escala intervalar produzindo medidas comparáveis. Outro fator associado à natureza desses modelos é que eles obedecem ao princípio da objetividade específica. Segundo esse princípio é possível você comparar a proficiência das pessoas sem fazer referência aos itens, da mesma forma é possível analisar os itens sem se referir à proficiência das pessoas (MEAD, 2008).

O mais familiar dos modelos da família Rasch é o modelo para a análise de dados dicotômicos. A formulação do modelo Rasch para a análise desse tipo de dado pode ser expressa através da função:

$$P_{ni}\{x_{ni} = 1/\beta_n, \theta_i\} = \frac{e^{\beta_n - \theta_i}}{1 + e^{\beta_n - \theta_i}}$$

Onde $P_{ni}\{x_{ni}=1/\beta_n,\theta_i\}$ é a probabilidade da pessoa n obter escore x = 1 no item i, dados a habilidade da pessoa β_n e a dificuldade do item θ_i . Essa probabilidade é igual à base do logaritmo natural (e = 2,7183...) elevada à diferença entre β_n e θ_i e dividida pelo mesmo valor somado à unidade. É importante notar que a probabilidade de uma pessoa n acertar ou não um item i, depende da diferença entre a habilidade da pessoa β_n (considerada como a qualidade que está sendo medida pelos itens) e a dificuldade do item θ_i .

Outros dois pontos fortes da modelagem *Rasch* são a unidimensionalidade, quando há somente uma dimensão medida pelo conjunto total dos itens; e a independência local dos itens, ou da objetividade específica. Fazendo ajustes no instrumento é possível atingir bons parâmetros quanto a estes pontos (MEAD, 2008; COELHO 2011). Este tratamento será discutido em seção posterior.

3. DELINEAMENTO METODOLÓGICO

3.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

3.1.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver e validar um instrumento para avaliar o entendimento conceitual dos estudantes em eletromagnetismo.

3.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o entendimento dos estudantes do Ensino Médio nos conceitos de eletromagnetismo.
- Interpretar os conceitos que apresentam maior complexidade de entendimento dos estudantes.

3.2. SUJEITOS DA PESQUISA

Foram voluntários da pesquisa, 36 alunos do 4º ano do curso Técnico em Eletrotécnica integrado ao Ensino médio e outros 20 alunos do 3º ano do curso Técnico em Mecânica integrado ao Ensino Médio, totalizando 56 estudantes do turno Noturno da Escola Estadual Arnulpho Mattos. Como voluntários, os alunos assinaram o termo de consentimento livre contendo esclarecimentos quanto ao teor da pesquisa, em duas vias sendo que uma delas foi entregue a cada estudante. Os aspectos gerais da pesquisa presentes no termo também foram informados pelo professor de Física antes da aplicação do instrumento. O instrumento foi aplicado no 3º trimestre do ano letivo de 2012 no mês de Setembro.

A escolha do professor e da escola foi devido a uma conversa informal com o professor que nos informou que os alunos do 4º ano de Eletrotécnica já haviam cursados os conteúdos de eletromagnetismo no ano anterior (2011) e que os do 3º ano de Mecânica já tinham visto a maioria do conteúdo e que os mesmo estavam ainda cursando os conteúdos. O fato dos cursos serem técnicos nos incentivou ainda mais na escolha visto que poderíamos investigar se os alunos do curso de Eletrotécnica, por terem matérias técnicas em que fundamentos do eletromagnetismo são utilizados, teriam maior facilidade de aprender os conceitos do eletromagnetismo, do que os alunos do curso de Mecânica. Para ter esta conversa informal com o professor recorremos a contatos dos estudantes do curso de Licenciatura de Física que fazem estágios nas escolas da rede pública estadual. Vale ressaltar que a escola selecionada foi a segunda da minha lista de prioridade. A primeira escola que tentei me inserir para fazer a pesquisa, isso foi em Setembro de 2012, não havia nem chegado aos conteúdos de eletromagnetismo e em conversa com o professor desta escola, fui informado que, infelizmente, talvez os conteúdos não fossem abordados. A direção da escola Arnulpho Mattos autorizou devidamente a realização da pesquisa.

3.3. INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Como já mencionado anteriormente, a construção de instrumentos à mensuração educacional é muito importante para estabelecer reflexões dos educadores sobre suas ações pedagógicas. Para Raymundo (2009), com a experiência de pesquisadores que se dedicaram à construção de tais instrumentos, foi possível estabelecer três princípios no que se refere à construção desses instrumentos:

O primeiro princípio diz que a medida do desempenho escolar é fundamental para uma educação eficiente; o segundo afirma que os instrumentos de medida facilitam as observações que o professor faz do desempenho do aluno. O terceiro diz que todos os objetivos educacionais importantes podem ser mensurados (p.87).

Mas para atingir estes objetivos o construtor desses instrumentos deve minimizar a possibilidade de julgamentos subjetivos além de transformar um teste num instrumento hábil, com objetivos de verificação e avaliação. Para tanto, é importante que o instrumento possua dois requisitos básicos: a fidedignidade e a validade (RAYMUNDO, 2009).

A construção de um teste que utiliza medidas psicométricas "[...] só é possível devido à acessibilidade a computadores e a pacotes estatísticos" (RAYMUNDO, 2009, p.89). É o caso de nossa pesquisa, pois envolve tais medidas e a análise de dados foi feita utilizando um programa computacional que foi construído utilizando cálculos matemáticos probabilísticos. Para Kline, (1995 apud RAYMUNDO, 2009), a construção de um teste segue a sequência apresentada abaixo:

- 1. Fundamentação teórica do teste: momento em que se realiza uma revisão bibliográfica cuidadosa sobre o objeto que se deseja avaliar e também estudos exploratórios, especialmente quando a literatura técnica não possui uma produção suficiente para fundamentar a formulação de itens;
- 2. Formulação de itens do teste: aqui se elabora um número de itens superior ao que se espera obter nas escalas que comporão o teste;
- 3. Análise preliminar de dificuldade de itens: emprego da técnica de juízes;
- 4. Análise da fidedignidade: busca-se verificar a consistência interna do teste;
- 5. Validação do conjunto final de itens do teste para demonstrar que o fator não é apenas uma abstração aleatória, mas um construto que permite uma compreensão do objeto em análise;
- 6. Padronização: momento em que se descreve o processo de aplicação, avaliação e interpretação do teste. Kline alerta para o fato de que o número de itens em um teste não deve ser tão grande que venha a aborrecer os sujeitos e propõe que a aplicação não ultrapasse uma hora para sujeitos adultos (p.89).

A construção dos instrumentos desta pesquisa procurou seguir as recomendações acima e foi construído em forma de um teste com questões que enfocam os principais conceitos e diversas concepções alternativas e modelos mentais em Eletromagnetismo amplamente difundidas na literatura educacional. Foram gerados dois testes a partir de um banco de quarenta itens (apêndice 1 – Instrumento Avaliativo) sendo que cada item é vinculado a uma questão que apresenta uma situação problema em eletromagnetismo. Cada questão vem seguida de dois a seis itens. Questões de vestibular e do ENEM foram adaptadas para a criação deste banco, visto que estas questões, que desenvolvidas para os devidos objetivos, já passaram por algum processo de validação e verificação de fidedignidade. Um teste foi aplicado na turma do 4º ano do curso técnico em eletrotécnica e outro na turma de 3º ano do curso técnico em mecânica, ambos de uma escola técnica estadual localizada no bairro República do município de Vitória – ES.

Esse tipo de pesquisa exige uma intervenção no ambiente de ensino, entretanto com o intuito de manter a validade ecológica do ambiente de aprendizagem, procuramos intervir o mínimo possível.. Utilizamos nesta pesquisa um teste com questões cujas saídas eram dicotômicas em que o acerto foi o julgamento correto, por parte do estudante, sobre a veracidade (V) ou a falsidade (F) da proposição de cada item. A construção de testes padronizados com itens fechados é uma metodologia bem conhecida e razoavelmente simples e seguirá os padrões clássicos desse desenvolvimento como os propostos por Borges, Borges e Talim (2007) e Fernandes e Talim (2009).

