



**LUCIANO JOSÉ ARANTES**

**AVALIANDO A APRENDIZAGEM DO  
CONCEITO DE ENERGIA NO ENSINO MÉDIO  
USANDO A TRI**

**LAVRAS - MG**

**2016**

**LUCIANO JOSÉ ARANTES**

**AVALIANDO A APRENDIZAGEM DO  
CONCEITO DE ENERGIA NO ENSINO MÉDIO  
USANDO A TRI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador  
Dr. Ulisses Azevedo Leitão  
Coorientador  
Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel

**LAVRAS–MG**

**2016**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Arantes, Luciano José.

Avaliando a Aprendizagem do Conceito de Energia no Ensino  
Médio Usando a TRI. : N.T. / Luciano José Arantes. – Lavras :  
UFLA, 2016.

156 p.

Dissertação (mestrado profissional)–Universidade Federal de  
Lavras, 2016.

Orientador(a): Ulisses Azevedo Leitão.

Bibliografia.

1. Avaliação. 2. Energia. 3. TRI. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

LUCIANO JOSÉ ARANTES

**AVALIANDO A APRENDIZAGEM DO  
CONCEITO DE ENERGIA NO ENSINO MÉDIO  
USANDO A TRI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

APROVADA em 19 de Fevereiro de 2016:

Dra. Eliane Sheid Gazire      PUC-Minas

Dr. Luciano Fernandes Silva      Unifei

Dra. Iraziet da Cunha Charret      UFLA

---

Dr. Ulisses Azevedo Leitão  
Orientador

LAVRAS - MG

2016

## DEDICO

*Aos meus pais, José Pedro e Maria Helena por todo o incentivo e ajuda que me deram; À minha filha, Anna Beatriz por me fazer ver o mundo de outro ângulo.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Sociedade Brasileira de Física (SBF), pela oportunidade concedida para realização do mestrado. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos. Ao meu orientador, Prof. Dr. Ulisses Azevedo Leitão, pela competência, profissionalismo, dedicação e paciência ímpares; Ao meu coorientador, Prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel, pelo incentivo, empenho e acompanhamento constantes; Aos professores Helker Paixão, Maria do Carmo de A. J. Grossi e Marlos Machado pelo apoio na aplicação dos testes; A todos os professores, e em especial à Prof<sup>a</sup> Luciana de Oliveira Elian, referências nesta proposição; Aos meus pais, José Pedro de Arantes e Maria Helena de Arantes pelas constantes orações e amor incondicional; Aos meus irmãos, Liliane Cristina Arantes e Luiz Cláudio Arantes pelas incansáveis manifestações de apoio e carinho; Aos amigos Eduardo Fontes Alcântara e Inês Faria pela parceria, companheirismo e apoio nas longas viagens a Uberaba; Aos amigos Célio da Silva, Ivanda Faria e Jane Faria pela presença forte, atenção zelosa e amparo irrestrito nos momentos em que a angústia da doença assolou meus dias; A todos que, embora não nomeados, me brindaram com sua presença afetiva e inestimável apoio; Sobretudo a Deus, Mestre dos Mestres, presença luminosa e iluminada em minha vida. Por tudo ... por tanto!

*“É tão bonito quando a gente entende*

*Que a gente é tanta gente*

*Onde quer que a gente vá.*

*É tão bonito quando a gente sente*

*Que nunca está sozinho*

*Por mais que pense estar... ”*

*Caminhos do Coração — Gonzaguinha*

## RESUMO

Este trabalho apresenta a elaboração, aplicação, calibração e análise de itens sobre o conceito de Energia nos três anos do Ensino Médio. Discute-se a importância da avaliação para o processo de ensino aprendizagem e a apresenta-se uma justificativa da necessidade de sua realização na identificação de lacunas conceituais dos estudantes. Conceitos importantes para a elaboração de itens, como descritores e distratores, são apresentados e discutidos no texto. O objetivo do presente trabalho constitui-se em construir uma avaliação sequencial, para os três anos do Ensino Médio, para acompanhar o desenvolvimento da aprendizagem do conceito de Energia. Os itens foram elaborados segundo as recomendações do Ministério da Educação e Cultura (MEC), utilizando como base a Matriz Curricular de Física do Estado de Minas Gerais, e envolvem a aplicação do conceito de Energia em mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo. Itens comuns aos testes nos três anos foram utilizados com o objetivo de verificar se os estudantes possuíam habilidades adquiridas nos anos anteriores. Os testes foram aplicados a estudantes de escolas particulares e públicas de Formiga, Lavras e Três Corações, totalizando 676 estudantes de quatro escolas. O resultado de aplicação dos testes nas escolas foram analisados utilizando-se a Teoria Clássica de Testes e a Teoria de Resposta ao Item. Como produto educacional, foi desenvolvido um banco de itens, um catálogo de 45 itens, calibrados e testados, contendo informações descritivas e pedagógicas. Os resultados deste trabalho evidenciam a grande dificuldade dos estudantes na aprendizagem de conceitos relacionados à Energia. Em especial, os estudantes apresentam grande dificuldade em relacionar conceitos aprendidos em diferentes momentos do processo de aprendizagem, ou em diferentes tópicos.

**Palavras-chaves:** Energia, Instrumentos de Avaliação de Aprendizagem, Ensino de Física, Elaboração de Itens, Teoria de Resposta ao Item (TRI).



## ABSTRACT

This work presents the development, application, calibration and analysis of items about the concept of energy for the three years of high school. It discusses the importance of evaluation in the teaching-learning process and presents a justification of the need for achieving the identification of conceptual gaps of students. Important concepts for the development of items, such as descriptors and distractors, are presented and discussed in the text. The principal aim of this work consists in building a sequential assessment, for the three years of high school, to monitor the learning development of the concept of Energy. The items have been drawn up in accordance with the recommendations of the Ministry of Education and Culture (MEC), using as basis the Curriculum of Physics of the State of Minas Gerais, and involve the application of the concept of Energy in mechanics, thermodynamics and electromagnetism. Some items were used in different tests in order to check whether the students maintain skills acquired in previous years. The tests were applied to students of private and public schools in the cities of Formiga, Lavras and Três Corações, sampling 676 students from four schools. The result of the application of the tests in these schools were analyzed using the classical theory of testing and Item response theory. As educational product, it was developed a Bank of items, consisting of the catalog of 45 calibrated and tested items, containing some descriptive and pedagogical informations. Our results demonstrate the great difficulty of students in the learning of concepts related to Energy. In particular, students present great difficulty in linking concepts learned in different stages of the learning process, or in different topics.

**Keywords:** Energy, Learning Assessment Tools, Physics Education, Items Elaboration, Item Response Theory (IRT).

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa conceitual para avaliar os aspectos conceituais a serem considerados para a elaboração dos itens (NOVAK; CAÑAS, 2006) . . . . .	43
Figura 2 – Escalograma de Guttman. Posição dos estudantes $v, w, y$ e $z$ para os itens $i, j$ e $k$ .(VERHELST, 2010) . . . . .	59
Figura 3 – Curva característica do Item, modelo de Rasch. Posições dos pontos de inflexão, com probabilidades de 50% de acerto, para os itens $i, j$ e $k$ denotam os parâmetros de dificuldades crescentes $\beta_i, \beta_j$ e $\beta_k$ , respectivamente. . . . .	60
Figura 4 – CCI's no modelo de três parâmetros, para itens com mesma dificuldade, $\beta_i = \beta_j$ , mesma probabilidade de acerto ao acaso, mas diferentes parâmetros de discriminação, $a_i > a_j$ .(VERHELST, 2010) . . . . .	66
Figura 5 – CCI's no modelo de três parâmetros, para itens com mesma dificuldade, mesmo parâmetro de dificuldade, mas diferentes probabilidades de acerto ao acaso.(VERHELST, 2010) . . . . .	69
Figura 6 – IDHM dos municípios que participaram do projeto (BRASIL. IBGE, 2015) . . . . .	90
Figura 7 – Ideb de 2013 das escolas públicas que participaram do projeto.(BRASIL. Inep, 2015) . . . . .	91
Figura 8 – Ficha do item <b>1Q4</b> , a qual recebe também as seguintes numerações: <b>2Q9</b> e <b>3Q21</b> . . . . .	98

Figura 9 – Ideb medido/Meta do Ideb da E. E. Jalcira Santos Valadão (BRASIL. Inep, 2015) . . . . .	146
Figura 10 – Ideb medido/Meta do Ideb do Colégio Tiradentes (BRA- SIL. Inep, 2015) . . . . .	149
Figura 11 – Ideb medido/Meta do Ideb da E. E. Américo Dias Pereira (BRASIL. Inep, 2015) . . . . .	151

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Temas, Descritores/Habilidades dos itens do teste do 1º Ano . . . . .	83
Tabela 2 – Temas, Descritores/Habilidades dos itens do teste do 2º Ano . . . . .	85
Tabela 3 – Temas, Descritores/Habilidades dos itens do teste do 3º Ano . . . . .	87
Tabela 4 – Número de estudantes por escola e ano de escolaridade. . . . .	100
Tabela 5 – Resultados do teste do 1º Ano. . . . .	101
Tabela 6 – Resultados do teste do 2º Ano. . . . .	103
Tabela 7 – Resultados do teste do 3º Ano. . . . .	104
Tabela 8 – Resultados dos itens 1Q1 e 2Q11 . . . . .	117
Tabela 9 – Resultados dos itens 1Q3 e 2Q14 . . . . .	118
Tabela 10 – Resultados dos itens 1Q4, 2Q9 e 3Q21 . . . . .	120
Tabela 11 – Parâmetros da TRI para o item quando estimados separadamente por ano de escolaridade. . . . .	120
Tabela 12 – Resultados dos itens 1Q6 e 2Q5 . . . . .	121
Tabela 13 – Resultados dos itens 1Q10 e 2Q5 . . . . .	122
Tabela 14 – Resultados dos itens 2Q1 e 3Q18 . . . . .	123
Tabela 15 – Resultados dos itens 2Q2 e 3Q19 . . . . .	124
Tabela 16 – Resultados dos itens 2Q3 e 3Q9. . . . .	125
Tabela 17 – Resultados dos itens 2Q4 e 3Q10. . . . .	126
Tabela 18 – Resultados dos itens 2Q16 e 3Q12. . . . .	127
Tabela 19 – Resultados dos itens 1Q12 e 3Q22. . . . .	128
Tabela 20 – Evolução do IDHM de Formiga . . . . .	140

Tabela 21 – Escolas de Formiga . . . . .	141
Tabela 22 – Evolução do IDHM de Lavras . . . . .	142
Tabela 23 – Escolas de Lavras . . . . .	142
Tabela 24 – Evolução do IDHM de Três Corações . . . . .	143
Tabela 25 – Escolas de Três Corações . . . . .	144
Tabela 26 – Ideb da E. E. Jalcira Santos Valadão . . . . .	146
Tabela 27 – Turmas/Número de estudantes da E. E. Jalcira Santos Valadão . . . . .	147
Tabela 28 – Dados do Colégio Losango de Formiga . . . . .	147
Tabela 29 – Turmas/Número de estudantes do Colégio Losango de Formiga . . . . .	148
Tabela 30 – Ideb do Colégio Tiradentes . . . . .	148
Tabela 31 – Turmas/Número de estudantes do Colégio Tiradentes . . .	149
Tabela 32 – Ideb da E.E. Américo Dias Pereira . . . . .	150
Tabela 33 – Turmas/Número de estudantes da E.E. Américo Dias Pereira	150
Tabela 34 – Temas/Descritores/Habilidades — 1º. Ano . . . . .	154
Tabela 35 – Temas/Descritores/Habilidades — 2º. Ano . . . . .	155
Tabela 36 – Temas/Descritores/Habilidades — 3º. Ano . . . . .	156

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BEMA	Brief Electricity and Magnetism Assessment
BNI	Banco Nacional de Itens
CBC	Currículo Básico Comum
CCI	Curva Característica do Item
CEALE	Centro de Alfabetização, Leitura e Escrita
CNE	Conselho Nacional de Educação
CSEM	Conceptual Survey in Electricity and Magnetism
D	Discriminação do Item
DIRECT	Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test
EM	Algoritmo de iteração de Esperança e Maximização
EMCS	Energy and Momentum Conceptual Survey
Enem	Exame Nacional do Ensino Médio
ETIRM	Estimation Toolkit for Item Response Models
FAFI	Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras
FCI	Force Concept Inventory
Fies	Fundo de Financiamento Estudantil

FRI	Função da resposta ao item
FSF	Free Software Foundation
ICL	Item Response Theory Command Language
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano do Município
IF	Índice de Facilidade
Inep	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
MEC	Ministério da Educação e Cultura
ML2P	Modelo logístico de dois parâmetros
ML3P	Modelo logístico de três parâmetros
ML4P	Modelo logístico de quatro parâmetros
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
NCME	Conselho Nacional de Mensuração em Educação - NCME
NSE	Nível Socioeconômico
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econô- mico
PAAE	Programa de Avaliação da Aprendizagem Escolar
PEE	Pesquisa em Eficácia Educacional

PIB	Produto Interno bruto
Pisa	Programme for International Student Assessment
Pro Uni	Programa Universidade para Todos
PROEB	Programa de Avaliação da Rede Pública de Educação Básica
rpb	Coefficiente de Correlação Ponto Bisserial
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SIMAVE	Sistema Mineiro de Avaliação da Educação Pública
SSE-MG	Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais
TCT	Teoria Clássica de Testes
TRI	Teoria de Resposta ao Item
TUG-K	Test of Understanding Graphs in kinematics
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerias
UNIFOR	Centro Universitário de Formiga



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>19</b>
1.1	Motivação	22
1.2	Justificativa	24
<b>2</b>	<b>AVALIAÇÃO E APRENDIZAGEM SIGNIFICA-</b>	
	<b>TIVA</b>	<b>26</b>
2.1	Colocação do problema	26
2.2	Objetivo	35
2.3	O conceito de Energia e sua evolução	35
2.4	Aspectos conceituais a avaliar	41
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>44</b>
3.1	Sobre Avaliação: definindo termos	44
3.2	Teoria Clássica de Testes	52
3.3	Teoria de Resposta ao Item	57
3.4	Construção dos itens	71
3.4.1	Currículo Básico Comum	75
3.4.2	Competências e Habilidades	76
3.4.3	Descritores	77
3.4.4	Distratores	77
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>81</b>
4.1	Instrumentos da avaliação da aprendizagem	81
4.1.1	Teste do 1º Ano	83

4.1.2	Teste do 2º Ano . . . . .	84
4.1.3	Teste do 3º Ano . . . . .	87
4.2	<b>Procedimentos de coleta de dados . . . . .</b>	<b>89</b>
4.3	<b>Procedimentos de análise de dados . . . . .</b>	<b>91</b>
5	<b>PRODUTO EDUCACIONAL . . . . .</b>	<b>95</b>
5.1	Ficha pedagógica dos itens . . . . .	96
6	<b>RESULTADOS . . . . .</b>	<b>100</b>
7	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO . . . . .</b>	<b>105</b>
7.1	Análise comparativa TCT e TRI . . . . .	105
7.2	Análise do Teste 1º Ano . . . . .	105
7.3	Análise do Teste 2º Ano . . . . .	109
7.4	Análise do Teste 3º Ano . . . . .	112
7.5	<b>Análise dos Itens comum aos Testes . . . . .</b>	<b>116</b>
7.5.1	Itens 1Q1 e 2Q11 . . . . .	116
7.5.2	Itens 1Q3 e 2Q14 . . . . .	118
7.5.3	Itens 1Q4, 2Q9 e 3Q21 . . . . .	119
7.5.4	Itens 1Q6 e 2Q5 . . . . .	121
7.5.5	Itens 1Q10 e 2Q15 . . . . .	122
7.5.6	Itens 2Q1 e 3Q18 . . . . .	123
7.5.7	Itens 2Q2 e 3Q19 . . . . .	124
7.5.8	Itens 2Q3 e 3Q9 . . . . .	125
7.5.9	Itens 2Q4 e 3Q10 . . . . .	126
7.5.10	Itens 2Q16 e 3Q12 . . . . .	127
7.5.11	Itens 1Q12 e 3Q22 . . . . .	128

8	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	130
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	134
	APÊNDICES	139
	APÊNDICE A – Caracterização das cidades participantes . . . . .	140
	APÊNDICE B – Caracterização das escolas participantes . . . . .	145
	ANEXOS	152
	ANEXO A – Matriz Curricular do Projeto Reinventando o Ensino Médio (SEE-MG)	153

## 1 INTRODUÇÃO

Essa dissertação tem como objetivo criar, testar, calibrar e validar, usando a Teoria de Resposta ao item (TRI) e a Teoria Clássica de Testes (TCT), um banco de itens para uma avaliação sequencial, objetivando verificar a aprendizagem e a evolução da compreensão do conceito de Energia nos três anos do Ensino Médio.

O conceito de Energia é um relevante indicador de compreensão dos conceitos de física porque, no âmbito escolar, ele perpassa todos os anos e diversas disciplinas, como por exemplo, a Física, a Química, a Biologia e a Geografia. Como exemplo podemos citar a disciplina de Geografia, que identifica os recursos energéticos e seu uso nos índices de desenvolvimento de um país. Na disciplina de Biologia o tema Energia aparece na fotossíntese, estuda-se sobre a Energia presente nos alimentos e sua importância para a manutenção da vida. Na Biologia também se discutem os efeitos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis para obtenção de Energia. Na Física o tema Energia aparece na Mecânica, na Termologia, na Física Ondulatória, Eletromagnetismo e na Física Moderna. São inúmeros os tópicos onde o conceito é relevante nas diversas disciplinas do Ensino Médio.

Devido, a relevância desse tema é necessário, portanto, que o professor acompanhe o desenvolvimento de seus estudantes durante o processo de ensino e aprendizagem. Para isso é necessário um instrumento de avaliação eficiente, que permita ao professor acompanhar o processo de ensino, isso lhe possibilitará fazer as intervenções pedagógicas necessárias para garantir uma aprendizagem significativa.

Desde o trabalho inicial de Hestenes e colaboradores (HESTENES; WELLS; SWACKHAMER, 1992), diversos instrumentos de avaliação foram desenvolvidos para a avaliação de diferentes conceitos de Física. Os primeiros instrumentos de avaliação usados estavam voltados apenas para aferir o coeficiente de aprendizagem dos estudantes. Esses instrumentos de avaliação usados tinham como objetivo definir em apenas um único indicador a aprendizagem dos estudantes. Entretanto, até a presente data, desconhecemos a existência de instrumentos de avaliação adequados a um estudo longitudinal, que permita a avaliação do processo de aprendizagem e sua evolução.