Vale ressaltar ainda que os estudantes foram incentivados a participar da pesquisa, pois os testes aplicados geraram uma nota que posteriormente foi incorporado à média trimestral. Segundo Raymundo (2009):

Os fatores relativos ao examinando referem-se principalmente à motivação (testes realizados por examinandos motivados possuem fidedignidade alta), à compreensão das instruções (se as instruções não são claras e o examinando não compreende o que se pede, o grau de precisão das respostas é baixo e a fidedignidade do instrumento também) e às características do respondente (conhecimento, aptidões, reações emocionais, esforço e sorte na seleção de respostas através da "adivinhação" podem alterar a fidedignidade do teste) (p.89).

A criação do instrumento levou em considerações essas recomendações conforme testes em anexo.

3.4. VALIDAÇÃO DO INSTRUMENTO

Para Raymundo (2009), a validação é o processo de examinar a precisão de uma determinada predição ou inferência realizada a partir dos resultados de um teste. Se valida não propriamente o teste em si, mas a interpretação dos dados decorrentes de um procedimento específico. A validação inicia-se desde o momento que o mesmo é idealizado e prossegue durante todas as etapas até a interpretação dos resultados. Existem três aspectos da validade que correspondem aos objetivos de um teste: 1) Validade de conteúdo. 2) Validade de critério. 3) Validade de construto.

Para esta autora, a validade de conteúdo refere-se ao julgamento sobre o instrumento. Neste aspecto o instrumento é julgado se realmente ele cobre os diferentes aspectos do seu objetivo, não desviando deste. A finalidade da validade de critério é verificar se o instrumento é capaz de identificar os itens que são efetivamente melhores para uma determinada atividade, ou seja, se o instrumento é capaz de ordenar adequadamente de acordo com o fim. Já a validade de construto possibilita determinar qual a característica educacional que explica a variância (medida de dispersão dos resultados em relação à média) do teste ou, então, qual o significado do teste. Em outras palavras: Será que o instrumento realmente mede aquilo que se propõe a medir? "A validação de construto não se limita a validar um teste; o seu alcance é bem mais amplo, centrando-se o seu objetivo na validação da teoria em que se apoiou a construção do instrumento" (RAYMUNDO, 2009, p88).

Para a validação dos instrumentos desta pesquisa, procuramos manter as definições apresentadas no parágrafo anterior como critérios. A validação do conteúdo, segundo Raymundo (2009), não pode ser determinada estatisticamente e pode ser resultado do julgamento de especialistas. A validação do conteúdo foi realizada juntamente com o Orientador desta pesquisa e com o professor de Física da instituição onde a pesquisa foi realizada. O instrumento em forma de teste foi levado à escola Arnulpho Mattos em data pré-definida para o julgamento. Neste encontro foram selecionados os itens do teste que foram posteriormente aplicados aos estudantes da escola. Resultou em dois testes diferentes visto que, como já mencionado em seção anterior, as turmas tinham suas especificidades.

Já a validade de critério e de construto foi realizada mediante o tratamento *Rasch*. Concordamos com Molenaar e Hoijtink (1996) quando eles afirmam que os modelos Rasch oferecerem os melhores métodos de ajuste e apresentam-se de uma forma bem simples, pois leva em consideração somente o escore dos sujeitos ao responderem a um teste e o escore de cada um dos itens que compõe o teste. Por isso, adotou-se como critério para a validação dos instrumentos de medida a análise das estatísticas resultantes do modelamento Rasch, principalmente, o ajuste dos itens e a unidimensionalidade do instrumento.

Segundo Coelho (2011) uma estratégia utilizada para avaliar a qualidade de um instrumento é a analise da unidimensionalidade. A unidimensionalidade é desejável em uma escala, pois a análise da proficiência do sujeito e da dificuldade do item só faz sentido se avaliamos um único atributo ou uma única dimensão latente. Por isso, quando analisamos a unidimensionalidade do instrumento, estamos interpretando se o instrumento passa pelo critério de validade de construto. Por outro lado, Linacre (2009) chama atenção para o fato da unidimensionalidade não ser perfeita. Esse fato pode ser explicado pelas diversas variáveis cognitivas, motivacionais e emocionais que podem influenciar no resultado de um teste. Dessa forma, para falarmos sobre a dimensionalidade de uma escala devemos remeter a grau (intensidade) de unidimensionalidade.

3.5. METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS

Para o tratamento dos dados pelo modelo *Rasch*, foi necessário adaptar as questões para que estas fossem analisadas. Então foi gerada uma matriz binária a partir dos resultados, com os valores de Verdadeiro (1) e Falso (0). A matriz cruza as respostas de cada aluno com as questões dos instrumentos. Inicialmente são geradas duas matrizes, uma para cada teste aplicado. Uma equalização é realizada para que os resultados das duas turmas fechassem em uma única matriz binária sendo que essa foi o que passou pelo tratamento *Rasch*. A equalização foi necessária, pois os testes eram diferentes. O teste aplicado na turma de Eletrotécnica abrangia um conteúdo maior de eletromagnetismo do que o aplicado à turma de Mecânica, pois a turma de Eletrotécnica já tinha visto todo o conteúdo dessa temática no ano anterior à pesquisa e os alunos da turma de Mecânica não tinham visto a indução eletromagnética. Logo todos os itens que tinham esse tema forma tirados do teste da turma de Mecânica. A equalização consistiu em unificar os dois testes de modo que os itens ausentes, da comparação entre os dois testes, fossem inseridos para receberem o tratamento estatístico de forma a obter resultados para a comparação das proficiências dos estudantes dos dois cursos.

Utilizamos nesta pesquisa o programa computacional WINSTEPS, pois este, segundo Linacre e Wright (2000), geram os escores de um tratamento *Rasch.* Os resultados obtidos após o tratamento vêm em forma de estimativas para a proficiência dos estudantes, a complexidade dos itens e as estatísticas de ajuste para interpretarmos os

critérios de validade de construto, validade de critério, fidedignidade e unidimensionalidade dos instrumentos (COELHO, 2011). A partir das estimativas geradas, podemos de forma objetiva descrever os resultados dos testes para todos os alunos, individualmente e também analisar as questões por conceito eletromagnético explorado.

A dimensionalidade de uma escala ou instrumento pode ser verificada a partir da interpretação de duas estatísticas de ajuste e a análise da variância dos dados. Se apenas um fator fosse responsável pelos resultados em um teste, então esse fator explicaria 100% da variância observada, mas isso é praticamente impossível. Por isso, para verificar a unidimensionalidade da escala devemos verificar se a primeira dimensão (dimensão Rasch) explica a maior parte da variância nos dados. Linacre (2009) sugere que para garantir a unidimensionalidade da escala, a variância explicada na primeira dimensão seja maior que 50% (R² > 0,50).

Analisar a Variância significa avaliar a dimensionalidade da escala do instrumento. A unidimensionalidade é uma propriedade fundamental que as escalas devem apresentar, pois elas sinalizam para em que proporção o construto que nos propomos a investigar em uma pesquisa está presente na escala (e consequentemente no instrumento que gerou a escala). Não podemos pensar que o construto que pretendemos investigar coresponderá a 100% da variância dos dados (nas pesquisas educacionais, por exemplo, outros fatores são inerentes ao processo de avaliação), mas podemos pensar em "grau" de unidimensionalidade. Algumas estatísticas resultantes do tratamento Rasch nos permite fazer inferência sobre a unidimensionalidade da escala.

Para interpretarmos a unidimensionalidade da escala e, consequentemente, do instrumento que a gerou, interpretaremos a tabela 23 gerada pelo software WINSTEPS. Nessa tabela, são estimados os valores para a variância "Empírica" e "Modelada" e para Coelho (2011) é desejável que esses valores estejam próximos. Depois analisaremos a Tabela 3.1 do WINSTEPS que descreve um destes testes: a estatística RMSE (Root Mean Square standard Error). RMSE é a raiz quadrada do erro médio da variância calculada para as medidas dos sujeitos (competências) e para as medidas dos itens (dificuldade). Esta estatística é composta de duas parcelas: Modelada RMSE e Real RMSE. É desejável que os seus valores sejam aproximadamente iguais. Isto demonstra

que divergência nos dados tem pouco efeito na precisão global das medidas (Linacre, comunicação pessoal, 22/02/2010).

Através da estatística INFIT/MNSQ utilizada pelo WINSTEPS é possível analisar a qualidade psicométrica dos itens ou em outras palavras ajustar os itens ao modelo. Segundo Linacre (2009), para esse ajuste, os valores encontrados entre 0.5 e 1.5 são considerados aceitáveis para a confiabilidade das medidas. Coelho (2011) sinaliza que o MNSQ corresponde à significância da qualidade dos itens do instrumento e considera o valor unitário como o de um ajuste perfeito do item ao modelo. Podemos também analisar a complexidade dos conceitos transportados aos itens interpretando o parâmetro de dificuldade desses, e medir a proficiências dos estudantes através do parâmetro das pessoas.

4. ANÁLISES, RESULTADOS E DISCUSSÕES.

4.1. O AJUSTE DOS ITENS AO MODELO

Ao conduzir a análise Rasch, verificaremos inicialmente à estatística de ajuste dos itens ao modelo. Essa estatística inclui uma análise denominada INFIT, que segundo Borges e Mendes (2007) é uma estatística mais sensível aos comportamentos desviantes que afetam os itens próximos do nível medido de atitude do indivíduo e também é a estatística mais relevante para analisar a qualidade dos itens.

Para Coelho (2011), essa análise é baseada na variação entre o padrão de resposta observada e o padrão de resposta esperado pelo modelo desenvolvido. A importância de realizar essa análise é que ela determina a consistência da medida realizada, ou ainda podemos dizer que ela determina o ajuste dos itens ao modelo. O MNSQ é a média quadrática da estatística INFIT e determina a significância da análise. Se os valores encontrados nessa estatística não estão no intervalo de confiança desejável, uma revisão no modelo deve ser realizada, antes de estimar seus parâmetros. Na figura abaixo destacamos a coluna INFIT/MNSQ.

A área destacada no retângulo azul mostra os valores para a qualidade psicométrica dos itens. A ordem em que se apresentam os itens do teste está em função da complexidade.

Na última coluna podemos ver essa ordenação que vai do item 35, o mais complexo, ao item 5, o menos complexo. Todos os valores estão entre 0.5 e 1.5, portanto dentro das especificações. Para Coelho (2011), o MSQN corresponde à significância da qualidade dos itens do instrumento. O valor igual a 1significa que o ajuste do item ao modelo foi perfeito. Entretanto, não se pode esperar que todos os itens fiquem perfeitamente ajustados. Esse fato pode ser verificado na tabela abaixo, onde se observa que todos os itens estão próximos a 1, significando que todos os itens estão bem ajustados ao modelo e que as medidas são consistentes e confiáveis.

TABLE 13.1 análise dados winsteps.xls ZOU103WS.TXT Nov 28 19:04 2012 INPUT: 53 PERSON 36 ITEM MEASURED: 53 PERSON 36 ITEM 72 CATS WINSTEPS 3.69.1.14

PERSON: REAL SEP.: .00 REL.: .00 ... ITEM: REAL SEP.: 2.21 REL.: .83

ITEM STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	MEASURE	MODEL IN S.E. MNSQ	JFIT OUT ZSTD MNSQ	FIT PT-I ZSTD CORI	MEASURE R. EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	ITEM	G
15 35 27 30 10 17 12 25 32 19 31 20 23 33 29 34 7 14 36 31 21 28 32 4 21 21 28 32 32 33 34 31 31 31 31 31 31 31 31 31 31 31 31 31	13 9 15 10 16 16 19 13 20 14 22 23 18 19 11 32 21 33 33 33 36 37 37 38 40 42 44 47 19	53 53 53 53 53 53 53 53 53 53	1.47 1.39 1.27 1.24 1.17 1.17 1.06 .91 .83 .82 .70 .66 .58 .19 .060313203947475766 -1.08 -1.25 -1.33 -1.61 -2.83	.32 1.00 .40 .98 .31 1.10 .38 1.02 .30 1.01 .30 .92 .50 .88 .29 1.00 .36 .99 .28 1.07 .28 1.06 .36 .98 .36 .98 .36 .98 .36 .98 .37 .97 .29 .93 .29 .93 .30 1.01 .30 .90 .30 1.04 .31 1.05 .49 1.12 .32 1.03 .34 1.00 .56 .97 .37 .97	.1 1.00 .0 .96 .8 1.14 .2 1.02 6 .89 5 .86 .1 1.02 -1.2 .88 1.0 1.09 1 .99 1 .99 2 .97 3 .97 2 .98 2 .97 2 .98 2 .97 2 .98 2 .97 3 .97 2 .98 1 1.01 9 .91 1 .00 1 .00 1 .98 .4 1.06 .4 1.08 .6 1.22 .3 1.09 .1 .97 .0 .98 .1 .97 .0 .98 .1 .97 .0 .98 .1 .97 .0 .98 .1 .97 .0 .98 .1 .97 .0 .98 .1 .97 .1 .9	1 92.1762201599462224204112815505012444 1	48 .18 01 .19 21 .19 12 .19 03 .19 05 .20 25 .19 32 .18 24 .18 24 .19 25 .19 26 .18 37 .19 29 .18 20 .18 42 .18 42 .18 04 .17	75.5 72.7 71.7 69.8 69.8 69.8 70.0 67.9 72.7 54.7 63.6 65.6 66.6 65.6 66.6 67.9 67.9 69.8 69.8 69.8 69.8 69.8 69.8 69.8 69	75.6 72.7 79.8 79.8 79.8 79.8 79.8 79.8 79.8 79	19 3927a 31 347b 13 21 15 29 3624b 23 3523a 24 27 3725c 337a 4028b 17 4 28 20 25 32 26 12 8 3 30 6 2 14 5	000000000000000000000000000000000000000
MEAN S.D.	23.7 10.8	43.1 13.1	.00 .97	.37 .99 .14 .05	.0 .99 .5 .08	.0 .5		68.7 8.9	68.6 8.1		

Figura 5 – Tabela gerada pelo WINSTEPS apresentando o INFIT/ MNSQ e a complexidade dos itens.

4.2. AJUSTE DAS PESSOAS AO MODELO

Na coluna "PERSON" da figura abaixo mostra uma ordem decrescente do nível de entendimento dos estudantes avaliados na pesquisa. Indica que o estudante "ELE05" teve mais acertos que os demais. Os estudantes numerados com as iniciais "ELE" são do curso Técnico em Eletrotécnica e aqueles que se iniciam com "MEC" são do curso

Técnico em Mecânica. Como já mencionado em seção anterior, foram aplicados dois teste diferentes, um para cada curso técnico. Os resultados foram colocados, após alguns ajustes, em uma única planilha de dados dicotômicos num processo definido como equalização. Assim é possível analisar os dados considerando todos os estudantes.

TABLE 17.1 análise dados winsteps.xls ZOU103WS.TXT Nov 28 19:04 2012 INPUT: 53 PERSON 36 ITEM MEASURED: 53 PERSON 36 ITEM 72 CATS WINSTEPS 3.69.1.14

PERSON: REAL SEP.: .00 REL.: .00 ... ITEM: REAL SEP.: 2.21 REL.: .83

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

Figura 6 – Tabela gerada pelo WINSTEPS com o ajuste das pessoas ao modelo

Vale ressaltar que o WINSTEPS não desconsiderou nenhum estudante da amostragem o que significa que todos esses alunos geraram dados confiáveis. O próprio programa retira resultados não confiáveis.