Diante deste desafio, nesse trabalho foram elaborados, testados e calibrados, com uso da Teoria de Resposta ao Item (TRI), itens para serem usados em um modelo de avaliação sequencial, a qual possa verificar a evolução conceitual dos estudantes do Ensino Médio, sobre o tema Energia.

Faz-se uma breve discussão sobre a evolução histórica do termo Energia, desde as ideias iniciais devidas a Aristóteles em 325 a.C., até sua formalização atual com Joule em 1845.

No referencial teórico encontra-se uma breve discussão dos conceitos de avaliação, bem como uma introdução à Teoria Clássica de Testes (TCT) e à Teoria de Resposta ao Item (TRI), que foram os métodos usados para analisar e caracterizar estatisticamente os itens. Também se encontram as definições de Currículo Básico Comum (CBC), Competências, Habilidades, Descritores e Distratores, conceitos importantes para esse trabalho.

Os testes foram construídos a partir da análise da matriz curricular do ensino de Física, do projeto Reinventando o Ensino Médio, da Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais (SEE – MG). Essa matriz curricular

encontra-se no Anexo.

Os itens elaborados fizeram parte de três testes aplicados a estudantes de escolas de Ensino Médio de Formiga, Lavras e Três Corações, com o objetivo de verificar o nível de aprendizagem, de compreensão e a evolução do conceito de Energia, apresentados pelos estudantes no contexto do Ensino Médio no sul de Minas Gerais.

Depois de aplicados a uma amostra de 650 estudantes, os itens foram calibrados utilizando a TRI. As respostas aos itens foram tabuladas e em seguida, analisadas pelo software ICL (Item Response Theory Command Language – ICL), para a estimativa dos parâmetros da TRI, utilizando o modelo logístico de três parâmetros (ML3P).

Os resultados da análise dos itens são apresentados e discutidos de acordo com a TCT e a TRI.

O produto da presente dissertação é um banco de itens testados e calibrados que estão disponíveis no site <http://lite.dex.ufla.br/>. Os itens tratam do tema Energia, ensinado nos três anos do Ensino Médio.

Os itens relativos ao 1º. Ano tratam da Energia Mecânica e sua conservação, os itens do 2º. Ano tratam do Calor e os itens do 3º. Ano tratam da Energia Elétrica.

Cada item é apresentado através de uma ficha descritiva, que apresenta uma análise estatística baseada na TCT e na TRI, além de uma análise pedagógica voltada para o professor que utilizar os itens nas suas avaliações.

## 1.1 Motivação

Em 1993 conclui o Ensino Médio na escola Estadual Padre José Sangali, em Córrego Fundo - MG. No período de 1994 a 1996 cursei Técnicas Agrícolas na Escola Agrotécnica Federal de Bambuí.

Em 1997 ingressei no curso de Ciências da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FAFI), em Formiga-MG. Hoje a FAFI recebe o nome de Centro Universitário de Formiga (UNIFOR-MG). Cursei três anos de Licenciatura Curta, na qual obtive o diploma para lecionar Ciências e Matemática para o Ensino Fundamental. No quarto ano de faculdade cursei Física, conseguindo o título de Licenciatura Plena em Física. Fiz os estágios obrigatórios exigidos pela faculdade na Escola Estadual Padre José Sangali, concluindo assim, a Licenciatura Plena em Física em 2000.

Particpei em 1999 do Curso Pró-Ciência oferecido pela Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais (SEE-MG), realizado na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Este curso tinha como objetivo ensinar novas práticas pedagógicas, nos conteúdos de Física, para professores da rede estadual de educação.

Em 2002 conclui o curso de pós-Graduação "latu sensu" em Ensino de Física pelo UNIFOR-MG.

Particpei em 2009 e 2010 do GDP, curso de aperfeiçoamento para professores da rede estadual de ensino, também oferecido pela SEE-MG. O GDP era formado por grupos de estudos, com professores e pedagogos, montados dentro da escola e desenvolvia projetos na área pedagógica para melhoria do ensino nos níveis Fundamental e Médio.

Comecei a lecionar, como professor de Física, para o Ensino Médio

como contratado da rede estadual de ensino em 1997. Em 2001 fui aprovado no concurso da SEE-MG para professor de Ciências no Ensino Fundamental, sendo nomeado em 3/7/2002, na Escola Estadual Joaquim Rodarte em Formiga - MG.

Lecionei no curso de Física da FAFI nos anos de 2001 e 2002.

Desde 2002 leciono Matemática no Colégio Losango de Formiga, Formiga-MG, franqueada da Rede Anglo de Ensino.

Em 2004 fiz o segundo concurso da SEE-MG, para o cargo de professor de Física, sendo aprovado e nomeado em 4/2/2005 na Escola Estadual Jalcira Santos Valadão.

Desenvolvi a atividade de Gestor de Escolar, como vice-diretor, na Escola Estadual Doutor Abílio Machado no período de 3/4/2006 a 5/7/2007, onde participei dos projetos de reforma e ampliação das instalações da escola.

Durante toda minha carreira no magistério estudei e pesquisei sobre o processo de avaliação. Avaliação faz parte do cotidiano escolar, devido ao avanço da implantação de sistemas de avaliação em larga escala, o tema avaliação está sempre sendo discutido e abordado com muita frequência, tanto internamente, quanto externamente à escola. Considero, portanto, a avaliação como algo essencial para a eficiência do processo de ensino-aprendizagem.

Em minha experiência docente constato que o processo de avaliação deve ser contínuo durante a prática pedagógica, permitindo assim, que o professor conheça as dificuldades, as deficiências e os avanços de seus estudantes. O acompanhamento do processo de ensino-aprendizagem através da avaliação, permite ao professor fazer as intervenções pedagógicas necessárias para que se alcance uma aprendizagem satisfatória pois, segundo [Ausubel](#)



(2000), o conhecimento da estrutura conceitual do estudante é importante para a identificação de "*subsunções*". Trataremos deste aspecto no referencial teórico.

## 1.2 Justificativa

A presente dissertação se justifica devida ao papel fundamental da avaliação no processo didático-pedagógico. O produto deste trabalho é importante porque nele pretende-se elaborar, testar, calibrar e disponibilizar itens que poderão ser utilizados por professores, para verificar as habilidades adquiridas pelos estudantes, sobre o conceito de Energia. Esses itens poderão ser usados para a elaboração de uma avaliação sequencial, ou seja, uma avaliação que acompanhe os estudantes durante as etapas de sua formação. Essa avaliação poderá ser aplicada a estudantes dos três anos do Ensino Médio.

Estudar o desenvolvimento do tema Energia é de grande importância no mundo moderno em que vivemos, pois o termo Energia é amplamente utilizado na descrição e na explicação de fatos cotidianos. Esse tema é apresentado no âmbito escolar em várias disciplinas, por exemplo: a Geografia identifica os recursos energéticos e seu uso nos índices de desenvolvimento de um país. Na Biologia, o tema Energia aparece na fotossíntese, passa pelo consumo de alimentos para a manutenção da vida, pelos efeitos ambientais causados pelo seu uso. Na Física não é diferente, ele é um conceito presente em todos os ramos estudados, tais como: Mecânica, Termologia, Ondulatória e Eletromagnetismo.

Uma crítica que deve ser feita ao ensino de Energia na Física é o fato dos professores o ensinarem muitas vezes de forma desconexa. Percebe-se que

não há conexão entre os temas Energia Mecânica, Termologia e a Eletricidade. Os itens elaborados nesse trabalho podem auxiliar o professor a descobrir essas falhas na conexão entre esses temas e planejar intervenções pedagógicas que resolvam esse problema.

Nesse projeto foram elaborados itens sobre o conceito de Energia, que foram aplicados e calibrados com uso da TRI. Com isso será possível identificar quais habilidades foram adquiridas pelos estudantes e como eles usam essas habilidades para relacionarem e resolverem situações que envolvam as diferentes formas de Energia.

## 2 AVALIAÇÃO E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

### 2.1 Colocação do problema

Para a colocação do problema faremos referência ao estudo do psicólogo norte americano [Ausubel \(2000\)](#).

Ausubel tem como conceito central de sua teoria o que ele chama de aprendizagem significativa, que consiste no processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *subsunçor*. Em outras palavras, *subsunçores*

"... podem ser proposições, modelos mentais, construtos pessoais, concepções, ideias, invariantes operatórios, representações sociais e, é claro, conceitos, já existentes na estrutura cognitiva de quem aprende.

Subsunçores seriam, então, conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos."([MOREIRA, 2011](#), p. 28)

De acordo com [Ausubel \(2000\)](#) a estrutura cognitiva do indivíduo segue uma estrutura hierárquica de conceitos assimilados pelo indivíduo. O que deve ser levado em consideração é que esses subsunçores podem ser abrangentes e bem desenvolvidos ou limitados e pouco desenvolvidos. Neste aspecto, os conceitos constituem um aspecto importante da teoria da assimilação de Ausubel, pois a aprendizagem depende da disponibilidade de conceitos subordinantes (na aquisição conceptual por subsunção), ou de

conceitos subordinados (na aquisição conceptual subordinante), na estrutura cognitiva do estudante.

O contraste com a aprendizagem significativa é a aprendizagem mecânica que pode ser definida, segundo [Ausubel \(2000\)](#), como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Nesse caso a nova informação é armazenada de maneira arbitrária, ou seja, não há interação entre a nova informação e aquela armazenada. Como consequência, a inexistência de pontos de ancoragem faz com que a aprendizagem mecânica seja muito volátil, facilmente legada ao esquecimento.

Em alguns casos a aprendizagem mecânica pode servir como subsunçores para a aprendizagem significativa, pois alguns conceitos assimilados mecanicamente podem ser trabalhados e bem mais elaborados no processo de ensino e aprendizagem. Uma sugestão de [Ausubel \(2000\)](#) é o uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e que levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores, os quais facilitam a aprendizagem. É preciso ligar uma nova ideia a uma estrutura cognitiva específica para essa ideia, ou seja, devemos procurar algo na estrutura cognitiva que se relaciona com o novo conhecimento.

De acordo com [Moreira \(2011\)](#) a melhor maneira de verificar a aprendizagem significativa é formular problemas com uma linguagem nova, algo não familiar aquilo que o estudante memorizou. Usar novos contextos, diferir do material instrucional. Assim ele poderá mostrar o que realmente aprendeu.

De acordo com [Moreira \(2011\)](#) Ausubel apresenta três tipos de

aprendizagem significativa. São elas: a aprendizagem representacional, a aprendizagem de conceitos e a aprendizagem proposicional. A aprendizagem representacional é basicamente uma associação simbólica primária. Atribuindo significados a símbolos como, por exemplo, valores sonoros vocais a caracteres linguísticos. É o tipo mais básico, da qual todas as demais dependem. A aprendizagem de conceitos é uma extensão da representacional, mas num nível mais abrangente e abstrato, como o significado de uma palavra por exemplo. É nela que temos a representação das abstrações dos eventos ou dos objetos. A aprendizagem proposicional é o inverso da representacional. Necessita-se claramente do conhecimento prévio dos conceitos e símbolos, e seu objetivo é promover uma compreensão sobre uma proposição através da soma de conceitos mais ou menos abstratos. Por exemplo, o entendimento sobre algum aspecto social.

O processo, no qual, a nova informação adquire significado por meio de interação com subsunçores, reflete uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente, o qual é chamado de aprendizagem subordinada. Por outro lado, a aprendizagem superordenada é aquela que se dá quando um conceito potencialmente significativo, mais geral e inclusivo do que ideias ou conceitos já estabelecidos nas estruturas cognitivas, é adquirido a partir destes e passa a assimilá-los. Já a aprendizagem combinatória, por sua vez, é a aprendizagem de proposições e, em menor escala, de conceitos que não guardam uma relação de subordinação ou superordenação com proposições ou conceitos específicos.

De acordo com a teoria de Ausubel em [Moreira \(2011\)](#), o primeiro fator a considerar é a estrutura cognitiva do aprendiz no momento da aprendizagem. A estrutura cognitiva do aprendiz pode ser influenciada de duas

maneiras: primeiro substantivamente, pela apresentação, ao aprendiz, de conceitos e princípios unificadores e inclusivos; segundo, programaticamente, pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino.

Baseado na teoria da aprendizagem significativa pode-se concluir que avaliar a estrutura conceitual dos estudantes é uma tarefa necessária. Através da avaliação torna-se possível, uma análise do processo de formação dos estudantes. É possível acompanhar como os conceitos são assimilados, abstraídos e correlacionados na mente dos estudantes.

Avaliar a aprendizagem é uma tarefa complexa porque são inúmeras as variáveis que estão envolvidas no processo de aprendizagem e que devem ser observadas durante o processo de avaliação.

Faz-se necessário avaliar a aprendizagem, para que se conheçam quais são os subsunçores que os estudantes possuem e compreender como eles relacionam conhecimentos prévios com os novos conceitos que lhe são apresentados.

Os desafios enfrentados pelos pesquisadores da área, envolvidos com a questão da avaliação educacional é criar instrumentos de avaliações que possam mostrar o desenvolvimento dos estudantes ao longo dos anos de ensino. A maior parte das avaliações usadas hoje tem caráter seccional e não caráter sequencial, ou seja, a avaliação seccional verifica apenas o conhecimento adquirido em um determinado momento do processo, enquanto a avaliação sequencial faz um acompanhamento do aprendizado dos estudantes ao longo do tempo escolar.

Com o uso de avaliações sequenciais podemos aferir a desenvolvimento dos estudantes ao longo do processo, temos condições de saber o quanto os estudantes sabiam inicialmente e verificar o quanto foi apreendido ao longo do processo. Com isso podemos verificar se houve uma evolução do conhecimento, se houve realmente uma aprendizagem significativa.

O maior interesse em se viabilizar a avaliação sequencial é a possibilidade de realizar estudos longitudinais que permitam a estimativa de "valor agregado". De acordo com McCaffrey et al. (2004) valor agregado é a diferença ou o ganho em proficiência do estudante durante sua vida escolar. O uso do valor agregado tem como finalidade tentar subtrair os fatores externos à escola.

A estratégia metodológica de se trabalhar com o valor agregado, ou seja, com a diferença ou o ganho em proficiência dos estudantes e não diretamente com o valor absoluto da proficiência visa, inicialmente, subtrair os fatores externos à escola. Em especial, a constatação da forte correlação entre a proficiência inicial dos estudantes e o seu Nível Socioeconômico (NSE) desautoriza uma associação direta entre a proficiência média da escola, medida pelas notas em avaliações de larga escala e a sua eficácia educacional. Portanto, a apuração da eficácia de uma escola deve ter como base o valor agregado pela escola no processo educacional. (LEITÃO, 2015, p.6, tradução nossa)

Um dos resultados mais marcantes, e muitas vezes incompreendido pelos pesquisadores em educação, é a forte correlação encontrada entre proficiência e nível sócioeconômico.

Em especial, a constatação da forte correlação entre a proficiência inicial do estudante e o seu Nível

Socioeconômico (NSE) desautoriza uma associação direta entre a proficiência média da escola – medida pelas notas em avaliações de larga escala – e a sua eficácia educacional. Portanto, a apuração da eficácia de uma escola deve ter como base o valor agregado pela escola no processo educacional. (LEITÃO, 2015, p.4, tradução nossa)

Assim, a abordagem de valor agregado em um estudo longitudinal permite uma análise mais justa do processo educacional. Pré-requisito para este tipo de estudo é a existência de um banco de itens que permita a análise da evolução da proficiência do estudante no processo escolar. Este é o contexto em que o presente trabalho se insere. Ele é, portanto, uma etapa importante e necessária para a realização de estudos longitudinais de avaliação da aprendizagem em Física.

No Brasil, nos últimos anos foi criado um conjunto de instrumentos para a avaliação do desempenho dos estudantes em todos os níveis de ensino. Podemos citar o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), a Prova Brasil, o PAAE em Minas Gerais, o Enem e várias outras experiências estaduais e municipais de avaliação.

Todas essas avaliações buscam monitorar a situação educacional mediante uma sequência de questões que, com métrica comparável ao longo do tempo, apresentam as tendências na evolução da qualidade da educação brasileira. De acordo com Franco, Brooke e Alves (2008) a demanda por informações sobre o estado e a evolução da qualidade da educação brasileira tem sido relatada pelos projetos de avaliação em curso, no país.

Seguindo os resultados dessas avaliações o poder público estabelece suas políticas na área educacional, criando projetos que promovam melhorias



na Eficácia Educacional dos estudantes brasileiros.

Entretanto, os projetos de avaliação educacional em larga escala, consolidados no Brasil são seccionais, isto é, eles medem o desempenho dos estudantes em um dado momento específico de sua vida escolar.

No entanto, o fato do SAEB ter coletado informações sobre estudantes e escolas brasileiras em, por exemplo, 1995, não significa que esse pode servir para investigar quais fatores escolares estavam associados ao maior desempenho em leitura ou em matemática naquele ano. Empreendimentos desta natureza possuem uma limitação básica: a medida de desempenho em leitura ou em matemática é um agregado do aprendizado dos estudantes ao longo de muitos anos. Já as medidas escolares disponíveis referem-se às condições escolares no ano da coleta de dados. Esta falta de sintonia temporal entre a medida do desempenho e as medidas das condições escolares, fragiliza as análises e inviabilizam a formulação de políticas de qualidade e equidade baseadas em evidências sólidas. (FRANCO; BROOKE; ALVES, 2008, p. 3)

Diversos são os autores que mostram as dificuldades da utilização de dados seccionais para investigar a relação entre fatores escolares e a Eficácia Educacional dos estudantes. Segundo Raudenbush, Fotiu e Cheong (1998), além do problema de atribuir causalidade a literatura, temos a ausência dos indicadores anteriores de desempenho dos estudantes e assim não podemos calcular o ganho atribuível aos fatores escolares. Completando, Goldstein (1995) retrata a impossibilidade de fazer inferências confiáveis sobre a eficácia das escolas com base em uma única medida do desempenho. Estas dificuldades levam vários autores a especificar certos requisitos mínimos para o estudo dos fatores escolares, entre os quais se destaca a necessidade da coleta repetida de dados em um desenho de pesquisa sequencial.

De acordo com Lee e Bryk (1989) a avaliação sequencial permite investigar de fato, o aprendizado, que é considerada como a medida de mudança no tempo, em vez de medir só o rendimento, que é um atributo meramente estático. Segundo Goldstein (1997) deve haver condições mínimas para formular inferências satisfatórias a respeito de uma determinada escola e de um determinado estudante.

A primeira delas é que o estudo seja sequencial, de modo que diferenças preexistentes entre os estudantes e eventos contingentes subsequentes entre as escolas possam ser levados em consideração. Na segunda temos que ter incumbência da análise multinível apropriada para que as inferências estatísticas sejam válidas e, em particular, que a Eficácia Educacional seja investigada. E por último que se ofereça alguma explicação plausível do processo, pelo qual as escolas se tornam mais eficazes.

Uma vez que fundamentamos essa pesquisa em conceitos já trabalhados por outros autores devemos então partir para a elaboração objetivo principal desse projeto que é criar, testar e calibrar com a TRI, itens que permitam verificar as habilidades adquiridas pelos estudantes e como eles relacionam as diferentes formas de Energia apresentadas nos três anos do Ensino Médio.

Para a criação de itens para uma avaliação é necessário conhecer quais são os aspectos a serem avaliados. Portanto, foi necessário um estudo da Matriz Curricular do Ensino de Física no estado de Minas Gerais e também da Matriz Curricular de Física do Enem.

Em 2014 a Secretaria de Educação de Minas Gerais determinou que o projeto Reinventando o Ensino Médio passasse a ser a diretriz político-

pedagógica do Ensino Médio nas escolas da rede estadual de ensino, portanto, usamos neste trabalho a readequação do Currículo Básico Comum (CBC) de Física à estrutura curricular desse projeto.

Alguns aspectos devem ser observados para a formulação de itens para constituir uma avaliação. No enunciado do item, devem-se apresentar todas as informações de que o estudante necessita para a compreensão e resolução do item proposto. Essas informações devem ser claras e suficientes, conduzindo assim o estudante para a resolução do item.

Um cuidado que se deve ter com as alternativas é não mesclar assuntos, não criar detalhes para falsear a alternativa, ou seja, não variar o foco. Deve-se evitar a introdução de termos dúbios ou controversos, e não colocar palavras que configurem pistas de resposta do item.

É necessário que o planejamento de cada item seja feito para avaliar o resultado de cada etapa do processo de aprendizagem. Os itens devem estimular o exame crítico, a capacidade de analisar, criar, comparar, deduzir e sintetizar dos estudantes.

Recomenda-se que os itens sejam desvinculados uns dos outros para evitar erros em cadeia. Torna-se necessário o controle da dificuldade do item pela dificuldade do conteúdo e pela complexidade da habilidade avaliada.

Itens bem elaborados auxiliam de forma mais eficiente a compreensão dos resultados da avaliação, evidenciam ao professor se o estudante conseguiu ou não alcançar as habilidades necessárias para a compreensão do conteúdo testado.

Outras considerações importantes sobre os itens serão dadas no Referencial Teórico.

## 2.2 Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo criar, testar e validar, usando a TRI e a TCT, um banco de itens para uma avaliação sequencial, objetivando verificar a aprendizagem e a evolução da compreensão do conceito de Energia, pelos estudantes nos três anos do Ensino Médio nas escolas públicas e particulares nas regiões centro-oeste e sul de Minas Gerais.

## 2.3 O conceito de Energia e sua evolução

De acordo com [Feynman, Leighton e Sands \(1980\)](#), apesar de todo o desenvolvimento científico adquirido pela humanidade, pode-se afirmar que a Física não tem conhecimento do que realmente é Energia.

Por não termos até hoje um conceito bem definido a respeito do que é Energia, torna-se uma tarefa bem mais complexa ensinar sobre esse tema no Ensino Médio das escolas brasileiras. De acordo com [Coelho \(2009\)](#) existem vários estudos que comprovam a dificuldade em ensinar o conceito de Energia para os estudantes do Ensino Médio. Alguns desses estudos foram feitos por [Watts \(1983\)](#), [Solomon \(1985\)](#), [Duit \(1987\)](#), [Trumper \(1990\)](#), [Barbosa e Borges \(2006\)](#) e muitos outros. Segundo [Beynon \(1990\)](#) há um erro no enfoque do termo Energia. Para ele alguns estudiosos tratam Energia com algo real, ao invés de tratá-la como quantidade física abstrata. Segundo [Arons \(1999\)](#) a Energia não é algo concreto e o princípio da conservação da Energia é um princípio puramente matemático. Nos livros didáticos atuais o que percebemos com maior ênfase são as diferentes formas pelas quais a Energia pode se manifestar. O estudo da Energia é baseado quase em sua totalidade nos fenômenos de transformação da Energia e em sua conservação.

Segundo Frontali (2014) a ideia da elaboração e construção do conceito de Energia surgiu em meados do século XIX. A análise das contribuições dadas por uma série de cientistas que serão citados mais adiante leva a crer que o estudo da biologia física colaborou para a concepção do conceito de Energia e para a fundamentação da lei da conservação da Energia.

Os seres humanos percebem, por observação simples desde a antiguidade, que animais vivos emitem calor e percebem, é claro, que esse calor deixa de ser transmitido quando esses animais estão mortos. Conclui-se, portanto que as primeiras observações sobre formas de Energia surgiram ainda nos primórdios do desenvolvimento da humanidade.

De acordo com Frontali (2014) Aristóteles, Galeno e Michele Serveto contribuíram para o estudo do calor nos animais, através do estudo da circulação sanguínea.

Considerado como o fundador da ciência moderna o político e filósofo inglês Francis Bacon, em seu tratado intitulado "*On Calor*", descreve como formas de calor os incêndios, raios solares e as águas termais. De acordo com Frontali (2014) Bacon declara que o calor animal aumenta por meio de movimentos e exercícios físicos, consumo de vinhos e quando acontece a febre e a dor.

Segundo Frontali (2014) Joseph Black físico e químico escocês diferenciou calor de temperatura.

O calor pode ser considerado tanto no que diz respeito a sua quantidade ou a sua intensidade. Assim, duas libras de água, igualmente aquecidas, devem conter o dobro da quantidade de calor, embora o termômetro aplicado a eles ou separadamente, fica exatamente no mesmo ponto, porque requer

o dobro do tempo para aquecer duas libras, do que para aquecer uma. (FRONTALI, 2014, p. 567, tradução nossa)

Outra importante contribuição de Black é a definição dos conceitos de Capacidade Térmica de um corpo e de Calor Latente absorvido ou emitido em temperatura constante, na mudança de fase. Em 1761 Black descobriu que o gelo absorve calor sem mudar de temperatura enquanto derrete. Black considerava o calor como uma substância material.

De acordo com Coelho (2009) Julius Robert Von Meyer observando a coloração do sangue dos passageiros de um navio, concluiu que o corpo humano é capaz de produzir tanto calor, quanto Trabalho, e que uma forma pode ser transformada na outra.

Para provar que o movimento produz calor, Meyer agitou a água em um recipiente com veemência e a temperatura da água subiu de 12 para 13 graus. A máquina a vapor é o exemplo usado por Meyer para explicar que o calor produz movimento. Então Meyer utilizou o calor específico do ar atmosférico a uma pressão constante e volume constante para escrever a equação da transformação de Energia.

À medida que o calor específico a pressão constante ( $C_p$ ), é maior do que o calor específico a volume constante ( $C_v$ ), mas no primeiro caso de haver algum movimento e no segundo não há nenhuma, Meyer considera a diferença,  $C_p - C_v$ , igual à "força" realizada na variação do volume, contra a pressão atmosférica. Esta "força" é calculada pelo produto entre o peso da coluna de ar,  $W$ , e a variação de volume, em função da altura  $h$ . Escrevendo  $C_p - C_v = Wh$  e introduzindo nessa equação os valores experimentais conhecido nesse tempo, Meyer atinjiu o resultado: a queda de um corpo de massa

$m$  a partir da altura de cerca de 365 m corresponde ao aquecimento de uma massa  $m$  de água de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $1^{\circ}\text{C}$ . (COELHO, 2009, p.2649, tradução nossa)

Os trabalhos de Meyer foram apresentados de forma completa e organizada apenas em 1851, após uma dura disputa de propriedade, iniciada em 1848, entre Meyer e James Prescott Joule. Eles disputavam a ideia da equivalência entre calor e Trabalho, e não a questão da conservação da Energia.

De acordo com Coelho (2009) James Prescott Joule estudou a natureza do calor, e descobriu a relação do calor com o Trabalho mecânico. Isso o direcionou para a teoria da conservação da Energia.

Em 1845, Joule apresentou pela primeira vez a experiência da roda de pás. O aparelho consiste em uma roda de pás de bronze que trabalha horizontalmente dentro de uma lata de construção peculiar cheia com água. Esta pá se move por meio de massas ligadas a duas polias que trabalham em direções opostas.

Para chegar as suas conclusões, Joule mediu os pesos na balança, as distâncias que eles se movimentavam e calculou o calor devido ao aumento da temperatura da água. Então concluiu que  $\alpha$  unidades de Energia é igual a  $\beta$  unidades mecânicas de calor. Isso lhe permitiu calcular o equivalente mecânico do calor.

Como Joule não era físico, pode-se dizer que ele encontrou métodos experimentais para a determinação do equivalente mecânico de calor. Ele mediu a "Energia mecânica", o calor desenvolvido, estabeleceu uma relação numérica e determinou o equivalente mecânico do calor.

De acordo com Frontali (2014) em 1844, William Robert Grove postulou uma relação entre mecânica, calor, luz, eletricidade e magnetismo tratando todas elas como manifestação de uma única força (Energia em termos modernos). Grove publicou suas teorias em seu livro “*A Correlação de Forças Físicas*”.

Em 1847, aperfeiçoando o trabalho anterior de Joule, Sadi Carnot, Émile Clapeyron, Hermann von Helmholtz, chegaram a conclusões similares às de Grove e publicaram suas teorias no livro “*Sobre a Conservação de Força*”, Frontali (2014).

Hoje, a parte histórica da Física não é ensinada para os estudantes. Os motivos podem ser os mais diversos. Um exemplo é o fato dos professores terem apenas duas aulas semanais, com isso o tempo fica curto e os professores deixam de lado o aspecto histórico. Outro motivo seria o livro didático, muitos deles não trazem a parte histórica dos conhecimentos físicos que foram adquiridos ao longo dos tempos.

Vamos descrever como os livros didáticos atuais abordam o conceito de Energia e conservação da Energia.

Em seu livro didático Bonjorno et al. (2013), citado aqui, pelo fato de que em 2013 foi escolhido como livro didático por muitas escolas mineiras, define Energia e conservação da Energia da seguinte forma:

Seja qual for a forma assumida, a Energia representa a capacidade de fazer algo acontecer ou funcionar. Podemos dizer que Energia é a capacidade de realizar algum Trabalho... A Energia não se cria e não se destrói, mas apenas se transforma em outro tipo de Energia, em quantidades iguais... Num sistema conservativo, a Energia Mecânica total permanece constante, qualquer que seja a



transformação do sistema. (BONJORNO et al., 2013, p. 193; 219; 220)

Outra forma importante de Energia é o calor. O conceito de calor como forma de Energia também é tratado nos livros didáticos atuais e na maioria das escolas é estudado no 2<sup>o</sup>. Ano do Ensino Médio.

Em seu livro didático Alvarenga e Máximo (2011), que durante anos foram referência entre os professores mineiros de Física, adotam os seguintes conceitos para calor, trocas de calor e 1<sup>a</sup>. Lei da Termodinâmica:

Calor é a Energia transferida de um corpo para outro em virtude, unicamente, de uma diferença de temperatura entre eles... O calor liberado pelos corpos que se esfriam é igual ao calor total absorvido pelos corpos que se aqueceram... 1<sup>a</sup> Lei da Termodinâmica (Conservação da Energia), quando uma quantidade de calor  $Q$  é absorvida ( $Q$  positivo) ou cedida ( $Q$  negativo) por um sistema e um Trabalho é realizado por este sistema ( $T$  positivo) ou sobre ele ( $T$  negativo), a variação da Energia interna,  $\Delta U$ , do sistema é dada por:  $\Delta U = Q - T$ . (ALVARENGA; MÁXIMO, 2011, p. 73; 90; 94).

Em seu livro didático Doca, José e Bôas (2012) usam os seguintes conceitos para Energia potencial elétrica e potência elétrica:

A Energia potencial elétrica armazenada no sistema constituído por duas cargas elétricas é diretamente proporcional ao produto dessas cargas e inversamente proporcional à distância entre elas. Onde a constante de proporcionalidade  $K$  é a constante eletrostática do meio onde as cargas elétricas estão... Potência elétrica é quociente entre a Energia elétrica, recebida por um equipamento, por unidade de tempo. (DOCA; JOSÉ; BÔAS, 2012, p. 61; 109)

Os itens elaborados e aplicados baseiam-se nesses conceitos atuais descritos acima, pois, os autores citados são referências nos conteúdos ministrados no Ensino Médio.

#### **2.4 Aspectos conceituais a avaliar**

Para determinar os aspectos conceituais que os itens deveriam avaliar, construiu-se um mapa conceitual. Segundo [Novak e Cañas \(2006\)](#):

Mapas conceituais são ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento. Eles incluem conceitos, geralmente dentro de círculos ou quadros de alguma espécie, e relações entre conceitos, que são indicadas por linhas que os interligam. As palavras sobre essas linhas, que são palavras ou frases de ligação, especificam os relacionamentos entre dois conceitos. ([NOVAK; CAÑAS, 2006](#), p.1, tradução nossa)

A fundamentação teórica para o mapeamento conceitual é a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel. Na aprendizagem significativa, o conhecimento novo se ancora em conhecimentos anteriores que lhe dão significado. Assim, no contexto do presente estudo, mapas conceituais são úteis na identificação dos conceitos e suas relações, visando ao estabelecimento dos descritores que cubram de forma completa o campo conceitual que desejamos investigar.

O tema central dos itens é Energia, nesse sentido será investigado o conceito das diferentes formas de Energia apresentadas aos estudantes e o processo da conservação da Energia. Os conteúdos analisados pelos itens fazem parte da Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo.

Observa-se pelo mapa conceitual da figura 1 que há uma ligação entre Mecânica e a Termodinâmica pelo tema Trabalho e entre Termodinâmica e Eletromagnetismo pelo tema Calor.

Nos itens do 1<sup>o</sup>. Ano foram analisadas a Energia Cinética a Energia Potencial, buscando uma relação com força e deslocamento, permitindo assim uma correlação desses conceitos com o Trabalho.

A Energia Térmica foi abordada nos itens do 2<sup>o</sup>. Ano, através do conceito de Calor. Através da 1<sup>a</sup>. Lei da Termodinâmica foi feita a relação de Calor com Trabalho e, portanto, fazendo a relação do Calor com a Energia Mecânica e sua conservação.

Essa relação permitiu a construção de itens que exigem dos estudantes habilidades adquiridas no 1<sup>o</sup>. Ano. Com isso é possível verificar se os estudantes possuem ou não as habilidades do ano anterior e se conseguem usá-las para resolução de uma nova situação problema.

Dentro do tema Energia elétrica foi abordado o tema circuitos elétricos, campo elétrico, Energia potencial elétrica, diferença de potencial elétrico e resistores.

Para fazer a relação com o conceito de Calor apresentado no 2<sup>o</sup>. Ano, foi usado o Efeito Joule. Com isso, alguns itens do 3<sup>o</sup>. Ano exigiram dos estudantes as habilidades adquiridas no estudo do Calor. Assim é possível verificar se os estudantes possuem as habilidades do ano anterior e se são capazes de usá-las em novas situações.

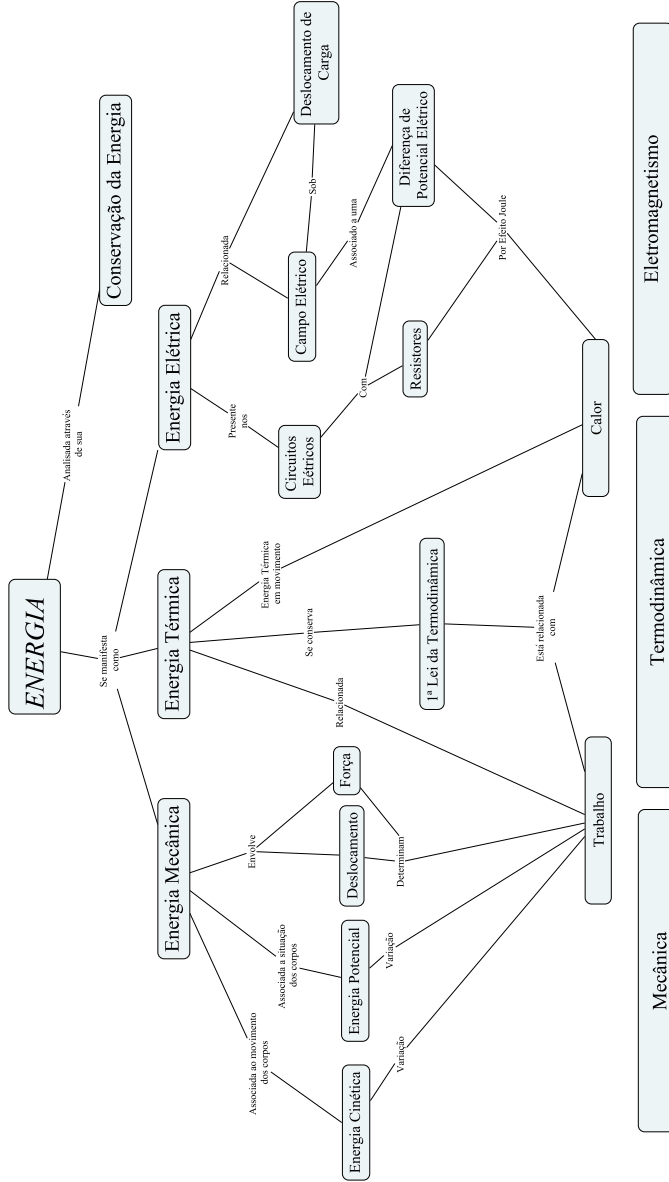


Figura 1 – Mapa conceitual para avaliar os aspectos conceituais a serem considerados para a elaboração dos itens (NOVAK; CAÑAS, 2006)

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Sobre Avaliação: definindo termos

A avaliação é um processo abrangente e complexo, que implica uma reflexão crítica sobre a prática pedagógica, no sentido de captar os avanços dos estudantes, suas deficiências conceituais e suas dificuldades de estabelecer relações entre as diversas informações recebidas. A avaliação educacional deve ter como finalidade possibilitar uma tomada de decisão sobre o que fazer para superar os obstáculos que impedem a aprendizagem dos estudantes.