4.3. ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Conforme podemos verificar na figura abaixo, os valores encontrados para a variância empírica e a variância modelada foram de 16.8% e 16.7%, portanto valores próximos de acordo com o esperado, que asseguram a unidimensionalidade da escala.

```
Table of STANDARDIZED RESIDUAL variance (in Eigenvalue units)
                                                           --<sup>-</sup>Empirical --
                                                                                 Modeled
Total raw variance in observations
                                                          43.3 100.0%
                                                                                  100.0%
  Raw variance explained by measures
                                                                                   16.7%
                                                           7.3
                                                                16.8%
                                                                  3.4%
                                                                                    3.4%
    Raw variance explained by persons =
                                                           1.5
    Raw Variance explained by items
                                                           5.8
                                                                 13.4%
                                                                                   13.3%
  Raw unexplained variance (total)
                                                                 83.2% 100.0%
                                                                                   83.3%
    Unexplned variance in 1st contrast = 
Unexplned variance in 2nd contrast =
                                                           3.0
                                                                  7.0%
                                                                           8.5%
                                                           2.8
                                                                  6.5%
                                                                           7.8%
    Unexplned variance in 3rd contrast =
                                                                  6.3%
                                                                           7.6%
    Unexplned variance in 4th contrast = 
Unexplned variance in 5th contrast =
                                                           2.2
                                                                  5.2%
                                                                           6.2%
                                                           2.1
                                                                  5.0%
                                                                           6.0%
```

Figura 7 – Tabela de variância residual padronizado gerado pelo WINSTEPS

A tabela a seguir mostram os resultados para REAL RMSE e MODEL RMSE. Para os indivíduos encontramos os valores de 0.42 e 0.41 e para os itens encontramos os valores 0.40 e 0.39. Era desejável que os valores fossem aproximadamente iguais. Isso demonstrou que a divergência nos dados tem pouco efeito na precisão global das medias e que temos um único construto sendo avaliado, portanto podemos considerar que o instrumento refletiu o entendimento dos estudantes em relação aos conceitos de eletromagnetismo.

	TOTAL			MODEL MEASURE ERROR		INFIT		OUTFIT	
	SCORE	COUNT	MEASURE	ERROR	MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD	
IFAN	16 1	29 2	30	41	1 00	0	1.00	0	
.D.	2.4	1.0	. 40	. 02	.13	. 9	.19	. 9	
IAX.	21.0	30.0	1.14	. 45	1.28	1.9	1.65	2.4	
IIIV.	12.0	20.0	.40 1.14 48				. 04	2.0	
EAL RA	15E .42	TRUE SD	.00 SEP/	ARATION	.00 PER	SON REL	IABILITY	Y .00	
	ISE . 41	TRUE SD	.00 SEP/	ARATION	.00 PER	SON REL	IABILITY	.00	
ON RA	AW SCORE-TO ALPHA (KR	DNSES: 81 D-MEASURE (.2% CORRELATION N RAW SCORE						
SON RANDON SUMM	/ALID RESP AW SCORE-TO ALPHA (KR MARY OF 36	ONSES: 81 O-MEASURE (-20) PERSOI MEASURED :	.2% CORRELATION N RAW SCORE ITEM	RELIABÍ	LITY = .00	(appro	ximate o	due to	
SON RADINBACH	/ALID RESPONSIVE SCORE-TOTAL SCORE	DNSES: 81 D-MEASURE (-20) PERSOI MEASURED :	.2% CORRELATION N RAW SCORE ITEM MEASURE	MODEL ERROR	LÎTY = .00 IN MNSQ	(appro	OUTF MNSQ	due to	
SON RADINBACH	/ALID RESPONSIVE SCORE-TOTAL SCORE	DNSES: 81 D-MEASURE (-20) PERSOI MEASURED :	.2% CORRELATION N RAW SCORE ITEM MEASURE	MODEL ERROR	LÎTY = .00 IN MNSQ	(appro	OUTF MNSQ	due to	
SON RANBACH SUMM	VALID RESPI AW SCORE-TO ALPHA (KR. MARY OF 36 TOTAL SCORE 23.7 10.8	DONSES: 81 DO-MEASURE (1-20) PERSON MEASURED (1-20) COUNT 43.1	.2% CORRELATION N RAW SCORE ITEM MEASURE .00 .97	MODEL ERROR	IN MNSQ	(appro	OUTF MNSQ .99	FIT ZSTD	
SON RANBACH SUMM	VALID RESPI AW SCORE-TO ALPHA (KR. MARY OF 36 TOTAL SCORE 23.7 10.8	DONSES: 81 DO-MEASURE (1-20) PERSON MEASURED (1-20) COUNT 43.1	.2% CORRELATION N RAW SCORE ITEM MEASURE .00 .97	MODEL ERROR	IN MNSQ	(appro	OUTF MNSQ .99	FIT ZSTD	
EAN D. AX.	VALID RESPI AW SCORE-TI ALPHA (KR. MARY OF 36 TOTAL SCORE 23.7 10.8 44.0 6.0	DONSES: 811 0-MEASURE (6-20) PERSON MEASURED : COUNT 43.1 13.1 53.0 20.0	.2% CORRELATION N RAW SCORE ITEM MEASURE .00 .97 1.47 -2.83	MODEL ERROR .37 .14 1.02 .28	IN MNSQ .99 .05 1.12 .88	(appro	OUTF MNSQ .99 .08 1.22	.0 .5 1.0	
N RACH	VALID RESPI AW SCORE-TI ALPHA (KR. MARY OF 36 TOTAL SCORE 23.7 10.8 44.0 6.0	DONSES: 811 0-MEASURE (6-20) PERSON MEASURED : COUNT 43.1 13.1 53.0 20.0	.2% CORRELATION N RAW SCORE ITEM MEASURE .00 .97	MODEL ERROR .37 .14 1.02 .28	IN MNSQ .99 .05 1.12 .88	(appro	OUTF MNSQ .99 .08 1.22	FIT ZSTD .0 .5 1.0 -1.2	

Figura 7 – Comparação de "REAL RMSE" com "MODEL RMSE" gerado pelo WINSTEPS

4.4. A "RÉGUA" RESULTANTE DO TRATAMENTO RASCH

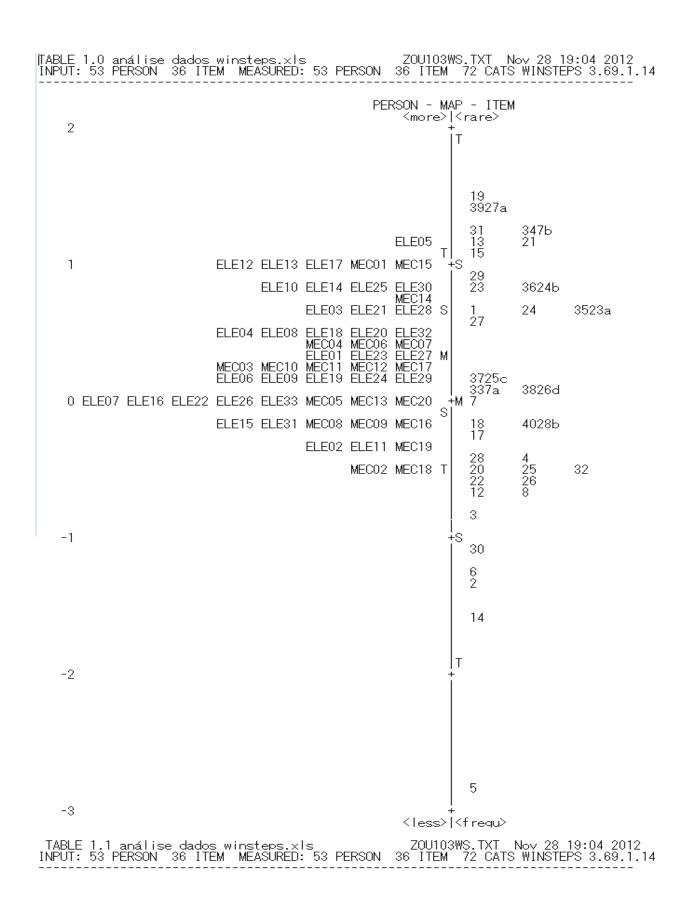


Figura 8 – Mapa de variáveis: Complexidade dos itens e nível de entendimento dos estudantes