De acordo com [Rocha \(2012a\)](#), colaboradora e autora do Glossário Ceale, criado pelo Centro de Alfabetização, Leitura Escrita (CEALE) da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerias (UFMG) a avaliação diagnóstica é definida como:

avaliação realizada no início de determinado momento da escolaridade, visando à apreensão de aprendizagens relativas a processos e/ou percursos anteriores. Nessa acepção, a avaliação diagnóstica tem o objetivo de auxiliar no delineamento de pontos de partida de processos de ensino. ([ROCHA, 2012a](#)).

Em certos aspectos, a avaliação diagnóstica pode ter funções formativas, ou seja, ela pode fornecer ao estudante um retorno sobre o seu próprio percurso no decorrer do processo de aprendizagem. Portanto, a avaliação diagnóstica pode ser entendida também como a avaliação que ocorre ao longo dos processos de ensino aprendizagem, com o objetivo claro de regulamentar e orientar esse processo. A avaliação diagnóstica passa a ser entendida como

aquela que verifica se o estudante aprendeu aquilo que lhe foi ensinado, a fim de identificar dificuldades de aprendizagem a serem superadas. Dessa forma o professor tem em mãos um instrumento que possibilita um novo planejamento do trabalho que será desenvolvido em sala de aula, com foco nas dificuldades enfrentadas pelos estudantes.

Para ser qualificada como diagnóstica, uma avaliação precisa privilegiar os processos de ensino aprendizagem e não a indicação de notas, classificações ou hierarquizações. À avaliação diagnóstica caberia contribuir para a identificação de habilidades e/ou competências que o estudante já domina, auxiliando na apreensão daquilo que precisa ser ensinado. (ROCHA, 2012a).

Outra modalidade de avaliação definida por Rocha (2012b), no glosário Ceale, é a avaliação externa.

A avaliação externa à escola recebe essa denominação porque é concebida, planejada, elaborada, corrigida e tem seus resultados analisados fora da escola. Ela busca aferir o desempenho demonstrado pelos estudantes, a fim de que seja possível confrontar o que o ensino é com o que deveria ser do ponto de vista do alcance de algumas habilidades. (ROCHA, 2012b).

A avaliação externa é também denominada avaliação sistêmica ou em larga escala. Sistêmica, quando se refere a uma rede ou sistema de ensino, o que ocorre, na maioria dos casos. Em larga escala, quando envolve um grande número de estudantes. Portanto a avaliação externa, sistêmica ou de larga escala tem como foco o ensino, o processo como um todo e a avaliação diagnóstica tem como foco a aprendizagem do estudante a partir do que lhe foi ensinado.

Os modelos de avaliação educacional que são usados hoje nas escolas brasileiras são, em sua maioria, avaliações somativas ou classificatórias. De acordo com esse modelo, os estudantes são classificados de acordo com uma nota. Essa nota indica se os estudantes estão aptos ou não a avançarem para o próximo ano de estudo.

Santos e Varela (2007) em um artigo publicado na Revista Eletrônica de Educação, fazem uma forte crítica a esse tipo de avaliação educacional.

Este tipo de avaliação pressupõe que as pessoas aprendam do mesmo modo, nos mesmos momentos e tenta evidenciar competências isoladas. Ou seja, algumas pessoas que por diversas razões têm maiores condições de aprender, aprendem mais e melhor. Outras, com outras características que não respondem tão bem ao conjunto de disciplinas, aprendem cada vez menos e são muitas vezes excluídos do processo de escolarização. (SANTOS; VARELA, 2007)

Em resumo temos que a avaliação diagnóstica é um instrumento que possibilita ao professor identificar o estágio de desenvolvimento do estudante. A avaliação formativa fornece ao estudante informações sobre suas lacunas conceituais e a avaliação somativa fornece a nota para a classificação do estudante.

Diante dessa crítica é preciso repensar os modelos de avaliação que são usados no cotidiano da sala de aula. Necessita-se, portanto de avaliações que possam mostrar as falhas na aprendizagem dos estudantes, avaliações que possam guiar o trabalho do professor, afim de que no final do processo o estudante adquira as habilidades necessárias em cada conteúdo apresentado.

Os estudantes brasileiros fazem diversas avaliações durante sua vida

escolar. As avaliações diagnósticas e formativas são aquelas elaboradas e aplicadas pelos professores de suas respectivas disciplinas. As avaliações externas são elaboradas pelos órgãos públicos de educação que são: Ministério da Educação e Cultura (MEC) e secretarias estaduais e municipais de educação. Os estudantes também participam de testes internacionais como o Programme for International Student Assessment (Pisa), desenvolvido e coordenado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

O Pisa busca extrapolar o conhecimento escolar, investigando a capacidade dos estudantes de analisar, raciocinar e refletir ativamente sobre seus conhecimentos e experiências, verificando quais competências foram adquiridas, durante sua vida escolar. No Brasil, o Pisa é coordenado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep).

Um dos objetivos das avaliações externas é identificar a evolução do ensino no país e obter dados que possam auxiliar nas políticas públicas de educação. Destacamos em Minas Gerais o Sistema Mineiro de Avaliação da Educação Pública (SIMAVE).

As avaliações realizadas pelo SIMAVE buscam aferir todas as dimensões do sistema educacional da rede pública estadual. Elas analisam os resultados alcançados em sala de aula, na escola e no sistema; na ação docente, na gestão escolar e nas políticas públicas para a educação; no nível de aprendizagem na alfabetização e nos conteúdos básicos do ensino fundamental e médio. (MINAS GERAIS. SEE, 2015b).

Dentro do SIMAVE temos o Programa de Avaliação da Rede Pública de Educação Básica (PROEB) e o Programa de Avaliação da Aprendizagem



Escolar (PAAE), que procuram identificar / aferir a proficiência do estudante pela sua nota (score) em testes de múltipla escolha no estado de Minas Gerais.

Outras avaliações externas que os estudantes brasileiros fazem são os vestibulares, sejam esses de instituições federais ou de instituições particulares, de ensino superior. Essas avaliações são unicamente classificatórias, porque através de sua nota o estudante ingressa no curso desejado.

Uma avaliação externa de destaque no Brasil é o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). O Enem foi criado em 1998 com o a finalidade de avaliar o desempenho dos estudantes que estavam concluindo a educação básica, ou seja, aqueles estudantes que estavam terminando o 3<sup>o</sup>. Ano do Ensino Médio regular. Através do resultado do Enem as instituições governamentais ligadas à educação, elaborariam políticas educacionais voltadas para a melhoria da qualidade do ensino básico.

A partir de 2009 o Enem passa por uma reformulação e passa a ser utilizado como mecanismo de seleção para o ingresso no ensino superior, perdendo assim a ideia inicial de avaliação diagnóstica, para uma avaliação classificatória.

O Enem também é utilizado para o acesso a programas oferecidos pelo Governo Federal, tais como o Programa Universidade para Todos (ProUni) e o Fundo de Financiamento Estudantil (Fies).

De acordo com Luckesi (2000) avaliação da aprendizagem é um tema de grande importância no processo de ensino aprendizagem. A avaliação não pode ser entendida apenas como o instrumento da aprovação ou reprovação dos estudantes, mas sim como um conjunto de orientações permanentes para

o seu desenvolvimento.

Portanto, faz-se necessário que professores usem instrumentos de avaliação da aprendizagem que possam contemplar todo o processo de ensino aprendizagem. Instrumentos que não sejam usados apenas para excluir, para classificar, aprovar ou reprovar, mas sim que dimensionem a aprendizagem dos estudantes, que mostrem aos professores as etapas do processo em que eles se encontram. Portanto a avaliação da aprendizagem deve guiar o processo de ensino aprendizagem.

Não é apenas no Brasil que o tema avaliação da aprendizagem é discutido, pesquisado e assume uma importância fundamental no processo de ensino aprendizagem. Nos conteúdos de Física, por exemplo, vários tipos de ferramentas de avaliação diagnóstica, têm sido desenvolvidas para examinar como os estudantes aprendem sobre a Física. Uma das avaliações pioneiras é o *Force Concept Inventory* (FCI), desenvolvido por [Hestenes, Wells e Swackhamer \(1992\)](#). Trata-se de um instrumento de renome para a avaliação da compreensão de estudantes, sobre a estrutura conceitual da mecânica newtoniana. O FCI foi traduzido para mais de 24 idiomas e é internacionalmente utilizado no campo de formação básica para os conteúdos de Física. É uma avaliação de trinta itens, com cinco alternativas cada, que pode ser resolvida quase inteiramente sem a utilização de fórmulas. Além disso, os distratores nas perguntas são construídos com base em concepções ingênuas, sobre mecânica newtoniana.

O FCI pode ser utilizado para avaliar a compreensão conceitual dos estudantes do Ensino Médio e em cursos introdutórios de mecânica.

Uma das razões do uso extensivo desse teste está no fato de que

os itens desenvolvidos possuem distratores eficientes para a identificação de lacunas conceituais. Não obstante, os itens do FCI continuam sendo investigados visando a sua validação. Yasuda e Taniguchi (2013) investigaram recentemente os itens Q.7 e Q.16 do FCI, com respeito à sua validação e questionaram a estrutura destes itens.

Outro teste conceitual utilizado para a compreensão de conceitos físicos é o *Test of Understanding Graphs in Kinematics* (TUG-K), um teste de múltipla escolha desenvolvido por Beichner (1994) para identificar a habilidade de estudantes na compreensão de gráficos de cinemática. Recentemente o TUG-K foi utilizado para a avaliação conceitual de tutores de ensino de Física Maries e Singh (2013), evidenciando dificuldades na interpretação dos gráficos de cinemática.

Um exemplo de estudo envolvendo o desenvolvimento de instrumentos de avaliação para compreender como os estudantes assimilam os conceitos físicos é o *Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test* (DIRECT), usado para verificar a compreensão dos estudantes sobre os circuitos elétricos. O teste foi elaborado, no contexto de sua tese de doutorado, por Engelhardt e Beichner (2004), e posteriormente utilizado pela Associação Americana de Professores de Física, em colaboração com a Universidade do Estado de Kansas e é apoiado pela National Science Foundation.

Outro teste na área de eletromagnetismo é o *Brief Electricity and Magnetism Assessment* (BEMA), que foi desenvolvido em 1997 por Lin et al. (2006). O BEMA tem como finalidade medir a compreensão e retenção qualitativa dos estudantes, sobre os conceitos básicos de eletricidade e magnetismo.

O BEMA é um teste de múltipla escolha com trinta itens, que abrange os conteúdos sobre eletricidade discutidos tanto no Ensino Médio como nos primeiros semestres dos cursos superiores. Os itens do teste são na maior parte qualitativos e alguns itens requerem apenas cálculos simples.

De acordo com [Lin et al. \(2006\)](#) os testes estatísticos que avaliaram o BEMA, indicam que o teste é confiável e que possui um índice de discriminação adequado para o seu objetivo.

A página <<http://www.ncsu.edu/per/TestInfo.html>>, do Departamento de Física da *North Carolina State University* (NCSU), contém vários testes sobre os conteúdos de Física. Na indicação dos testes a página também sugere artigos sobre os testes para os professores que queiram conhecer sobre os testes e os resultados de suas aplicações.

Dos testes citados na lista da NCSU, apenas dois têm o conceito de Energia como tópico central de interesse.

O primeiro é o *Energy and Momentum Conceptual Survey* (EMCS) que analisa os conceitos de Energia e Momento, elaborado por [David e Chandralekha \(2003\)](#), da Universidade de Pittsburgh. É um teste de múltipla escolha composto por vinte e cinco itens destinados aos estudantes do Ensino Médio e semestres iniciais de curso superior que contenham as disciplinas de Física. O teste investiga as dificuldades dos estudantes nos conteúdos de Energia e Momento. Um resumo da construção e análise da pesquisa está disponível em [David e Chandralekha \(2003\)](#).

O segundo é o *Energy Concept Assessment* (ECA). Trata-se de uma ferramenta de avaliação de vários temas relacionados ao conceito de energia. Foi criado inicialmente para a disciplina de *Matéria e Interações* e para

a disciplina de Mecânica Introdutória em cursos universitários da área de exatas. Em diversos aspectos, não é um teste adequado à realidade do Ensino Médio no Brasil.

Diante dessas considerações, justifica-se a importância da avaliação educacional no processo de ensino aprendizagem, como uma necessidade tanto para o cotidiano escolar, quanto para a definição de políticas educacionais. No cotidiano da escola é necessário buscar modelos de avaliação que possibilitem diagnosticar as falhas do processo de ensino aprendizagem, localizar quais habilidades não foram adquiridas pelos estudantes, com o objetivo de rever a prática pedagógica. Com isso deve-se buscar alternativas que auxiliem os estudantes a suprir essas habilidades que não foram alcançadas, fazendo um feedback do processo como um todo.

O presente trabalho parte do pressuposto que a utilização de ferramentas teórico-metodológicas adequadas para formulação e análise pedagógica de itens pode ser fundamental para o desenvolvimento de uma avaliação, que aponte para o grau de aprendizagem do estudante.

### **3.2 Teoria Clássica de Testes**

A Teoria Clássica de Testes (TCT) teve como origem o modelo de escore verdadeiro e de erro apresentado em 1904 pelo psicólogo britânico Charles Edward Spearman, nascido em Londres no dia 10 de setembro de 1863 e falecido em 17 de setembro de 1945. Com ênfase no conceito de correlação, Spearman publicou uma série de ensaios matemáticos onde argumentou que os resultados dos testes são imperfeitos por natureza e, portanto, a correlação observada entre duas medidas falhas seria com certeza inferior à correlação realmente existente.

De acordo com Primi (2012) ao explicar o significado dos termos medidas falhas e valores objetivos verdadeiros, Spearman criou os fundamentos da TCT. Seu alcance foi enorme, predominando a disciplina dos testes e medidas ao longo dos 50 anos seguintes à sua publicação.

A TCT tem por objetivo a interpretação da resposta final, ou seja, o que a soma dos itens corretos descreve sobre as habilidades dos estudantes. Para que a precisão, que nesse contexto está associada ao erro de medida, isto é, à diferença entre o escore observado de um sujeito em um teste, do valor verdadeiro que ele tem na variável latente e para que a validade, que por sua vez, relaciona-se à questão que investiga se o teste está medindo o construto que se propõe medir, de um teste sejam características satisfatórias, primeiramente deve-se fazer a análise das unidades básicas que compõem o teste, ou seja, os itens. As análises quantitativas incluem os parâmetros: Índice de Facilidade (IF) e a análise da discriminação dos itens.

O IF representa a frequência relativa dos estudantes que acertaram o item. O IF é calculado dividindo-se o número de estudantes que responderam corretamente o item ( $N_C$ ) pelo número de estudantes que responderam o item ( $N_R$ ).

$$IF = \frac{N_C}{N_R} \quad (3.1)$$

Tem-se, portanto  $0 \leq IF \leq 1$ . Se um item tem o escore 0 para IF, ou seja  $N_C = 0$ , significa que esse item foi considerado como sendo muito difícil pela amostra testada, ou seja, nenhum dos estudantes da amostra acertou o item. O outro oposto é que se o escore de IF é 1, ou seja  $N_C = N_R$ , significa que todo o grupo de referência acertou o item, logo esse item foi

considerado muito fácil. No caso de IF igual a 0 conclui-se que o grupo de referência não adquiriu as habilidades exigidas pelo item. No outro oposto IF igual a 1, conclui-se que as habilidades exigidas pelo item foram adquiridas pelos estudantes.

Esse parâmetro pode levar a análise do item a um equívoco, pois nesse caso não se leva em consideração o fato do estudante ter acertado o item de forma aleatória. Os itens para compor um teste devem ser aqueles que possuem IF próximos de 0,7, evitando assim itens muito fáceis e itens muito difíceis, Primi (2012).

Outra análise a ser feita pela TCT é a discriminação dos itens. Para essa análise serão usados dois parâmetros. O primeiro parâmetro chamado de Discriminação do Item (D) é calculado por um método *ad hoc*, ou seja, destina-se a apenas esse trabalho e busca equacionar o problema da resposta aleatória. O parâmetro D procura diferenciar o estudante que tem a habilidade testada, daquele que não a possui. Para calcular o parâmetro D seguimos as etapas descritas a seguir:

1. Selecionar 27% dos estudantes da faixa dos maiores escores no teste. Representa-se esse conjunto por  $S$ .
2. Selecionar 27% dos estudantes da faixa dos menores escores nos teste. Representa-se esse conjunto por  $R$ .
3. Considerando  $S_a$  o número de estudantes de  $S$  que acertaram o item e  $R_a$  o número de estudantes de  $R$  que acertaram o item, calcula-se D com a seguinte expressão:

$$D = \frac{S_a - R_a}{S_a + R_a} \quad (3.2)$$

Tem-se, portanto  $-1 \leq D \leq 1$ . Se  $D$  for menor que 0, significa que mais estudantes da faixa dos menores escores acertaram o item, logo conclui-se que há uma maior probabilidade de acerto aleatório. Se  $D$  é igual a 0, significa que  $S_a$  e  $R_a$  são iguais, ou seja, os estudantes que tiveram o menor escore e os estudantes que tiveram o maior escore acertaram o item, portanto o item não discrimina o estudante que tem a habilidade testada daquele que não a tem. Se  $D$  é igual a 1, conclui-se que só acertaram o item os estudantes que possuem a habilidade testada pois nesse caso,  $R_a$  foi igual a 0. Valores do parâmetro  $D$  acima de 0,7 são considerados ideais para um item. Por ser um método *ad hoc* esse parâmetro pode não encontrar a maior variância possível no escore dos itens, pois relaciona apenas uma parte dos estudantes que responderam aos itens.

Quanto maior a covariância entre os estudantes do grupo de referência, maior será a variância do escore total. Outro método de se avaliar quanto um item contribui para a diferenciação dos sujeitos testados na amostra é calcular a correlação entre o item e o escore total no teste. Uma forma alternativa e não *ad hoc* de estimar o coeficiente de discriminação é pelo Coeficiente de Correlação Ponto Bisserial ( $r_{pbi}$ ). De acordo com [Brown \(1996\)](#) o ( $r_{pbi}$ ) expressa a correlação entre uma variável categórica dicotômica (acerto ou erro) e uma variável intervalar, o escore no teste, que embora não possa ser considerada uma variável intervalar genuína, mas para fins práticos será considerada, porque podemos ter estudantes com escore zero.

De acordo com [Primi \(2012\)](#) o ( $r_{pbi}$ ) é chamado de poder discrimina-



tivo do item. Esse nome é dado já que uma alta correlação entre o item e o escore indica que o item contribui para aumentar a variância dos escores ajudando a discriminação entre os estudantes do grupo de referência.

Sendo:

$(r_{pbi})$  = o coeficiente de correlação ponto bisserial.

$M_p$  = média dos estudantes que responderam o item corretamente, ou seja, os codificados como 1.

$M_q$  = média dos estudantes que responderam o item incorretamente, ou seja, os codificados como 0.

$S_t$  = desvio padrão para o teste inteiro.

$p$  = proporção de estudantes que responderam corretamente, ou seja, os codificados como 1.

$q$  = proporção de estudantes que respondem incorretamente, ou seja, os codificados como 0.

Calcula-se o  $(r_{pbi})$  através da seguinte expressão [Primi \(2012\)](#):

$$r_{pbi} = \frac{M_p - M_q}{S_t} \cdot \sqrt{pq} \quad (3.3)$$

O  $(r_{pbi})$  discrimina os itens de acordo com os estudantes que acertaram e aqueles que erraram. Quanto maior o valor do  $(r_{pbi})$  mais o item discrimina os estudantes que assimilaram as habilidades exigidas daqueles que não assimilaram.

Um bom teste deve ser composto por itens com alta variação de IF e com valores satisfatórios para D e  $(r_{pbi})$ . Isso faz com que a variância do

escore seja alta e possa captar as variações das habilidades testadas pelo instrumento de avaliação (teste).

Assim, com a análise dos itens, pode-se selecionar aqueles que contribuem, em maior grau, para criar um teste com maior precisão.

### 3.3 Teoria de Resposta ao Item

A TCT, como teoria estatística, é falha quando se fala da significância do item na composição do teste. Ela quase não tem regras sobre as quais possa ser baseada a decisão de incluir ou excluir um determinado item no teste.

Na Teoria de Resposta ao Item (TRI), o conceito a ser avaliado ocupa um lugar central. Em muitas aplicações ele é concebido como uma variável que não é diretamente observável, por isso usamos o termo variável latente. As variáveis observáveis, as respostas dadas aos itens, são considerados os indicadores da variável latente.

De acordo com a TRI temos que uma resposta correta a um item do teste é considerada como um sinal ou um indicador de maior habilidade do que uma incorreta. De acordo com Verhelst (2010) é importante deixar claro que um modelo de TRI é uma hipótese sobre o comportamento do grupo de referência, e que tal hipótese precisa de um teste empírico.

Os modelos da TRI se apóiam em um conjunto de pressupostos e formulam a “*função do indicador*” de uma resposta ao item de maneira probabilística: eles expressam a probabilidade de uma resposta correta para um item como uma função matemática da habilidade básica. Esta função é específica para cada item, e a dependência do item é expressa através da utilização de um ou mais parâmetros

por item. Essas funções são chamadas de funções de Resposta ao Item (FRI) e, geralmente, pertencem à mesma família. (VERHELST, 2010, p. 154, tradução nossa)

É importante ressaltar que os modelos da TRI são modelos probabilísticos, ou seja, usam a probabilidade para tratar das respostas dadas pelos estudantes aos itens.

Na formulação de modelos de TRI, introduzimos parâmetros para avaliar os itens. A atribuição de valores para esses parâmetros é uma função das respostas dadas aos itens em um teste e é conhecido como estimativa de parâmetros. O ponto importante a ser compreendido a partir do procedimento de estimativa de parâmetros é que ele não revela o valor verdadeiro dos parâmetros, apenas se fazem estimativas e estas contêm um erro de estimativa. A ordem de grandeza destes erros é normalmente expressa pelo erro padrão.

De acordo com Verhelst (2010), os conceitos básicos para compreender a TRI podem ser discutidos através do escalograma de Guttman, criado pelo professor norte americano Louis Guttman. A idéia básica é que a resposta de um estudante  $v$  a um item  $i$  reflete, em alguns aspectos, a relação entre o estudante e o item. Se a resposta for correta, temos um indicativo de que o estudante domina o item, ou seja, o estudante adquiriu as habilidades necessárias para resolver de forma correta o item. Se a resposta for incorreta, o item domina o estudante, ou seja, o estudante não adquiriu as habilidades exigidas pelo item.

No escalograma de Guttman, ordena-se a posição dos estudantes diante de um conjunto de itens testados. A figura 2 é a representação de um escalograma.

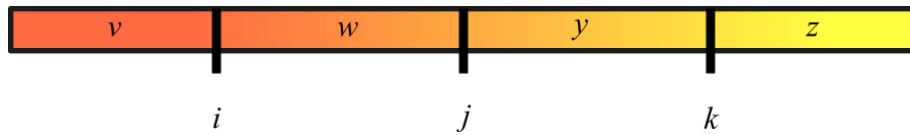


Figura 2 – Escalograma de Guttman. Posição dos estudantes  $v$ ,  $w$ ,  $y$  e  $z$  para os itens  $i$ ,  $j$  e  $k$ .(VERHELST, 2010)

As linhas verticais correspondem à posição dos itens  $i$ ,  $j$  e  $k$ . As letras  $v$ ,  $w$ ,  $y$  e  $z$  representam as posições dos quatro estudantes que fizeram os itens.

Quanto mais a direita estiver o estudante, mais habilidades ele possui em relação aos itens testados.

Analisando a figura 2, percebe-se que não há nenhum ponto no *continuum* de habilidades em que um estudante domina a posição do item  $j$  e que ao mesmo tempo não domina a posição do item  $i$ . Usando-se um teste de três itens, como o do escalograma acima, têm-se apenas quatro padrões de respostas possíveis:  $(0,0,0)$ ,  $(1,0,0)$ ,  $(1,1,0)$  e  $(1,1,1)$ , representados na figura 2 pelas letras  $v$ ,  $w$ ,  $y$  e  $z$ , respectivamente. Generalizando-se, com um teste de  $k$  itens, só  $k + 1$  padrões de resposta diferentes são permitidos, enquanto o número de respostas possíveis é  $2^k$ .

O modelo de Guttman é completamente determinista. No exemplo, o estudante  $y$  necessariamente acerta os itens  $i$  e  $j$ , e erra o item  $k$ .

De acordo com Verhelst (2010), Georg Rasch (1901-1980) matemático dinamarquês, introduziu o conceito de probabilidade de acerto ao desenvolver o modelo, que ficou conhecido como Modelo de Rasch. A figura 3 mostra uma exposição gráfica do modelo probabilístico de Rasch.

No eixo horizontal está representada a dimensão das habilidades

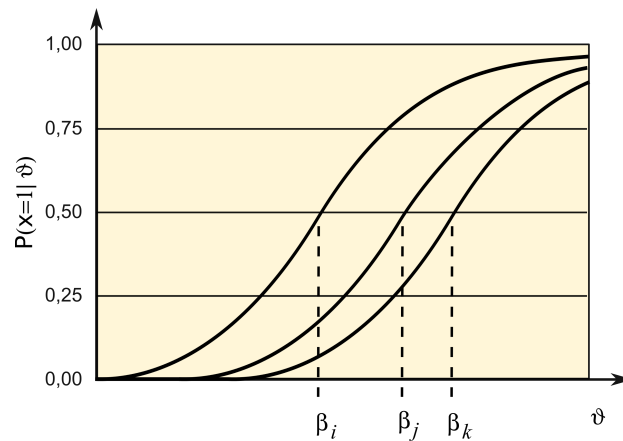


Figura 3 – Curva característica do Item, modelo de Rasch. Posições dos pontos de inflexão, com probabilidades de 50% de acerto, para os itens  $i$ ,  $j$  e  $k$  denotam os parâmetros de dificuldades crescentes  $\beta_i$ ,  $\beta_j$  e  $\beta_k$ , respectivamente.

testadas pelos itens,  $\theta$ . Exatamente como no modelo de Guttman, cada estudante está representado por um ponto sobre esta dimensão. Para cada ponto da linha, o modelo expressa a probabilidade de uma resposta correta para cada um dos itens testados. Assim, para cada item existe uma curva associando ao ponto de habilidade, à probabilidade de uma resposta correta. Esta curva é conhecida como curva característica do item (CCI), ou curva de resposta ao item.

Na figura 3, observa-se que, para ter uma mesma probabilidade de acerto de 50%, cada item testado  $i$ ,  $j$  e  $k$  possui um valor diferente na escala  $\theta$  de habilidades,  $\beta_i$ ,  $\beta_j$  e  $\beta_k$ . Dessa forma, há uma ordem crescente do nível de habilidade exigida para alcançar probabilidade de acerto 0,5 nos itens. As quantidades  $\beta$  para cada item são chamadas de parâmetro de dificuldade do item.

Com  $\beta_i < \beta_j < \beta_k$ , conclui-se que um estudante tem que possuir

maior habilidade para acertar o item  $k$ , do que para acertar os itens  $i$  e  $j$ . Diz-se então que  $\beta$  é o parâmetro de dificuldade

Percebe-se pela figura 3 que CCI's são funções monotonicamente crescentes, ou seja, quanto maior a habilidade do estudante, mais elevada é a probabilidade de uma resposta correta ao item.

Uma característica importante e comum aos modelos de TRI é que os valores da escala são ilimitados, ou seja, eles vão desde menos infinito a mais infinito.

No modelo proposto por Rasch, se  $\theta$  aumenta sem limites, a probabilidade de uma resposta correta se aproxima de um, e se ele diminui sem limites, a probabilidade se aproxima de zero.

Para a construção das CCI's do modelo Rasch é usada a seguinte expressão:

$$f_i(\theta) = \frac{e^{(\theta-\beta_i)}}{1 + e^{(\theta-\beta_i)}} \quad (3.4)$$

Pode-se perceber que a expressão (3.4) é uma função crescente de  $\theta$  que depende apenas do parâmetro  $\beta_i$ . A função  $f_i(\theta)$  é uma probabilidade condicional. Se representarmos o resultado de uma resposta ao item  $i$  como  $X_i$ , então o significado da CCI torna-se claro:

$$f_i = P(X_i = 1/\theta) \quad (3.5)$$

Já que o resultado de uma resposta ao item é binário, fornecendo-se o valor um se a resposta for correta e zero se for incorreta, deduz-se

imediatamente a partir de (3.4) e (3.5) que:

$$P(X_i = 0/\theta) = 1 - f_i(\theta) = \frac{1}{1 + e^{(\theta - \beta_i)}} \quad (3.6)$$

O que se pode perceber é que o modelo de Rasch não está completamente definido por suas CCIs. Estas funções descrevem o que chamamos de distribuição marginal das variáveis de resultado  $X_i$ , condicionadas à  $\theta$ , mas as distribuições conjuntas não podem ser derivadas exclusivamente a partir dessas distribuições marginais, ou seja, a partir de (3.4). Não se pode especificar a probabilidade  $P(X_i = 1, X_j = 1/\theta)$ . Conclui-se que algo mais tem que ser adicionado ao modelo para torná-lo totalmente definido.

De acordo com a modelagem estatística devemos adicionar o pressuposto da independência condicional ou a independência estocástica local. Usa-se o termo local, como indicativo para o fato de a variável latente ser fixa. Se um teste consiste em  $K$  itens,  $X = (X_1, \dots, X_k)$  é o vetor de variáveis de resultados, também chamado de padrão de resposta. Seja  $x = (x_1, \dots, x_k)$  uma realização de  $X$ , isto é,  $x$  é alguma resposta padrão observável. O pressuposto da independência condicional afirma que:

$$P(X = x/\theta) = \prod_{i=1}^k P(X_i = x_i/\theta) \quad (3.7)$$

para todos os possíveis padrões de resposta  $x$ . Esta suposição é análoga ao axioma de erros de medição independentes na teoria clássica dos testes.

Note que esta suposição não diz que as respostas dos itens são independentes e por isso se correlacionam a zero; ele diz que as respostas dos itens

são independentes em todos os grupos, onde a variável latente  $\theta$  é constante e, portanto, que as correlações entre as respostas aos itens são iguais a zero, em tais grupos. No entanto, isso também significa que se, em algum grupo, os itens de respostas se correlacionarem, essa correlação é explicada completamente pela variação da variável latente  $\theta$ . (VERHELST, 2010, p. 162, tradução nossa)

Além da independência condicional, existe outro princípio de independência que deve ser considerado, é o chamado princípio da independência experimental. Segundo esse princípio os desempenhos nos testes, dada as habilidades latentes de um grupo de estudantes, são independentes uns dos outros.

Considere uma amostra de  $n$  estudantes. Representamos aqui a habilidade latente de um único estudante  $v$  por  $\theta_v$ . Dessa forma as respostas aos itens dos  $n$  estudantes a um teste de  $k$  questões são agrupadas em uma matriz  $n \times k$ , denominada de matriz  $X$ , com as linhas representando os estudantes e as colunas correspondendo aos itens. Portanto,  $X$  é uma variável aleatória multivariante. Na aplicação do teste tomará valores particulares ou realizações. Essas realizações são indicadas por  $x$ .

As primeiras linhas de  $X$  e  $x$  serão representadas, como  $X_v$  e  $x_v$ , respectivamente, e elementos individuais como  $X_{vi}$  e  $x_{vi}$ . O princípio da independência experimental afirma que:

$$P(X = x/\theta_1, \dots, \theta_n) = \prod_{v=1}^n P(X_v = x_v/\theta_v) \quad (3.8)$$



Substituindo o lado direito de (3.7) em (3.8) tem-se:

$$P(X = x/\theta_1, \dots, \theta_n) = \prod_{v=1}^n \prod_{i=1}^k P(X_{vi} = x_{vi}/\theta_v) \quad (3.9)$$

Usando as equações (3.4) e (3.6), obtemos:

$$P(X = x/\theta_1, \dots, \theta_n) = \frac{e^{\sum_v \theta_v \sum_i x_{vi} - \sum_i \beta_i \sum_v x_{vi}}}{\prod_{v=1}^n \prod_{i=1}^k [1 + e^{(\theta_v - \beta_i)}]} \quad (3.10)$$

A probabilidade dos dados, considerados como uma função de quantidades desconhecidas  $\theta_v$  e  $\beta_i$  são chamadas de função de probabilidade, as quais definimos como:

$$S_v = \sum_{i=1}^k x_{vi} \quad e \quad t_i = \sum_{v=1}^n x_{vi}$$

Tomando o logaritmo de (3.10), obtemos:

$$\ln P(X = /\theta_1, \dots, \theta_n) = \sum_{v=1}^n S_v \theta_v + \sum_{i=1}^k t_i (-\beta_i) - \sum_{v=1}^n \sum_{i=1}^k \ln [1 + e^{(\theta_v - \beta_i)}] \quad (3.11)$$

O lado direito de (3.11) é constituído por duas partes importantes, são elas: as duas somas que contém funções dos dados  $S_v$  e  $t_i$ , e o dobro da soma, que é independente dos dados. Cada termo nas duas primeiras somas consiste em um produto fator um, sendo uma função de quantidades desconhecidas no modelo  $\theta_v$  e  $\beta_i$  e o outro fator uma função dos dados  $S_v$  e  $t_i$ . Esses modelos nos quais a função logarítmica de probabilidade pode ser escrita nesse formato são chamadas de modelos de família exponencial.

Algumas das características desses modelos permitem que eles sejam usados em procedimentos de estimativa de parâmetros.

A quantidade  $S_v$  é a linha total das linhas  $v$  da matriz de dados observados  $x$ , e  $t_i$  é a coluna total das colunas. Observado-se (3.11) compreende-se que a probabilidade dos dados observados, depende dos dados, apenas através de sua soma marginal, ou, equivalentemente, que no modelo de Rasch, todas as matrizes observadas com a mesma soma marginal são equiprováveis.

Isso significa também que qualquer coisa que pensamos a respeito da habilidade latente dos estudantes  $v$  está contida nessa linha de somas  $S_v$ , que é chamada de “estatística suficiente” para a quantidade desconhecida. Da mesma forma, as colunas de somas  $t_i$  são as estatísticas suficientes para os parâmetros do item. (VERHELST, 2010, p. 163, tradução nossa)

Ainda de acordo com (3.10) os estudantes e conseqüentemente suas habilidades latentes não são independentes um do outro, mas segundo Verhelst (2010) essa dependência é uma dependência na condição da probabilidade condicional, não nas variáveis de resultado, não importando como as amostras dos  $n$  estudantes tenham sido elaboradas.

No modelo de Rasch, cada item tem um parâmetro  $\beta_i$ , definido como sendo o parâmetro de dificuldade do item. A partir de técnicas elementares da TCT sabe-se que itens não diferem apenas em dificuldade, mas também em discriminação. Quando se usa o modelo de Rasch não há possibilidade de fazer com que os itens se diferenciem em discriminação.

Na figura 4 temos duas curvas de respostas para os itens  $i$  e  $j$ , ambas tendo a mesma dificuldade, mesma probabilidade de acerto ao acaso, mas

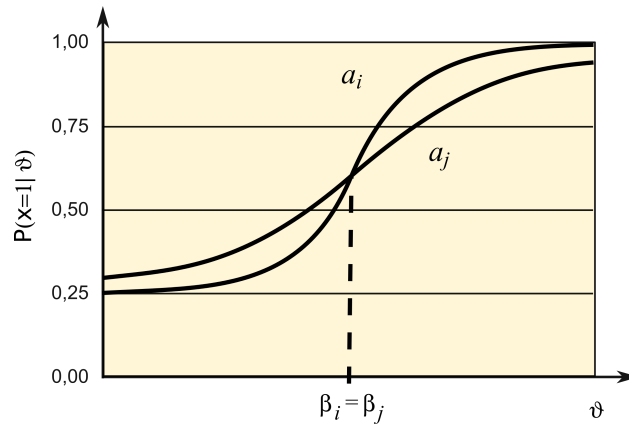


Figura 4 – CCI's no modelo de três parâmetros, para itens com mesma dificuldade,  $\beta_i = \beta_j$ , mesma probabilidade de acerto ao acaso, mas diferentes parâmetros de discriminação,  $a_i > a_j$ . (VERHELST, 2010)

diferentes parâmetros de dificuldade, segundo Verhelst (2010).