Com esta "régua" (figura 8) podemos visualizar mais facilmente, para esse conjunto de sujeitos pesquisados, o nível de dificuldade dos itens, que estão do lado direito, e o nível de proficiência de cada estudante em eletromagnetismo, que está do lado direito da régua. Podemos verificar que o aluno "ELE05" é mais proficiente que os demais quando o assunto é o eletromagnetismo. Ele obteve 70% de acertos. Com relação aos itens, verificamos que ocorreu uma dispersão maior quanto à complexidade inerente a cada item, sendo o item 19 (o item correspondente pode ser consultado no apêndice 1) o mais complexo com 75,5% de erros, e o item 5 o menos complexo com 95% de acertos.

Quando consideramos as duas turmas, verificamos que a maioria dos estudantes está alocada acima da média da régua, o que nos leva considerar que o teste não foi de difícil resolução. Os itens foram elaborados a partir de questões do vestibular e ENEM e o fato desses alunos fazerem cursos técnicos, onde a maior parte do currículo está voltada à área de Exatas, pode ter contribuído no número de acertos dos alunos. Vale destacar que tanto os estudantes da turma de Eletrotécnica como os da Mecânica estão uniformemente distribuídos ao longo da régua. Outro fator contribuinte para os bons resultados destes estudantes pode estar relacionado ao vocacionamento dos mesmos devido ao curso técnico ao qual eles pertencem. Destacamos que "uma pessoa é vocacionada se ela apresenta uma disposição cognitiva, afetiva que orienta o seu interesse e o seu engajamento no sentido de uma atividade, neste caso de estudar e aprender Física" (COELHO; BORGES, 2011, p.195). Para esses autores uma turma vocacionada para o estudo da física pode potencializar a aprendizagem conceitual.

É importante ressaltar que o curso de Eletrotécnica têm em sua grade curricular disciplinas técnicas que utilizam os conceitos do eletromagnetismo. Esse fato não influenciou no desempenho desses alunos em relação aos estudantes de Mecânica, que não são favorecidos por estas disciplinas em sua grade curricular do curso técnico, o que nos levam a acreditar no empenho e nas mediações do professor em sala de aula. O engajamento desse professor pode ser interpretado pela quantidade de métodos de ensino que utilizou, tais como aulas expositivas com problematizações para abrir discussões, experimentos em sala de aula, participação dos alunos em feira de ciências, trabalhos propostos aos estudantes como seminários e resolução de problemas, dentre outras estratégias.

Analisando os itens com menos acertos podemos discutir sobre a dificuldade de entendimento dos conceitos associados a estes pelos estudantes. Destacamos aqui os três itens mais difíceis para os alunos e os conceitos associados: o item 19, 39 (corresponde ao "3927a" da régua na figura 8) e o item 31. O item 19 é relacionado ao conceito da força magnética em função da velocidade de uma partícula, da carga elétrica desta partícula e um Campo Magnético. 75,5% dos estudantes que analisaram esse item marcaram como verdadeira a proposição de que a força magnética depende da velocidade da partícula e de sua massa, o que nos leva a deduzir que os estudantes se confundiram com a segunda Lei de Newton em que a força realmente depende da massa, ou seja, houve uma troca de concepções de mecânica com eletromagnetismo. Os alunos ainda não se desvincularam do modelo mecânico. No item 39, o conceito envolvido foi o da Lei de Lenz em que o sentido de uma corrente induzida é tal que o campo magnético produzido pela corrente se opõe à variação do fluxo magnético que induziu a corrente e a força eletromotriz induzida tem o mesmo sentido que a corrente induzida. A proposição do item foi a de que a corrente induzida é causada pela simples presença do campo magnético. Os estudantes que erraram neste caso, considerando os modelos mentais de Borges (1998), ainda não admitem o Modelo Científico ou Eletrodinâmico definido por esse autor. O item 31 traz o conceito da Lei de Indução de Faraday que diz que uma corrente é produzida pela variação do fluxo magnético e da mesma forma a variação da corrente elétrica produz um fluxo magnético variante. Este conceito possibilitou a construção dos transformadores. A proposição do item era de que não haveria voltagem no secundário de um transformador ao ligar duas pilhas no primário deste. Os estudantes que erraram marcaram como verdadeiro a proposta de que não houve voltagem no secundário, pois o número de espiras era insuficiente. Aqui também os alunos ainda não consolidaram o Modelo Científico ou Eletrodinâmico.

Como fazer com que os estudantes progridam e avancem de um modelo mental para outro mais sofisticado? Uma possível resposta a esta questão pode ser encontrada em uma investigação realizada por Pedroso (2012) sobre simulações interativas no ensino de conceitos de eletromagnetismo, que viria a ser outra metodologia de ensino que o professor de física poderia ter pensado em usar para auxiliar os seus estudantes em uma perspectiva de evolução em direção ao Modelo Científico ou Eletrodinâmico. Pedroso (2012) utilizou simulações interativas produzidas com o software EASY JAVA SIMULATIONSTM que utiliza recursos gráficos, sonoros, interatividade com os alunos com

animações da computação gráfica. Nesse estudo, o autor encontrou fortes evidências de que a diversidade de elementos das multimídias digitais auxiliaram seus alunos na compreensão dos conceitos físicos e na interpretação dos fenômenos eletromagnéticos abordados.

Porém, sem abrir mão das metodologias de ensino utilizadas pelo professor pesquisado, os próprios resultados originados da aplicação do instrumento que usamos nesta pesquisa, também podem ser utilizados pontualmente no ensino dos conceitos mais complexos verificados, após as reflexões deste professor sobre os resultados obtidos nesta pesquisa. Logo, a utilização deste instrumento em sala de aula somada à aplicação de novas metodologias de ensino, como, por exemplo, o desenvolvido por Pedroso (2012), pode vir a solucionar a questão sobre o aprendizado dos estudantes em eletromagnetismo, que para Borges (1998) é entendido como o avanço por parte dos estudantes de um Modelo Mental anterior para um mais sofisticado.

O mesmo conceito explorado no item 31 também foi associado aos itens 33, 34, 35 e 36. Respectivamente 57,6%, 60,6%, 45,5% e 42,4% dos estudantes erraram esses itens. Esses percentuais indicam que boa parte dos estudantes aprenderam os conceitos envolvidos nos itens. Diferente do item 31, esses itens dispunham, além de um gráfico para a análise, a equação da Lei de Faraday fornecida no teste (Apêndice 1). A equação pôde ser aplicada diretamente pelos alunos, o que não era o caso no item 31.