Pode-se perceber que essas curvas diferem em discriminação. Note que, como a inclinação da curva do item  $i$ , no ponto de inflexão, é maior que a inclinação do item  $j$ , neste ponto,  $a_i > a_j$ , o item  $i$  é mais sensível a pequenas diferenças de proficiência ao redor deste ponto. Um estudante que tenha uma proficiência  $\theta \lesssim \beta_i$ , terá uma probabilidade de acerto significativamente menor. E vice versa. Um estudante que tenha uma proficiência  $\theta \gtrsim \beta_i$ , terá uma probabilidade de acerto significativamente maior. Assim, o item  $i$  é mais eficiente em separar os estudantes com proficiência próxima a  $\beta_i$ .

Para descrever esta característica, deve-se introduzir um parâmetro extra na expressão matemática da CCI. Logo, generaliza-se as CCIs, para um modelo de dois parâmetros, através da seguinte equação:

$$P(X_i = 1/\theta) = \frac{e^{[\alpha_i(\theta - \beta_i)]}}{1 + e^{[\alpha_i(\theta - \beta_i)]}}, (\alpha_i > 0) \quad (3.12)$$

Percebe-se então que quanto maior o parâmetro  $\alpha$ , mais inclinada será a curva. Designa-se esse parâmetro por parâmetro de discriminação. A função em (3.12) é também uma função logística: seu termo médio é  $\alpha_i(\theta - \beta_i)$ . O modelo com CCIs dadas pela (3.12) é conhecido como modelo logístico de dois parâmetros (ML2P), de acordo com Verhelst (2010).

Em uma análise do que acontece quando o parâmetro de discriminação torna-se muito grande, ou seja, tomando os limites de (3.12) para  $\alpha_i \rightarrow \infty$ , obtêm-se resultados diferentes, dependendo do sinal da diferença de  $(\theta - \beta_i)$ :

$$\lim_{\alpha_i \rightarrow \infty} P(X_i = 1/\theta) = 1 \quad \forall (\theta > \beta_i)$$

$$\lim_{\alpha_i \rightarrow \infty} P(X_i = 1/\theta) = 0 \quad \forall (\theta < \beta_i)$$

Conseqüentemente, para um parâmetro de discriminação muito grande o item se comporta como um item de Guttman. A função logarítmica de probabilidade para este modelo é dada através da seguinte equação:

$$\ln P(X = x/\theta_1, \dots, \theta_n) = \sum_{v=i}^n w_v \theta_v + \sum_{i=1}^k t_i (-\alpha_i \beta_i) - \sum_{v=1}^n \sum_{i=1}^k \ln [1 + e^{\alpha_i (\theta_v - \beta_i)}] \quad (3.13)$$

Nesse caso a estatística suficiente para os parâmetros de dificuldade é  $t_i = \sum x_{vi}$ , como no modelo de Rasch e  $w_v = \sum_{i=1}^k \alpha_i x_{vi}$  é a pontuação ponderada, ou seja, é a soma dos parâmetros de discriminação dos itens respondidos corretamente pelo estudante  $v$ .

Mas essa soma ponderada não é uma simples estatística, isto é, uma função dos dados observados; isso também depende dos parâmetros de discriminação desconhecidos e, portanto, o ML2P não é um modelo da

família das exponenciais. Somente se, soubermos o valor destes parâmetros ou se os tratarmos como constantes conhecidas têm-se o ML2P como um modelo da família das exponenciais.

De acordo com Verhelst (2010) uma séria crítica ao modelo Rasch e ao ML2P é que esses dois modelos não são capazes de descrever com precisão o comportamento dos estudantes nos testes em que alguns ou todos os itens tenham um formato de escolha forçada, como os itens de múltipla escolha, por exemplo. Se a capacidade dos estudantes é muito baixa, ambos os modelos prevêem uma probabilidade de sucesso muito perto de zero, mas podem acontecer nesse caso os acertos aleatórios. No caso do item de múltipla escolha, com cinco alternativas, escolher uma alternativa aleatoriamente irá garantir uma probabilidade de sucesso de 0,20. Matematicamente, isso é tratado através da adição de mais um parâmetro para cada item, o que muda a assíntota inferior de zero para alguma constante  $c_i$  positiva, porém desconhecida. Logo as CCI's para este modelo são dadas pela equação:

$$P(X_i = 1/\theta) = c_i + (1 - c_i) \frac{e^{[\alpha_i(\theta - \beta_i)]}}{1 + e^{[\alpha_i(\theta - \beta_i)]}} \quad (3.14)$$

O parâmetro  $c_i$  é conhecido como o parâmetro da adivinhação, parâmetro do acerto aleatório ou simplesmente chute, e os parâmetros  $\alpha_i$  e  $\beta_i$  são os parâmetros de discriminação e dificuldade exatamente como descrito no ML2P. Este modelo é conhecido como modelo logístico de três parâmetros (ML3P), sendo, portanto, uma função logística.

Na figura 5 as CCI's são exibidas por dois itens,  $i$  e  $j$ , tendo a mesma discriminação e mesma dificuldade, mas com parâmetros de acerto ao acaso  $c_i = 0$  e  $c_j = 0,25$ . A localização do parâmetro de dificuldade é indicada pela

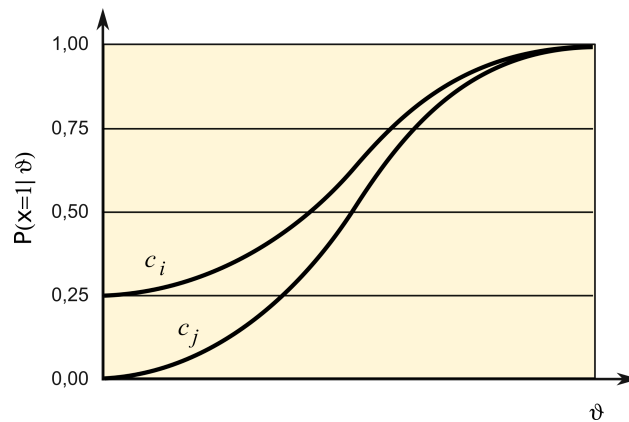


Figura 5 – CCI's no modelo de três parâmetros, para itens com mesma dificuldade, mesma parâmetro de dificuldade, mas diferentes probabilidades de acerto ao acaso. (VERHELST, 2010)

linha pontilhada.

Observa-se que, neste modelo, o parâmetro de dificuldade não tem mais a elegante interpretação como a capacidade que fornece uma probabilidade de 50% para uma resposta correta. Se o lado direito de (3.14) é avaliado no ponto  $\theta = \beta_i$ , o resultado é  $(1 + c_i)/2$ , o qual, na figura, fornece 0,5 para o item  $i$  e 0,625 para o item  $j$ .

Quando se deve escolher entre o modelo de Rasch, o ML2P ou o ML3P, o problema parece ser simples, uma vez que o ML3P é o mais geral, ele vai por definição ajustar os dados, pelo menos, tão bem como os outros dois. Dessa forma, mesmo que tenha sido proposta a utilização do chamado modelo de logística de quatro parâmetros (ML4P), que tem, além dos três parâmetros por item presente na ML3P, um parâmetro adicional para deslocar a assíntota superior para longe de um. Este parâmetro explica erros de displicência, ou seja, falta de atenção, para os casos em que a resposta correta é "conhecida" pelo estudante quase que com certeza, mas

por algum motivo não está escrita. No entanto, o crescimento desordenado na complexidade dos modelos, pela adição de mais parâmetros, tem aspectos negativos.

Comumente os parâmetros são estimados a partir de um único conjunto de dados, que consiste apenas de uma tabela preenchida com zeros e uns. Adicionar parâmetros ao modelo significa adicionar mais fontes de insegurança, mas a quantidade de informação que se tem disponível para resolver esta insegurança continua a mesma. A consequência será, inevitavelmente, que os erros padrões de estimativas irão aumentar à medida que o número de parâmetros aumenta, e pior ainda, as correlações entre alguns dos parâmetros de estimativa tenderão a tornarem-se muito altas em valor absoluto. (VERHELST, 2010, p. 167, tradução nossa)

Isso acontece, por exemplo, no ML3P, para o parâmetro de adivinhação e o parâmetro de dificuldade do mesmo item: suas estimativas mostram geralmente uma forte correlação negativa, sugerindo haver uma troca entre adivinhação e dificuldade. Nesse caso torna-se difícil identificar com clareza os valores dos parâmetros.

Outro aspecto a ser discutido é a validade de construção do modelo, ou seja, a relação com as inferências que se pode fazer a partir do modelo. Por exemplo, suponha que o ML3P seja aplicado em um teste de 100 itens, e que os parâmetros de adivinhação tenham todas as estimativas próximas a 0,20. Se algum estudante respondeu corretamente cerca de um quinto dos itens, poderíamos ser tentados a dizer que este estudante adivinhou, ou seja, chutou todos os itens. Porém, não há nenhuma prova direta disso; não foi possível ver o estudante adivinhando os itens que acertou, e talvez o estudante soubesse

a resposta para 20 dos 100 itens. Mas, a rigor, o modelo não é nada mais do que uma descrição formal dos dados em termos estatísticos.

### 3.4 Construção dos itens

A elaboração de itens para compor um teste foi o passo fundamental para esse trabalho. Os itens que foram testados no projeto dessa dissertação foram elaborados pelo autor ou adaptados de questões de livros didáticos, vestibulares e outros materiais pedagógicos diversos. Na ficha de cada item está descrita a sua origem. O que norteou o desenvolvimento dos itens foram os princípios estabelecidos no Guia de Elaboração e Revisão de Itens, divulgado pelo Ministério da Educação através do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), MEC (2010).

Segundo esse documento, MEC (2010), para uma avaliação em larga escala é necessário um banco de itens que ofereça subsídios para construir os testes. Hoje o Inep conta com um Banco Nacional de Itens (BNI) que possui uma grande quantidade de itens. Isso se faz necessário para que haja uma qualidade técnico-pedagógica e psicométrica na composição dos testes de uma avaliação em larga escala. Para a manutenção desse banco de itens o Inep conta com a colaboração de educadores, pesquisadores em educação, que enviam itens para análise e aceitação no BNI. É ressaltado nesse documento que a experiência pedagógica e de sala de aula ajuda na elaboração dos itens em consonância com o contexto educacional.

De acordo com o documento MEC (2010), o Inep estabelece as etapas que devem ser observadas para a elaboração de itens, que atendam as necessidades de uma avaliação em larga escala. Essas etapas são:



1. deixar clara as definições e os conceitos que serão usados no item;
2. construir de forma correta a estrutura do item de múltipla escolha;
3. seguir as etapas para elaboração de item;
4. seguir as especificações para apresentação do item;
5. passar pelas etapas de validação do item e desenvolver o protocolo de revisão do item.

Alguns conceitos e definições devem ser observados e utilizados na área de avaliação educacional e foram adotados pelo Inep para fundamentar a elaboração de itens, visando à composição de testes de avaliação em larga escala. Um conceito importante é o de Matriz de Referência.

A Matriz de Referência é o instrumento norteador para a construção de itens. As Matrizes desenvolvidas pelo Inep são estruturadas a partir de competências e habilidades que se espera que os participantes do teste tenham desenvolvido em uma determinada etapa da educação básica. (...) ela é, portanto, uma referência tanto para aqueles que irão participar do teste, garantindo transparência ao processo e permitindo-lhes uma preparação adequada, como para a análise dos resultados do teste aplicado. (MEC, 2010, p. 7)

Uma observação importante que deve ser feita é que não se pode confundir o conceito de Matriz de Referência com o conceito de Currículo. O conceito de Currículo está definido no art. 6º do Conselho Nacional de Educação (CNE) de 2012 como sendo:

(...) a proposta de ação educativa constituída pela seleção de conhecimentos construídos pela sociedade, expressando-se por práticas escolares que se

desdobram em torno de conhecimentos relevantes e pertinentes, permeadas pelas relações sociais, articulando vivências e saberes dos estudantes e contribuindo para o desenvolvimento de suas identidades e condições cognitivas e socioafetivas. (BRASIL. CNE, 2015)

Portanto é necessário ressaltar que o Currículo constitui o elemento central do projeto pedagógico, tornando viável o processo de ensino aprendizagem.

Também está descrito no documento, MEC (2010), as definições de Competências e Habilidades.

Competência é a capacidade de mobilização de recursos cognitivos, socioafetivos ou psicomotores, estruturados em rede, com vistas a estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas para resolver, encaminhar e enfrentar situações complexas. (...) as habilidades decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do “saber fazer”. (MEC, 2010, p. 17)

De acordo com MEC (2010) o Item é definido como sendo uma unidade básica, de um instrumento de coleta de dados. Este item pode ser uma prova, ou seja, um conjunto de questões, um teste, um questionário. Nos testes educacionais, item pode ser considerado sinônimo de questão. Nesse trabalho será usado o termo item com o sinônimo de questão, pois é o termo mais popular e utilizado com frequência nas escolas.

Os itens de uma avaliação podem ser de resposta livre, ou seja, questões abertas, onde os estudantes escrevem suas respostas. Outra forma são os itens dirigidos ou objetivos. Uma forma muito usada nas avaliações de larga escala são os itens objetivos de múltipla escolha, ou seja, aqueles que

permitem aos estudantes escolherem uma alternativa correta, entre várias alternativas. Nesse projeto utilizam-se itens objetivos de múltipla escolha, com cinco alternativas, onde o grupo de referência deve escolher apenas uma como resposta correta ao item.

Usando itens objetivos de múltipla escolha tem-se uma facilidade na correção e conseqüentemente, a facilidade na tabulação dos resultados, tornando mais fácil nesse caso a aplicação de softwares estatísticos para análise de resultados.

O documento, MEC (2010), faz uma menção ao termo pegadinha, ou seja, indução ao erro. É comum colocar situações que cobram dos estudantes, além do conteúdo do item, a atenção em algum detalhe que nada diz sobre as habilidades testadas. Portanto, em um teste que quer verificar habilidades adquiridas sobre determinado conteúdo, não deverá haver esse tipo de item, com indução ao erro.

Outro conceito abordado no documento é o conceito de Situação-problema.

É um desafio apresentado no item que reporta o participante do teste a um contexto reflexivo e instiga-o a tomar decisões, o que requer um trabalho intelectual capaz de mobilizar seus recursos cognitivos e operações mentais.(MEC, 2010, p. 8)

Uma situação-problema deve englobar todo o processo de criação dos itens.

### 3.4.1 Currículo Básico Comum

O Currículo Básico Comum (CBC) é definido como o conjunto de parâmetros que orientam os conhecimentos, habilidades e competências que devem ser adquiridos pelos estudantes na educação básica no estado de Minas Gerais. O CBC expressa os aspectos fundamentais de cada disciplina que não podem ser retirados e que os estudantes não podem deixar de aprender.

Para este trabalho será usado o CBC proposto pela Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais (SEE-MG), adaptada às normas dispostas pela Resolução SEE-MG, N° 833, de 24 de novembro de 2006.

De acordo com resolução 833 o CBC organiza os conteúdos de Física em torno do conceito de Energia. A justificativa para esse fato é que o conceito de Energia é fundamental para o estudo da Física. A resolução 833 também busca instruir os profissionais da área das ciências naturais para a integração entre as disciplinas de Química, Biologia e Física, pelo fato do conceito de Energia estar presente em todas essas disciplinas.

A SEE – MG recomenda no currículo do 1º. Ano que o tema Energia seja trabalhado de forma que permita ao estudante entender e participar de debates atuais como, por exemplo, o problema das mudanças climáticas na Terra. Segundo a resolução 833 da SEE-MG o CBC:

Procurou focalizar os elementos de Física considerados essenciais na formação cultural-científica do cidadão dos dias atuais, sugerindo uma abordagem mais fenomenológica, deixando para os anos seguintes a abordagem mais dedutiva e quantitativa. O CBC começa com um estudo sobre Energia na Terra e na vida humana. A seguir, são destacadas as diversas formas de Energia relativas aos campos da Mecânica, da Termodinâmica e do Eletromag-

netismo. (MINAS GERAIS. SEE, 2015a)

A SEE – MG sugere aos professores de Física que a partir da observação e discussão dos fenômenos mais simples eles possam avançar com os estudantes para a explicação de modelos e fenômenos mais complexos.

### 3.4.2 Competências e Habilidades

Competência é a capacidade que o estudante deve desenvolver para utilizar recursos cognitivos, socioafetivos ou psicomotores, para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos para resolver, encaminhar ou enfrentar situações-problemas propostas. Não há dúvidas que uma das características mais importantes da noção de competência é a de desafiar o estudante a encontrar os recursos no contexto da situação-problema para tomar decisões que possam facilitar a resolução dessas situações.

As habilidades são consideradas como algo menos amplo do que as competências. Logo se conclui que a competência seria constituída por uma série de habilidades. Um dos conceitos de habilidades seria:

As habilidades decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do saber fazer. (MEC, 2010, p. 17)

Portanto não é uma tarefa fácil descrever as habilidades de determinado item, uma vez que, a própria definição de habilidades é considerada como um conceito que não é unívoco.

### 3.4.3 Descritores

De acordo com MEC (2010) os Descritores são os detalhamentos das habilidades cognitivas, baseadas em grau de complexidade, que está sempre associada a um conteúdo que o estudante deve dominar na etapa de ensino em que se encontra. Os Descritores são elaborados a partir das associações entre os conteúdos curriculares e as operações mentais efetuadas, traduzidas assim nas habilidades expressas pelos estudantes. Esses descritores devem ser expressos da forma mais detalhada possível, permitindo-se a sua verificação e mensuração através de instrumentos de avaliação.

### 3.4.4 Distratores

Uma das partes importantes do produto desse projeto são as fichas individuais dos itens testados. Nessas fichas os professores terão contato com os itens e as informações sobre eles. Uma das informações presentes nessas fichas são os detalhamentos dos distratores de cada item.

Segundo Haladyna (2004), distratores são as alternativas incorretas à resolução da situação-problema proposta nos itens.

Mas esse conceito não retrata o que realmente são distratores e qual a sua importância dentro do processo de avaliação, essa é uma concepção simples e não retrata a profundidade e a importância desse termo.

Distratores são alternativas incorretas que apontam para lacunas conceituais, deficiências conceituais apresentadas pelos estudantes. Essas deficiências conceituais impedem os estudantes de alcançarem as habilidades necessárias em cada tópico trabalhado.

Um comentário importante a ser feito, é que existe uma grande

diferença entre distratores e a pegadinha. A pegadinha é caracterizada pela “indução ao erro”, ao passo que o distrator deve simplesmente evidenciar um erro conceitual dos estudantes. Portanto, os distratores devem ser o mais neutro possível, já a pegadinha não é neutra, pois essa tem a finalidade de induzir os estudantes ao erro.

Neste sentido, a construção dos distratores é muito mais do que elaborar as alternativas erradas. O processo deve ser criterioso, buscando apresentar alternativas que evidenciem erros conceituais. Por exemplo, em um item numérico, deve-se apresentar alternativas que podem ser calculadas pelos estudantes em caso de determinados erros conceituais.

De acordo com [MEC \(2010\)](#) um distrator deve apresentar algumas características importantes, tais como:

1. Plausibilidade;
2. Verossimilhança;
3. Eficiência;
4. Similaridade de estilo.

As alternativas devem possuir plausibilidade, ou seja, devem ser admissíveis. A função de uma alternativa plausível é a de atrair quem não sabe qual é a resposta correta e, por isso, escolhe sem fundamento aquela que lhe parece certa ou que o impressiona.

As alternativas devem ser verossímeis, ou seja, devem ser coerentes o suficiente para se passar por verdadeiras.

Os distratores devem ser eficientes em revelar a lacuna conceitual, colaborando assim para aumentar a discriminação do item.

Os distratores devem possuir similaridade de estilo, ou seja, uma redação coerente com o enunciado e os outros distratores.

Os distratores para os estudantes que não adquiriram as habilidades exigidas pelo item passam a fazer sentido como resposta ao item. Observando o distrator de cada item, o professor tem como analisar onde o estudante está errando, quais as habilidades ainda não foram parcialmente ou totalmente adquiridas. Um distrator que possui uma frequência relativa alta, por exemplo, pode mostrar ao professor que boa parte dos estudantes precisam de mais atenção em determinadas habilidades. Se a frequência relativa do distrator é baixa, isso deve evidenciar ao professor que as habilidades testadas no item foram bem assimiladas. Com o teste em mãos o professor tem como identificar aqueles estudantes que não adquiriram as habilidades e traçar intervenções pedagógicas para auxiliá-los.

Um bom distrator é aquele que evidencia as hipóteses de raciocínio utilizadas na busca da solução da situação-problema. Distratores mal elaborados, ou seja, aqueles que não remetem as soluções usadas pelos estudantes ou aqueles que usam respostas absurdas, acabam auxiliando o estudante a eliminar a alternativa por exclusão, não contribuindo assim para identificação da dificuldade dos estudantes.

Diante do apresentado, conclui-se que itens com distratores mal elaborados, distratores que não possuem as características necessárias, podem trazer prejuízo ao processo de avaliação. Itens que usem distratores ruins tendem a perder o poder de discriminação dos estudantes do grupo de



referência. À medida que o item tem um distrator ruim, o parâmetro de discriminação diminui e não é mais possível distinguir os estudantes que tem as habilidades testadas daqueles que não tem. Outro problema com um distrator ruim é o aumento do parâmetro do acerto aleatório. Quando esse parâmetro aumenta torna-se mais difícil identificar o acerto aleatório.

Portanto, a elaboração e a utilização de bons distratores tornam-se peça importante na criação de itens eficientes, cuja finalidade é verificar se os estudantes adquiriram as habilidades necessárias ao seu desenvolvimento nos conteúdos ministrados. Um instrumento de avaliação com itens que possuem bons distratores pode revelar aos professores as lacunas conceituais de seus estudantes e guiá-lo na sua prática pedagógica, atingindo assim os resultados esperados.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia usada será uma pesquisa descritiva, através do desenvolvimento, da aplicação e da calibração de itens de um teste.

Os itens propostos nos testes têm como objetivo verificar a aprendizagem e a evolução do conceito de Energia ao longo dos três anos do Ensino Médio. Cada item segue um padrão estabelecido para sua elaboração.

### 4.1 Instrumentos da avaliação da aprendizagem

Uma das etapas desse trabalho foi à elaboração dos itens para a construção dos testes de avaliação da aprendizagem.

Para elaborar um item é necessário o conhecimento do tópico que será avaliado. Fez-se, portanto, um estudo preliminar de todos os tópicos que fariam parte dos testes, a partir da Matriz Curricular oficial. O primeiro ponto é definir o tópico e conhecer quais são os seus descritores e as habilidades que devem ser adquiridas pelos estudantes depois do estudo desse tópico. Esses descritores e as habilidades já estão previamente determinadas pela matriz curricular de ensino de Física <sup>1</sup>, do estado de Minas Gerais, conforme apresentado no anexo 1.

É necessário que os itens estejam relacionados com a vivência cotidiana do estudante e com questões propostas pelos professores em sala de aula. Procuram-se itens que possam ter um significado para o estudante.

---

<sup>1</sup> No processo de seleção de descritores, a matriz de referência da avaliação do presente estudo se baseou na matriz curricular do CBC.

Outro ponto importante é a análise dos distratores de cada item. Como já foi discutido, é fundamental para a análise da avaliação que os distratores sejam bem elaborados e que possam fornecer ao avaliador dados que mostrem o que o estudante apreendeu e o que ele necessita para consolidar sua aprendizagem, ou seja, os distratores devem evidenciar as lacunas conceituais dos estudantes.

Uma vez elaborados, os itens foram previamente classificados em seu grau de dificuldade como fácil, médio ou difícil, de acordo com a percepção e a experiência do autor.

Tentou-se evitar a construção de itens tautológicos e de definição como, por exemplo: “Energia cinética é a Energia de movimento”.

Alguns itens requerem dos estudantes habilidades matemáticas básicas como pré-requisitos, a identificação de conceitos e as relações entre diferentes conceitos.

Os itens elaborados para o trabalho foram submetidos à análise e a crítica de especialistas. Dentro da disciplina de Estágio Supervisionado (PEF513), os professores que participam do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), realizaram a análise crítica dos itens, apontando considerações sobre coerência textual, conteúdo e adequação curricular em relação à série do ensino onde o item seria aplicado. Após essa etapa esses itens receberam uma revisão, e em alguns casos houve uma reformulação do item.

#### 4.1.1 Teste do 1º Ano

O teste do 1º Ano é constituído de quinze itens, com cinco alternativas cada.

Esses itens foram elaborados a partir da consideração de que o estudo e a compreensão do princípio da Conservação da Energia são de grande importância dentro da Ciência. Este princípio é basilar para a Física, a Química, a Biologia e para outras disciplinas.

Os itens foram elaborados para evidenciar se o estudante compreende e aplica corretamente o conceito de Energia e sua conservação em uma série de situações presentes no seu cotidiano. Os itens relacionam os conceitos de Energia cinética, Energia potencial gravitacional e Trabalho.

A tabela 1 detalha os temas e os descritores/habilidades dos itens do teste do 1º Ano, conforme explícito no CBC do Estado de Minas (SEE-MG 2006) (MINAS GERAIS. SEE, 2015a).

Tabela 1 – Temas, Descritores/Habilidades dos itens do teste do 1º Ano

Itens	Temas	Distratores Habilidades
1Q1	Energia cinética. Energia potencial gravitacional. Conservação da Energia mecânica.	Relacionar Energia potencial gravitacional com Energia cinética. Aplicar o princípio da conservação da Energia Mecânica para calcular a velocidade de um corpo.
1Q2	Energia potencial gravitacional.	Relacionar as grandezas massa e altura, com a Energia potencial gravitacional.
1Q3	Energia potencial gravitacional.	Relacionar as variáveis no cálculo da Energia potencial gravitacional.
1Q4	Trabalho.	Compreender e relacionar as grandezas envolvidas no Trabalho mecânico.
1Q5	Energia potencial gravitacional.	Calcular a altura de um corpo relacionando a variação da Energia potencial gravitacional.

Continua na próxima página

Tabela 1 – continuação da página anterior

Itens	Temas	Distratores Habilidades
1Q6	Energia cinética. Energia potencial gravitacional. Trabalho. Potência.	Relacionar Energia cinética com Energia potencial gravitacional, Trabalho e Potência.
1Q7	Energia cinética.	Compreender a relação da Energia cinética com a massa e a velocidade.
1Q8	Energia cinética. Conservação da Energia Mecânica.	Utilizar o teorema Trabalho Energia cinética. Relacionar Energia cinética, conservação da Energia Mecânica e força.
1Q9	Energia cinética. Trabalho.	Compreender a relação da velocidade e da massa com a Energia cinética. Compreender o teorema Trabalho Energia cinética. Relacionar Trabalho, Energia cinética e força.
1Q10	Energia cinética.	Compreender a relação da velocidade na expressão matemática da Energia cinética.
1Q11	Energia cinética. Energia potencial gravitacional.	Relacionar Energia cinética, Energia potencial gravitacional. Calcular a altura máxima de um objeto conhecendo sua velocidade.
1Q12	Energia cinética. Energia potencial gravitacional. Conservação da Energia Mecânica.	Relacionar Energia potencial gravitacional com Energia cinética. Aplicar o princípio da conservação da Energia Mecânica para calcular a velocidade de um corpo.
1Q13	Energia cinética. Energia potencial gravitacional	Relacionar Energia cinética, Energia potencial gravitacional.
1Q14	Energia potencial gravitacional.	Reconhecer os fatores que provocam a variação da Energia potencial gravitacional.
1Q15	Energia cinética. Energia potencial gravitacional.	Relacionar os gráficos da Energia cinética e da Energia potencial gravitacional.

#### 4.1.2 Teste do 2º Ano

O teste do 2º é constituído de vinte itens, com cinco alternativas cada, foram usados itens conceituais teóricos e conceituais numéricos. Nesse teste foram usados cinco itens que estavam presentes no teste do 1º Ano. Esses cinco itens foram escolhidos porque continham todos os assuntos abordados no teste do 1º. Este procedimento foi realizado por dois objetivos. Inicialmente, a utilização de itens referentes ao conteúdo do 1º Ano na

avaliação do 2º. Ano tem o objetivo de verificar o que o estudante consegue lembrar e relacionar das formas de Energia estudadas no 1º. Ano. Em segundo lugar, os itens foram escolhidos para, segundo os procedimentos da TRI, permitir o estabelecimento de uma escala linear perpassando os três anos do Ensino Médio.

O teste tem como tema central a Energia Térmica. Os conteúdos abordados nos itens são o Calor e a 1ª. Lei da Termodinâmica. Alguns itens relacionam esses conteúdos com Energia Mecânica e sua conservação.

A tabela 2 detalha os temas, os descritores/habilidades dos itens do teste do 2º. Ano. Os itens que recebem numeração dupla são aqueles que são comuns com o teste do 1º. Ano.

Tabela 2 – Temas, Descritores/Habilidades dos itens do teste do 2º. Ano

Itens	Temas	Distratores Habilidades
2Q1	Primeiro princípio da Termodinâmica.	Compreender o primeiro princípio da Termodinâmica: a quantidade de calor fornecida a um sistema é igual ao Trabalho que ele realiza mais a variação de sua Energia interna.
2Q2	Primeiro princípio da Termodinâmica. Trabalho mecânico.	Compreender o primeiro princípio da Termodinâmica: a quantidade de calor fornecida a um sistema é igual ao Trabalho que ele realiza mais a variação de sua Energia interna. Relacionar o primeiro princípio da Termodinâmica com Trabalho mecânico.
2Q3	Primeiro princípio da Termodinâmica.	Operar e calcular o Trabalho na expansão com pressão constante. Compreender o Trabalho realizado por um gás ideal.
2Q4	Calor. Potência útil.	Compreender o conceito de calor sensível. Calcular a medida do calor sensível. Utilizar a relação Potência útil e calor.
2Q5 1Q6	Energia cinética, Energia potencial gravitacional, Trabalho e Potência.	Relacionar Energia cinética, Energia potencial gravitacional, Trabalho e Potência.
2Q6	Calor.	Reconhecer as formas de propagação do calor.

Continua na próxima página

Tabela 2 – continuação da página anterior

Itens	Temas	Distratores Habilidades
2Q7	Calor.	Compreender o conceito de calor. Compreender o conceito de capacidade térmica. Compreender o conceito de calor específico.
2Q8	Calor. Conservação da Energia Mecânica.	Saber calcular o aquecimento de um corpo quando uma determinada quantidade de Energia (Mecânica, elétrica) lhe é fornecida.
2Q9 1Q4	Trabalho.	Compreender e relacionar as grandezas envolvidas no Trabalho mecânico.
2Q10	Primeiro princípio da Termodinâmica.	Reconhecer as diferentes transformações gasosas. Compreender e utilizar o primeiro princípio da Termodinâmica.
2Q11 1Q1	Energia cinética. Energia potencial gravitacional. Conservação da Energia Mecânica.	Relacionar Energia potencial gravitacional com Energia cinética. Aplicar o princípio da conservação da Energia Mecânica para calcular a velocidade de um corpo.
2Q12	Primeiro princípio da Termodinâmica.	Reconhecer e compreender as transformações gasosas. Compreender e utilizar o primeiro princípio da Termodinâmica.
2Q13	Primeiro princípio da Termodinâmica.	Reconhecer e compreender as transformações gasosas. Compreender e utilizar o primeiro princípio da Termodinâmica.
2Q14 1Q3	Energia potencial gravitacional.	Relacionar as variáveis envolvidas no cálculo da Energia potencial gravitacional.
2Q15 1Q10	Energia cinética.	Compreender a relação da velocidade na expressão matemática da Energia cinética.
2Q16	Calor.	Compreender os processos de propagação do calor.
2Q17	Trabalho. Primeiro princípio da Termodinâmica.	Operar e calcular o Trabalho realizado por um gás ideal. Saber operar e utilizar o primeiro princípio da Termodinâmica.
2Q18	Calor.	Compreender o conceito de calor.
2Q19	Trabalho e calor.	Compreender que a Energia interna de um corpo esta associada à Energia de movimento aleatório das partículas do corpo e à organização/estrutura dessas partículas. Compreender que um corpo pode ser aquecido por dois processos: fornecendo calor ou realizado Trabalho sobre ele.
2Q20	Primeiro princípio da Termodinâmica.	Compreender o primeiro princípio da Termodinâmica. Diferenciar os tipos de transformações gasosas.

### 4.1.3 Teste do 3º. Ano

O teste do 3º. Ano é constituído de vinte e dois itens, com cinco alternativas cada. Com os mesmos objetivos descritos no teste do 2º. Ano, nesse teste foram usados itens que estão presentes nos outros dois testes. Têm-se dois itens do teste do 1º. Ano e cinco itens do teste do 2º. Ano.

O tema central do teste é a Energia Elétrica. Os conteúdos abordados são Campo Elétrico, Trabalho da Força Elétrica, Energia Potencial Elétrica, Efeito Joule, Potência Elétrica, Circuitos Elétricos.

A tabela 3 detalha os temas, os descritores/habilidades dos itens do teste do 3º. Ano. Os itens comuns estão identificados com a numeração correspondente de cada teste.

Tabela 3 – Temas, Descritores/Habilidades dos itens do teste do 3º. Ano

Itens	Temas	Distratores Habilidades
3Q1	Potência. Efeito Joule.	Compreender o conceito de potência elétrica como a Energia transferida por unidade de tempo e suas medidas. Saber resolver problemas utilizando a relação quantitativa entre potência, diferença de potencial e corrente elétrica. Saber resolver problemas envolvendo Energia transformada, tempo e potência.
3Q2	Campo elétrico. Potencial elétrico. Trabalho da força elétrica.	Compreender o conceito de campo elétrico de uma carga puntiforme. Compreender que entre dois pontos de uma linha de força de um campo elétrico existe uma diferença de potencial elétrico. Compreender o Trabalho da força elétrica.
3Q3	Energia potencial elétrica.	Compreender o conceito de Energia potencial elétrica.
3Q4	Potência elétrica. Efeito Joule.	Saber como é feita a medida da Energia transferida e saber calcular o custo mensal da utilização de um eletrodoméstico. Compreender o conceito de potência elétrica.

Continua na próxima página



Tabela 3 – continuação da página anterior

Itens	Temas	Distratores Habilidades
3Q5	Trabalho mecânico. Trabalho da força elétrica. Energia potencial elétrica.	Compreender o conceito de Energia potencial elétrica. Relacionar Trabalho mecânico e Trabalho da força elétrica.
3Q6	Trabalho mecânico. Trabalho da força elétrica. Energia potencial elétrica.	Compreender o conceito de Energia potencial elétrica. Relacionar Trabalho mecânico e Trabalho da força elétrica.
3Q7	Campo elétrico. Aceleração. Velocidade.	Compreender o conceito de campo elétrico. Relacionar a matematicamente campo elétrico com aceleração e velocidade.
3Q8	Potência. Efeito Joule. Circuitos elétricos. Calorsensível.	Saber resolver problemas utilizando a relação entre potência, diferença de potencial e corrente elétrica. Compreender o funcionamento dos circuitos elétricos. Compreender o conceito de calor sensível e operar sua expressão matemática.
3Q9 2Q3	Primeiro princípio da Termodinâmica.	Operar e calcular o Trabalho na expansão com pressão constante. Compreender o Trabalho realizado por um gás ideal.
3Q10 2Q4	Calor. Potência útil.	Compreender o conceito de calor sensível. Calcular a medida do calor sensível. Utilizar a relação Potência útil e calor.
3Q11	Campo elétrico.	Compreender o conceito de campo elétrico de uma carga puntiforme. Saber que o campo elétrico é definido como sendo a força por unidade de carga e sua unidade no SI. Saber representar as linhas de força do campo elétrico de cargas isoladas e sistema.
3Q12 2Q16	Calor.	Compreender os processos de propagação do calor.
3Q13	Efeito Joule. 1ª Lei de Ohm.	Compreender o Efeito Joule. Relacionar Efeito Joule com a 1ª Lei de Ohm.
3Q14	Campo elétrico. Potencial elétrico.	Compreender o conceito de Energia potencial elétrica. Saber que a diferença de potencial elétrico é definida como o Trabalho por unidade de carga e sua unidade no SI. Entender os fenômenos eletrostáticos com base na noção de diferença de potencial elétrico.
3Q15	Potência elétrica.	Saber resolver problemas utilizando a relação entre potência, diferença de potencial, resistência elétrica e corrente elétrica.
3Q16	Circuitos elétricos. 1ª Lei de Ohm.	Compreendero funcionamento dos circuitos elétricos. Compreender a 1ª Lei de Ohm.
3Q17	Carga elétrica. Energia potencial elétrica.	Compreender o conceito de carga elétrica. Compreender o conceito de Energia potencial elétrica.