Os itens considerados menos complexos sinalizam que os estudantes podem ter aprendido os conceitos associados. Os itens com mais acertados foram os de número 5 e 14. O item 5 foi extremamente fácil, com 95% de acerto, ou seja, esses estudantes não apresentaram dificuldades em reconhecer que a existência de um ímã está associado a constituição de um dipolo magnético. No item 14 verificou-se que 85% dos estudantes concordam que um eletroímã atrai um ímã qualquer a uma pequena distância. Esse fato sinaliza que o Modelo em que Borges (1998) trata o Magnetismo como nuvem (ou área de influência) está consolidada nos estudantes. Tanto é que ao analisarmos o item 15 em que a proposta foi de que caso o ímã fosse afastado para longe do eletroímã, o imã não sofreria mais nenhum tipo de influência, foi falsa para apenas 30% dos alunos. Logo, a maioria dos alunos aceitam as concepções que são descritas e delimitadas nesse modelo e não avançaram para um Modelo mais sofisticado. Esse fato também pôde ser verificado

no item 16, que trata do mesmo conceito. Neste item a proposição foi de que caso o núcleo do eletroímã fosse constituído de material isolante, o pêndulo com o ímã ficaria imóvel. A maioria dos alunos marcou essa proposição como verdadeira. Podemos interpretar esse resultado da mesma forma que no parágrafo anterior, onde os alunos mobilizavam para responder aos itens do modelo menos sofisticado e, não avançaram para um modelo mais sofisticado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destacamos inicialmente, devido ao processo de validação e das qualidades psicométricas alcançadas pelo instrumento desenvolvido para essa pesquisa, que o mesmo constitui-se como uma boa ferrramenta para avaliar o entendimento dos estudantes dos principais conceitos de eletromagnetismo, logo, podemos recomendá-lo para outros professores de física avaliarem seus estudantes. Outra dimensão que destacamos refere-se às mediações e ações estabelecidas pelo Professor de Física no contexto escolar analisado nesse estudo. Entendemos que uma das dificuldades é justamente o professor abandonar a perspectiva tradicional de ensinar física e procurar por novas metodologias de ensino em física. Não foi o caso do professor de física envolvido na pesquisa. Este professor utilizou-se de vários recursos pedagógicos para ensinar seus alunos, como por exemplos, apresentação de experimentos de eletromagnetismo com a participação dos alunos, demonstrações experimentais para problematizações iniciais, apresentações de vídeos com a temática do eletromagnetismo, trabalho práticos aos estudantes como a construção de equipamentos eletromagnetismo, seminários apresentados por grupos de alunos sobre a temática e participação dos alunos em Feira de Ciências, o que pode ter contribuído para os bons resultados que a maioria dos estudantes obteve e que foram organizados pela aplicação do instrumento construído.

Apesar de o tratamento Rasch possuir grande potencial para uso restrito em pesquisas educacionais devido à complexidade para a análise de dados, o instrumento desenvolvido nesta pesquisa constituiu-se em uma excelente ferramenta para ser usado por qualquer professor de física para ensinar eletromagnetismo aos seus estudantes, bastando para esse fim, saber interpretar as respostas dos itens deste instrumento, como o fizemos neste texto. Para melhorar ainda mais os resultados de suas aulas, o professor, a partir

dos dados obtidos, pode refletir sobre suas ações pedagógicas e tornar as suas ações pedagógicas mais eficientes para o entendimento dos estudantes sobre o assunto eletromagnetismo.

Nos dois últimos parágrafos da seção anterior, vimos exemplos de Modelos captados por meio do instrumento. A partir dessas análises, abre-se um leque de possibilidades de ações pedagógicas que o professor de física pode utilizar para a melhoria no processo de ensino-aprendizagem. Ficam bem claro quais são as limitações dos estudantes no aprendizado dos conceitos trabalhados em cada item do instrumento. Finalmente, atendendo aos objetivos específicos desta pesquisa, por meio do desenvolvimento e validação de um instrumento para avaliar o entendimento conceitual de estudantes em eletromagnetismo. Nesse texto, pudemos: 1) analisar o entendimento dos estudantes do Ensino Médio nos conceitos de eletromagnetismo e; 2) interpretar os conceitos que apresentam maior complexidade de entendimento por parte dos estudantes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERBERG, E. Word meaning and conceptions. An empirical study of relationships between students' thinking and use of language when reasoning about a problem. **Instructional Science**, v. 28, p. 89–113, 2000.

BRASIL Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o Ensino Médio**: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf. Acesso em 04 de julho de 2013.

BORGES, A. T. Modelos Mentais de Eletromagnetismo. Universidade federal de Minas Gerais, Colégio Técnico, Belo Horizonte - MG, Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 15, n. 1: p. 7-31. 1998.

BORGES, O.; BORGES, A. T., TALIM, S. Validação de um instrumento de avaliação em mecânica. **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, XVII, 2007, São Luis. Atas... Rio de Janeiro: SBF, 2007. Disponível em http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/t0593-1.pdf.

BORGES, O; MENDES, I. Um questionário sobre o interesse pessoal por temas de Biologia. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, VI, Florianópolis, SC, 2007. IN Atas.

COELHO, G. R. A evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade: Um estudo longitudinal. 2011. 173 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 2011.

COELHO, G. R.; BORGES, O. A evolução do entendimento dos estudantes sobre o funcionamento do circuito elétrico simples em uma estrutura curricular recursiva. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.** Vol. 11 No1, 2011.

CUNHA, L. M. A. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes.** 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Estatística)— Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, PT. 2007.

DRIVER, R., LEACH, J., SCOTT, P. and WOOD-ROBINSON, V. Young people's understanding of science concepts: Implications of cross-age studies for curriculum planning. **Studies in Science Education**, V.24, p. 75-100, 1994. DAWSON, T. L. The Lectical™ Assessment System, 2005. Disponível em http://www.lectica.info. Acessado em 23/08/2008.

E.E.E.M. ARNULPHO MATTOS. Proposta Pedagógica. 2012. 160 f.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo Básico da Escola Estadual**, 2009. Disponível em: http://www.educacao.es.gov.br/download/SEDU_Curriculo_Basico_Escola_Estadual.pdf. Acesso em: 09 jul. 2013.

FERNANDES, S. A.; TALIM, S. Tradução e validação do teste "Force Concept Inventory" . **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, XVIII, 2009, Vitória. Atas... Rio de Janeiro: SBF, 2009. Disponível em http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0526-1.pdf

JOHNSON-LAIRD, P. Analogy and the exercise of creativity. In **S. Vosniadou and A. Ortony (Eds) Similarity and Analogical Reasoning.** Cambridge: Cambridge University Press, p. 313-331, 1989.

KLINE, P. The handbook of psychological testing. London: Routledge, 1995.

LINACRE, J. M. A user's guide WINSTEPS and MINISTEPS Rasch-model computer program. 488 páginas, 2009.

LINACRE, J. M.; WRIGHT, B. D. **WINSTEPS** (**Programa de computador**). Chicago: MESA Press, 2000.

MALONEY, D. P.; O'KUMA, T.L.; HIEGGELKE, C.J.; HEUVELEN, A.V. **Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism**, 2000. Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. 2001.

MEAD, R. A Rasch Primer: The measurement theory of Georg Rasch. Psychometrics services research memorandum. Maple Grove, Data Recognition Corporation, 2008.

MOLENAAR, I. W., HOIJTINK, H. Person-fit & the Rasch model, with application to knowledge of logical quantors. **Applied measurement in Education**, v.9, n.1, p. 27-45, 1996.

PEDROSO, L. S. Simulações interativas no ensino de conceitos de eletromagnetismo. **Ciência et Praxis**, v.5, n.9, p. 27-36, 2012.

PLANINIC, M. The Rasch Model - Based Analysis of the Conceptual Survey of Electricity and Magnetism. Department of Physics, Faculty of Science, University of Zagreb, Croatia, 2006.

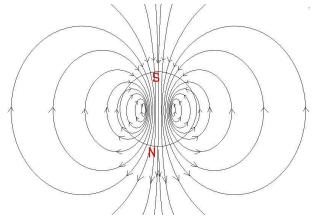
RAYMUNDO, V. P. Construção e validação de instrumentos: um desafio para psicolingüística. **Letras de Hoje**, v. 44, n. 3, p. 86-93, 2009. Disponível em: http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fale/article/viewFile/5768/4188. Acesso em: 06 fev. 2013.

WRIGHT, B. D., LINACRE, J. M. **MESA Research Memorandum number 44,** 1989. Disponível em http://www.rasch.or/memo44.htm. Acessado em 03/08/2008.

APÊNDICE 1 – Instrumento avaliativo

i) Com todos os itens e com numeração para referências:

A figura abaixo representa o campo magnético terrestre:



Fonte: http://www.infoescola.com/fisica/campo-magnetico-da-terra

Sobre esse fenômeno (magnetismo) são feitas algumas afirmações. Analise os itens "a", "b", "c" e "d" levando em consideração o fenômeno físico. Marque (V) se julgar a proposição correta e (F) se julgar a proposição falsa:

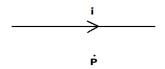
- 1) (V) (**F**) O campo magnético terrestre exerce influência em uma região limitada do espaço ao redor do planeta, chegando a ter um valor nulo a uma determinada distância.
- 2) (**V**) (F) O campo magnético terrestre existe devido a existência de "cargas elétricas em movimento" no interior do planeta.
- 3) (**V**) (F) A Terra, então, funciona como um gigantesco ímã com polo norte próximo ao sul geográfico do planeta e polo sul próximo ao polo norte geográfico.
- 4) (V) (F) Uma bússola normalmente aponta para o norte geográfico, entretanto, ao aproximarmos do sul geográfico, o imã apontará para o sul, pois estará muito mais próximo do polo magnético que existe naquela região.

(UFSC/SC-Adaptada) - As afirmativas abaixo se referem a fenômenos magnéticos. Marque (V) se julgar a proposição correta e (F) se julgar a proposição falsa:

- 5) (**V**) (F) Um estudante quebra um ímã ao meio, obtendo dois pedaços, ambos com polo sul e polo norte.
- 6) (V) (**F**) Um astronauta, ao descer na Lua, constata que não há campo magnético na mesma, apesar disso ele poderá usar uma bússola para se orientar.
- 7) (**V**) (F) Uma barra imantada se orientará ao ser suspensa horizontalmente por um fio preso pelo seu centro de gravidade no teto.

- 8) (V) (F) Uma barra não imantada não permanecerá fixa na porta de uma geladeira desmagnetizada, quando nela colocada.
- 9) (V) (F) Uma das formas de desmagnetizar uma bússola é colocá-la num forno quente.

Um fio metálico longo é percorrido por uma corrente elétrica i contínua conforme mostra a Figura:



Analise os itens a e b levando em consideração a situação física apresentada anteriormente. Marque (V) se julgar a proposição correta e (F) se julgar a proposição falsa:

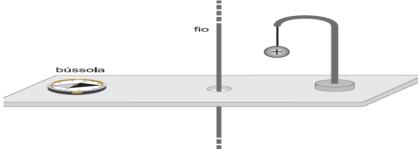
10) (V) (F) O vetor que representa corretamente o campo magnético B criado pela corrente no

ponto P é um vetor "que entra nesta folha de papel perpendicularmente a P"



11) (V) (F) considerando uma corrente alternada neste condutor, o vetor que representa corretamente o campo magnético no ponto P é um vetor "que sai desta folha de papel perpendicularmente a P".

(UFMG/2007-Adaptada) Um fio condutor reto e vertical passa por um furo em uma mesa, sobre a qual, próximo ao fio, são colocadas uma esfera carregada, pendurada em uma linha de material isolante, e uma bússola, como mostrado nesta figura:

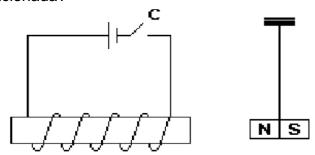


Fonte: http://www.fisicanovestibular.xpg.com.br/questoes/3_campo_mag.pdf

Inicialmente, não há corrente elétrica no fio e a agulha da bússola aponta para ele, como se vê na figura. Em certo instante, uma corrente elétrica constante é estabelecida no fio. Considerando-se essas informações, Analise os itens a e b e marque (V) se julgar a proposição correta e (F) se julgar a proposição falsa:

- 12) (V) (F) A agulha da bússola vai apontar para outra direção e a esfera vai se afastar do fio.
- 13) (V) (F) A agulha da bússola não se desvia e a esfera vai se aproximar do fio.

(UFMS/2006-Adaptada) A figura a seguir representa um eletroímã e um pêndulo, cuja massa presa à extremidade é um pequeno imã. O que ocorre quando a chave "C" for acionada?



Fonte: http://www.fisicanovestibular.xpg.com.br/questoes/3_campo_mag.pdf

Analise os itens "a" "a", "b" e "c" levando em consideração a situação física apresentada anteriormente. Marque (V) se julgar a proposição correta e (F) se julgar a proposição falsa:

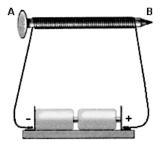
- 14) (V) (F) O imã do pêndulo será atraído pelo eletroímã.
- 15) (V) (**F**) Ao afastarmos o ímã para longe do eletroímã, o mesmo ficará fora de alcance do campo magnético do eletroímã e não mais sofrerá nenhum tipo de influência, pois o alcance do campo magnético do eletroímã é limitado.
- 16) (V) (F) Caso o núcleo o eletroímã fosse construído de um material isolante, por exemplo, isopor, o pêndulo com o ímã ficaria imóvel.

(PUC-MG-Adaptada)

Uma partícula de carga q, com velocidade ve massa "m" dentro de um campo magnético ve, fica sujeita a uma força pela ação desse campo. Sobre a situação, foram feitas três afirmações ("a", "b" e "c"). Marque (V) se julgar a afirmação correta e (F) se julgar a afirmação falsa:

- 17) (V) (F) A intensidade da força depende do valor de q.
- 18) (V) (F) O sentido da força 📶 depende do sinal de q.
- 19) (V) (**F**) A intensidade da força **F** depende da velocidade v e da massa m da partícula.

(PUC-SP-Adaptada) A figura mostra um prego de ferro envolto por um fio fino de cobre esmaltado, enrolado muitas vezes ao seu redor. O conjunto pode ser considerado um eletroímã quando as extremidades do fio são conectadas aos polos de um gerador, que, no caso, são duas pilhas idênticas, associadas em série.



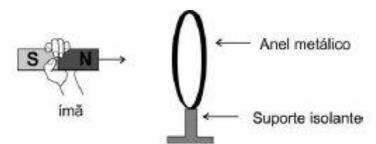
Fonte:

http://www.klickeducacao.com.br/2006/arq_img_upload/simulado/10377/Image1.bmp

A respeito do descrito, analise os itens "a", "b" e "c", levando em consideração a situação física apresentada anteriormente. Marque (V) se julgar a proposição correta e (F) se julgar a proposição falsa:

- 20) (**V**) (F) Ao ser percorrido por corrente elétrica, o eletroímã apresenta polaridade magnética. Na representação da figura, a extremidade A (cabeça do prego) será um polo norte e a extremidade B será um polo sul.
- 21) (V) (F) Ao aproximar-se um prego de ferro da extremidade A do eletroímã e outro da extremidade B, um deles será atraído e o outro será repelido.
- 22) (V) (**F**) Ao substituir-se o conjunto de duas pilhas por outro de 6 pilhas idênticas as primeiras, também associadas em série, a intensidade do campo magnético do eletroímã não sofrerá alteração, uma vez que esse valor independe da intensidade da corrente elétrica que circula no fio.

(FUVEST 2010-Adaptada) A figura abaixo ilustra um ímã se aproximando de um anel metálico fixo sobre um suporte isolante. Sobre o movimento do ímã, em direção ao anel, foram feitas duas afirmações.

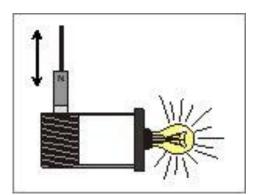


Fonte: http://www.infoescola.com/files/2010/05/exec88.jpg

Analise os itens "a" e "b" levando em consideração a situação física apresentada anteriormente. Marque (V) se julgar a afirmação correta e (F) se julgar a afirmação falsa:

- 23) (V) (F) Ocorre a imantação do anel, o transformando em um ímã.
- 24) (V) (F) Produz corrente elétrica no anel, resultando na atração entre anel e ímã.

(UFSC 2010-Adaptada) Pedrinho, após uma aula de Física, resolveu verificar experimentalmente o que tinha estudado até o momento. Para tal experimento, ele usou uma bobina com 50 espiras, um ímã preso a um suporte não condutor e uma lâmpada incandescente de 5 W de potência. O experimento consistia em mover o ímã para dentro e para fora da bobina, repetidamente.



Fonte: http://www.infoescola.com/files/2010/05/questao29.jpg

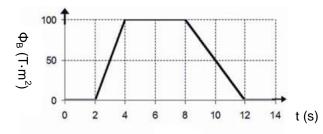
Ao terminar o experimento, Pedrinho fez algumas observações, que estão listadas na forma de proposições.

Analise os itens "a", "b", "c", "d", "e" e "f" levando em consideração a situação física apresentada anteriormente. Marque (V) se julgar a proposição correta e (F) se julgar a proposição falsa:

- 25) (**V**) (F) O módulo da força eletromotriz induzida na bobina é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético em função do tempo.
- 26) (**V**) (F) É difícil mover o ímã dentro da bobina, pois o campo magnético de cada espira oferece uma resistência ao movimento do ímã. Isto é explicado pela Lei de Lenz.
- 27) (**V**) (F) Se a corrente na lâmpada for de 2 A, a força eletromotriz induzida na bobina será de 2.5 V.
- 28) (V) (**F**) A frequência do movimento do ímã no interior da bobina não interfere na luminosidade da lâmpada.
- 29) (V) (**F**) O trabalho realizado para mover o ímã para dentro e para fora da bobina é transformado integralmente em energia luminosa na lâmpada.
- 30) (**V**) (F) Para haver uma corrente induzida na bobina é necessário que o circuito esteja fechado.
- (UFMS/MS) Após duas pilhas comuns de 1,5 V serem ligadas ao primário de um pequeno transformador, verificou-se que não houve voltagem no secundário deste. A respeito do descrito, analise os itens "a" e "b" levando em consideração a situação física. Marque (V) se julgar a proposição correta e (F) se julgar a proposição falsa:

- 31) (V) (**F**) O número de espiras da bobina do secundário não é suficiente para o surgimento da voltagem induzida.
- 32) (V) (F) O número de pilhas no primário não é suficiente para o surgimento da voltagem induzida.

(UFPR 2010-Adaptada) O desenvolvimento do eletromagnetismo contou com a colaboração de vários cientistas, como Faraday, por exemplo, que verificou a existência da indução eletromagnética. Para demonstrar a lei de indução de Faraday, um professor idealizou uma experiência simples. Construiu um circuito condutor retangular, formado por um fio com resistência total (R = 5 Ω), e aplicou através dele um fluxo magnético Φ B cujo comportamento em função do tempo t é descrito pelo gráfico ao lado. O fluxo magnético cruza perpendicularmente o plano do circuito. Em relação a esse experimento, analise os itens "a", "b", "c" e "d" levando em consideração a situação física apresentada. Marque (V) se julgar a proposição correta e (F) se julgar a proposição falsa:

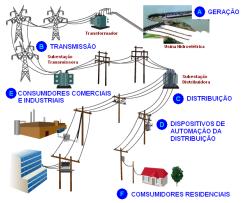


Φ_B – Fluxo Magnético

Fonte: http://www.infoescola.com/files/2010/06/exec48fsc.jpg

- 33) (V) (F) A força eletromotriz induzida entre t = 2 s e t = 4 s vale 50 V.
- 34) (V) (**F**) A corrente que circula no circuito entre t = 2 s e t = 4 s tem o mesmo sentido que a corrente que passa por ele entre t = 8 s e t = 12 s.
- 35) (V) (F) A corrente que circula pelo circuito entre t = 4 s e t = 8 s vale 25 A.
- 36) (V) (F) A potência elétrica dissipada no circuito entre t = 8 s e t = 12 s vale 125 W.

A figura abaixo representa, de forma simples, a geração, a transmissão e a distribuição de energia elétrica. Analise as proposições "a" e "b" abaixo e marque (V) caso esteja correto (F) se estiver incorreto:



http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAAotcAF-0.png

- 37) (V) (**F**) Os transformadores são dispositivos que são utilizados para a elevação da corrente elétrica, o que permite levar a energia elétrica a grandes distâncias.
- 38) (**V**) (F) O gerador funciona convertendo a energia mecânica em elétrica e tem como princípio para o funcionamento, a indução eletromagnética.

(ENEM adaptada) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um imã e uma bobina.



Fonte: http://www.fisicaevestibular.com.br/images/Enem45/image005.jpg

Analise as proposições abaixo e marque (V) caso esteja correto (F) se estiver incorreto:

- 39) (V) (**F**) A corrente elétrica é gerada em um circuito fechado por causa da simples presença do campo magnético.
- 40) (V) (F) O dínamo não gera energia elétrica se invertermos o sentido de rotação da roda, ou seja, se andarmos de ré.

Formulário:

$$\Phi_B = B * A$$

$$\epsilon(fem) = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$
$$\epsilon(fem) = -N * \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

ii) Capa dos testes aplicados:





"Construção e validação de instrumentos para avaliar a aprendizagem conceitual dos estudantes em eletromagnetismo"

Instruções: Cada enunciado vem acompanhado de alguns itens. Todos os itens deverão ser analisados pelo aluno de acordo com o seu enunciado e pelas figuras que o acompanha. Marque (V) caso julgue a proposição do item correta ou verdadeira, ou marque (F) caso julgue a proposição incorreta ou falsa. Todos os itens serão utilizados para a composição da nota, ou seja, não é necessário que o aluno acerte todos os itens de uma mesma questão para pontuar. Todos os acertos serão considerados.

Nome:			
Turma:			

APÊNDICE 2 – Termo de consentimento livre e esclarececido

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), do subprojeto de pesquisa intitulado Construção e validação de instrumentos para avaliar aprendizagem conceitual dos estudantes em eletromagnetismo. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado(a) de forma alguma. Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato qualquer um dos responsáveis pela pesquisa: Marcos Mitsuo Minegishi no celular (27) 9249-2086, e-mail Mitsuo.fisica@hotmail.com e com o orientador da pesquisa Geide Rosa Coelho no telefone: (27) 4009-2543 e-mail geidecoelho@gmail.com.

Nesse subprojeto apresentaremos uma pesquisa de caráter instrumental. O principal objetivo está em desenvolver e validar instrumentos qualitativos e quantitativos para avaliar o entendimento conceitual dos estudantes em eletromagnetismo. O desenvolvimento desses instrumentos se faz necessário, pois, para analisar o desenvolvimento conceitual dos estudantes nesse domínio é preciso ter instrumentos que possam ser aplicados aos estudantes em diversas ocasiões de medida. O tratamento Rasch será conduzido para validar os instrumentos de medida. Do ponto de vista teórico, as principais contribuições serão na linha de fundamentação das teorias de medidas. O ponto forte desse projeto de pesquisa é seu aspecto prático: ele proverá um conjunto mínimo de instrumentos de medida, qualitativos e quantitativos, necessários para realizar estudos longitudinais para verificar a relação entre os ambientes de aprendizagem implementados, os currículos desenvolvidos e a aprendizagem dos estudantes em física.

Esclarecemos que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Garantimos sigilo que assegura a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. Você tem toda liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA

Uma lista em anexo com nome dos alunos e respectivas assinaturas, indica a concordância em participar do estudo e que foi devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador Marcos Mitsuo Minegishi sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação. É garantida a retirada do consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.