Continua na próxima página

Tabela 3 – continuação da página anterior

Itens	Temas	Distratores Habilidades
3Q18 2Q1	Primeiro princípio da Termodinâmica.	Compreender o primeiro princípio da Termodinâmica: a quantidade de calor fornecida a um sistema é igual ao Trabalho que ele realiza mais a variação de sua Energia interna.
3Q19 2Q2	Primeiro princípio da Termodinâmica. Trabalho mecânico.	Compreender o primeiro princípio da Termodinâmica: a quantidade de calor fornecida a um sistema é igual ao Trabalho que ele realiza mais a variação de sua Energia interna. Relacionar o primeiro princípio da Termodinâmica com Trabalho mecânico.
3Q20	Energia potencial elétrica.	Compreender o conceito de Energia potencial elétrica.

## 4.2 Procedimentos de coleta de dados

Para selecionar o grupo de referência para participar do projeto foi feito um levantamento dos dados socioeconômico das cidades de Formiga, Lavras e Três Corações. Nesse estudo temos informações sobre a população desses municípios e o Índice de Desenvolvimento Humano do Município (IDHM), [BRASIL. IBGE \(2015\)](#) que é o índice usado para caracterizar a situação socioeconômica dos municípios brasileiros. Esses dados estão detalhados no Apêndice A.

O gráfico da figura 6 faz uma comparação entre o IDHM dos municípios participantes do projeto e a média nacional, os dados são de 2010.

As escolas participantes do projeto são: Escola Estadual Jalcira Santos Valadão (Formiga), Colégio Losango de Formiga (Formiga), Escola Estadual Américo Dias Pereira (Três Corações) e Colégio Tiradentes de Lavras (Lavras). Essas escolas foram analisadas e estudadas, o apêndice B relata as características de cada uma das escolas participantes do projeto e o seu contexto.

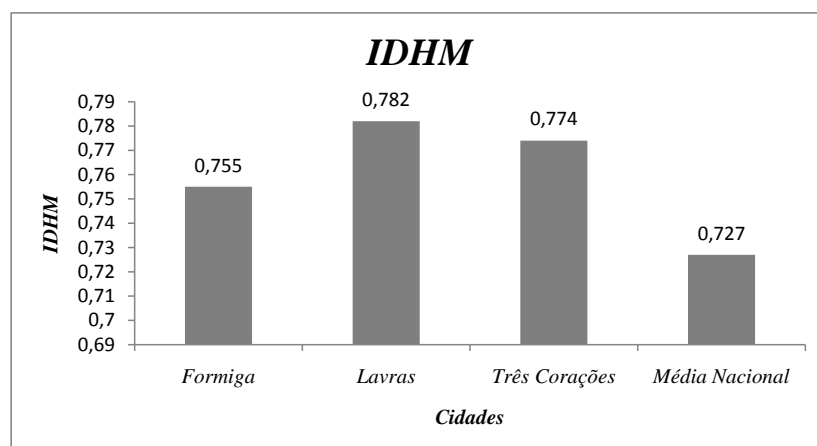


Figura 6 – IDHM dos municípios que participaram do projeto (BRASIL. IBGE, 2015)

Nesse projeto foram selecionadas escolas com diferentes perfis em relação ao Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) BRASIL. Inep (2015), ou seja, escolas que atingiram suas metas de Ideb e escolas que não atingiram suas metas. Foram selecionadas escolas da rede pública e da rede particular de ensino. Dentro das escolas da rede pública tem-se o Colégio Tiradentes que pertence ao sistema de ensino Polícia Militar. As escolas Jalcira Santos Valadão e Colégio Tiradentes se destacam por um Ideb acima da média nacional e regional, enquanto a escola Américo Dias Pereira têm dificuldades em atingir a meta estipulada pela SSE – MG.

O gráfico da figura 7 compara o Ideb de 2013 das escolas que participaram do projeto.

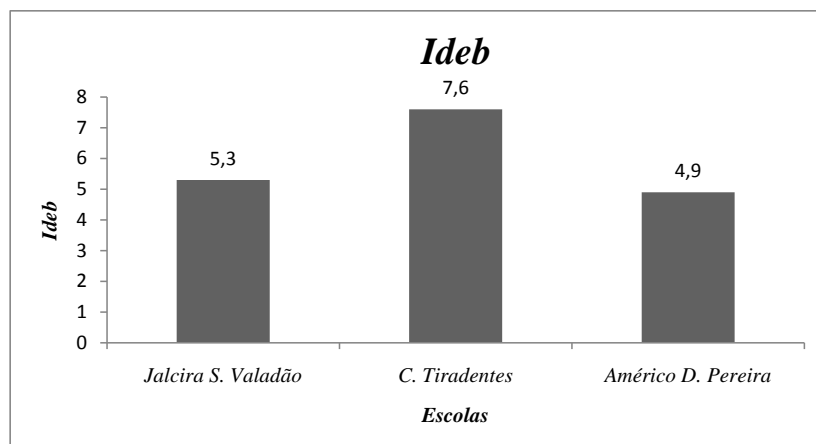


Figura 7 – Ideb de 2013 das escolas públicas que participaram do projeto.(BRASIL. Inep, 2015)

O Colégio Losango de Formiga pertence à rede particular de ensino, por isso não possui valor de Ideb. É a escola de Formiga com a maior média de pontos no Enem.

### 4.3 Procedimentos de análise de dados

Existem diversos softwares que realizam a estimação dos parâmetros da TRI, mas a maioria não é gratuita. Um dos softwares disponíveis atualmente é o ICL (Item response theory Command Language), desenvolvido pelo americano Bradley Alvin Hanson (1957-2002), que contribuiu de forma significativa para a avaliação educacional. Ele realizou e publicou pesquisas sobre metodologia de análise de testes educacionais e criou vários softwares para análise de resultados desses testes.

Hanson é doutor pela Universidade de Stanford, trabalhou por 16 anos no ACT em Iowa City, Iowa, CTB, antes de ingressar como pesquisador chefe (Chief Research Scientist) em 2001. Colaborou de forma ativa em mais de 50 publicações e apresentações em conferências. Era um membro ativo da American Educational Research Association, do Conselho Nacional de Mensuração em Educação (NCME), da Sociedade Psychometric, e da American Statistical Association; na época de sua morte servia como editor de Web Site para o NCME. Pode-se ter acesso a alguns desses softwares, liberados sob licença de Software Livre, pois estão disponíveis no site: <<http://www.bah.com/index.html>>.

O Conselho Nacional de Mensuração em Educação dos Estados Unidos criou o prêmio Bradley Hanson, que é apresentado anualmente e premia os melhores trabalhos com avanços na área de avaliação educacional.

O ICL utiliza os métodos de máxima verossimilhança (EM) e Bayesianos. O software utiliza o algoritmo EM Dempster, Laird e Rubin (1977) e McLachlan e Krishnan (1997), apud Hanson (2000) para computar os parâmetros do modelo da TRI. Para detalhes sobre o método EM, consultar Brown e Woodruff (1997) e Hanson (2002).

A confiabilidade e reprodutividade da estimação dos parâmetros da TRI pelo ICL foram analisados em diversos artigos científicos. Esses estudos foram realizados para evidenciar a qualidade das estimativas de parâmetros de itens e de habilidades dos estudantes realizadas pelo ICL. Segundo o trabalho de Mendonça (2007), em várias situações analisadas, como por exemplo, os estudos de simulações com turmas de diferentes tamanhos, o ICL mostrou-se um software que produz excelentes estimativas para os parâmetros da TRI.

Uma comparação entre o ICL e o software BILOG-MG foi feita por Mead, Morris e Blitz (2007). Esse trabalho comparou os resultados de estimação dos dois softwares. A conclusão desses pesquisadores foi que no que diz respeito à precisão das estimativas dos parâmetros, os dois têm resultados parecidos. Jurich e Goodman (2009) fizeram a comparação entre o ICL e o software PARSCALE e chegaram a conclusão que ambos os softwares tem a estimativa de parâmetros da TRI muito próximos. Portanto, justifica-se o uso do ICL, em detrimento a um software pago, não acarretando nenhum prejuízo estatístico para o trabalho.

Existem versões do ICL para Linux, Windows e Macintosh (HANSON, 2002), sendo caracterizado como Software livre no sentido estabelecido pela Free Software Foundation (FSF, 2015), em <<https://www.fsf.org/licensing/>>. Isto significa, com divulgação de seu código fonte, permitindo também a participação no seu desenvolvimento. O ICL é escrito na linguagem C++ e utiliza o Estimation Toolkit for Item Response Models (ETIRM), como ferramenta para estimativa de modelos da TRI.

O ICL é operado por uma linguagem script TCL. Os comando são detalhados no manual, (HANSON, 2002).

Utilizando o algoritmo de iteração EM para amostras discretas, o software ICL permite a estimação dos parâmetros do modelo ML3P, sua calibração, análise e determinação das habilidades latentes dos estudantes a partir do ajuste estatístico das respostas dadas ao teste.

Para a aplicação do ICL, as respostas dos itens devem ser registradas em uma matriz  $n \times m$ , onde cada elemento  $a_{i,j}$  deve ser 0 para resposta errada e 1 para resposta correta, sendo  $n$  o número de estudantes e  $m$  o

número de itens do teste.

A partir dessa matriz, o aplicativo realiza as iterações EM, a fim de estimar os valores dos parâmetros do modelo. O ICL permite a estimação de parâmetros pelos diversos modelos de TRI discutidos anteriormente. O modelo utilizado é o modelo logístico de 3 parâmetros, (ML3P), pelas razões apresentadas anteriormente. Neste caso, o ICL estima os parâmetros de discriminação ( $A$ ), dificuldade ( $B$ ) e de acerto aleatório ( $C$ ) para cada item. Com a finalização do processo, o ICL fornece um arquivo com os valores encontrados para os valores dos parâmetros.

Para a análise de dados, construiu-se tabelas que contém o gabarito de cada item testado, a porcentagem de frequência de cada alternativa, os parâmetros da TRI e os parâmetros da TCT. Essas tabelas serão discutidas no capítulo 7.

## 5 PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional desse trabalho é um Banco de Itens sobre o conceito de Energia. Os itens contêm os conteúdos dos três anos do Ensino Médio. Esses itens foram testados e depois da aplicação eles foram calibrados com o uso da TRI.

O diferencial desse banco itens é a ficha pedagógica de cada item. Nessa ficha os professores terão acesso a todas as informações do item, que são:

1. a série em que pode ser aplicado;
2. o tema dentro do conteúdo de Energia;
3. os descritores/habilidades testados;
4. calibração da escala E dos parâmetros estimados da TRI;
5. o item;
6. gabarito e resolução justificada;
7. distratores de cada alternativa;
8. frequência absoluta e porcentagem de cada alternativa;
9. observação sobre o resultado da aplicação.

Com todas essas informações nas fichas dos itens os professores poderão utilizá-los para a construção de uma avaliação sobre o conceito de



Energia. As informações dos itens permitem aos professores identificar quais as habilidades os estudantes possuem e quais as falhas conceituais ainda persistem.

Um dos objetivos para a construção do banco de itens é que eles sejam usados na construção de uma avaliação sequencial, ou seja, uma avaliação que seja feita durante os três anos do Ensino Médio. Com isso os professores podem acompanhar todo o processo de ensino aprendizagem dos seus estudantes. Assim poderão identificar as habilidades que foram adquiridas nos anos anteriores e verificar se os mesmos fazem correlação entre habilidades dos anos anteriores e as habilidades adquiridas no ano em que estão.

Para que isso fosse possível, parte dos itens foram elaborados de forma que os estudantes precisam usar mais de um conteúdo para encontrarem a resposta correta.

A ficha dos itens também contém uma análise pedagógica com finalidade de orientação para os professores que optarem por utilizar os itens.

Para ter acesso ao banco de itens o professor deverá se cadastrar no modle UFLA. Feito o cadastro o professor preenche um termo de uso dos itens, onde será instruído sobre o uso dos mesmos, dessa forma o professor terá acesso a um PDF da ficha de cada item.

### **5.1 Ficha pedagógica dos itens**

Para ilustrar as características e relevância do Banco de Itens, descreveremos o modelo das fichas pedagógicas.

As fichas são numeradas com o seguinte código: o número à esquerda

da letra Q significa o teste em que ele foi usado e o número à direita a numeração em cada teste. Assim, a ficha reproduzida na figura 8 corresponde ao item **1Q4**, ou seja, o item **4** do teste aplicado no 1<sup>o</sup>. Ano.

A discussão sobre os resultados da aplicação dos itens 1Q4, 2Q9 e 3Q21 será apresentada em detalhes no próximo capítulo. O objetivo da presente seção é apenas apresentar um exemplo de ficha dos itens que compõem o produto educacional.

Cada ficha é identificada pelo seu número e por um quadro com as informações básicas do item: (*i*) Ano do ensino médio ao qual se refere o seu conteúdo; (*ii*) Temática do item; (*iii*) Descritores e/ou habilidades envolvidas; (*iv*) Grau de dificuldade estimado.

Quando o item foi adaptado de alguma fonte externa, a fonte original da proposta do item é identificada.

O resultado dos parâmetros de discriminação (*A*), dificuldade (*B*) e probabilidade de acerto aleatório (*C*) são apresentados, de acordo com a estimação dos parâmetros da TRI para o grupo de referência.

A seguir a formulação da questão e suas opções.

A ficha apresenta então o gabarito e a resolução justificada.

O que pode ser de maior auxílio para o professor vem a seguir, com o comentário sobre os distratores das alternativas conforme a intenção do autor do item.

Finalmente, a ficha apresenta o quadro com a frequência de seleção de cada alternativa do item. O gabarito é destacado com a cor cinza nas células da alternativa correta.

**Identificação**

**Código 1Q4=2Q9=3Q21**

Ano	Tema	Descritores/Habilidades	Dificuldade
3º	Trabalho	Compreender e relacionar as grandezas envolvidas no trabalho mecânico.	Média

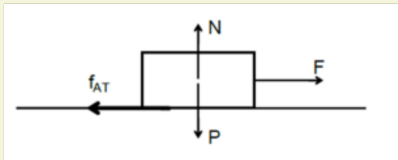
**Fonte:** Adaptada do vestibular da UFMG 2008.

**Calibração escala E:**

A	B	C
0.63	2.47	0.28

**Item 1Q4**

Um bloco move-se horizontalmente, sobre uma superfície, da esquerda para direita, sob ação das forças mostradas na figura.



Pode-se afirmar que:

A) Apenas as forças N e P realizam Trabalho;  
 B) Apenas a força F realiza Trabalho;  
 C) Apenas a força  $f_{AT}$  realiza Trabalho;  
 D) Apenas as forças F e  $f_{AT}$  realizam Trabalho;  
 E) Apenas F e N realizam Trabalho.

**Gabarito: D**

**Resolução justificada:**

Como o movimento do bloco ocorre na horizontal, pode-se concluir que somente as forças na horizontal realizam Trabalho. Portanto apenas as forças F e  $f_{AT}$  realizam Trabalho.

**Distratores:**

A) Os estudantes que optaram por essa alternativa não compreendem que as forças que são perpendiculares ao deslocamento do bloco não realizam trabalho.  
 B) Os estudantes que optaram por essa alternativa não compreendem que a força  $f_{AT}$  executa um trabalho resistente, por ser contrária ao sentido do deslocamento.  
 C) Ao optarem por essa alternativa os estudantes não perceberam qual é o sentido do deslocamento e nem a influência da força F.  
 D) Opção correta.  
 E) Os estudantes não perceberam que força N é perpendicular ao deslocamento e, portanto não realiza trabalho.

**Frequências:**

Opção	Fi	%
A	54	19,0
B	56	19,7
C	40	14,0
D	102	36,0
E	32	11,3

Figura 8 – Ficha do item 1Q4, a qual recebe também as seguintes numerações: 2Q9 e 3Q21.

As fichas dos 45 itens desenvolvidos nesta dissertação são disponibilizados no produto educacional desenvolvido.

## 6 RESULTADOS

Nesse capítulo apresentaremos os resultados dos testes através da análise dos itens usando a TCT e a TRI.

No dia 31 de novembro de 2014 os testes foram aplicados nas escolas: E. E. Jalcira Santos Valadão, Colégio Losango de Formiga, E. E. Américo Dias Pereira e Colégio Tiradentes de Lavras. Participaram dos testes estudantes dos três anos do Ensino Médio. Na tabela 4 está detalhado, o número de estudantes que fizeram os testes divididos por escola e ano de escolaridade.

Após aplicação dos testes, fez-se a tabulação das respostas dos estudantes, construindo planilhas com as opções assinaladas pelos estudantes em cada item. A partir dessas planilhas e do gabarito, foram construídas as matrizes de correção do teste, atribuindo-se 0 para o estudante que errou o item no teste e 1 para o que acertou.

Essas matrizes compostas por 0 ou 1 foram utilizadas para estimar os parâmetros da TCT e TRI. Para estimar os parâmetros IF e  $r_{pbi}$  foram utilizadas planilhas de Excel e o parâmetro D foi calculado de forma individual para cada item.

Os parâmetros A, B e C foram estimados através dos procedimentos

Tabela 4 – Número de estudantes por escola e ano de escolaridade.

Ano /Escola	E.E. Jalcira S. Valadão	E.E. Américo Dias Pereira	C. Losango de Formiga	C. Tiradentes de Lavras	Total/Ano e Total geral
1º Ano	82	106	22	15	225
2º Ano	58	68	14	27	167
3º Ano	103	122	-	59	284
Total/escola	243	296	36	101	676

Tabela 5 – Resultados do teste do 1º. Ano.

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	$r_{pbi}$
1Q1	4,0	7,1	<b>7,1</b>	67,2	14,6	0,76	4,14	0,07	0,07	1	0,25
1Q2	<b>59,1</b>	12,0	6,2	8,9	13,8	0,37	0,06	0,22	0,59	0,44	0,37
1Q3	11,5	<b>38,7</b>	27,6	18,7	3,6	0,19	5,77	0,29	0,39	0,23	0,27
1Q4	9,8	16,8	8,4	<b>58,7</b>	6,3	0,53	0,07	0,23	0,59	0,14	0,32
1Q5	14,2	19,6	<b>25,8</b>	33,3	7,1	1,60	1,41	0,17	0,26	0,62	0,41
1Q6	16,9	14,7	8,5	7,5	<b>52,4</b>	0,24	0,96	0,23	0,52	0,10	0,25
1Q7	16,0	<b>36,0</b>	11,6	23,6	12,8	1,30	1,54	0,29	0,36	0,60	0,36
1Q8	21,3	20,0	<b>30,2</b>	23,1	5,4	1,20	1,92	0,26	0,3	0,50	0,43
1Q9	36,9	<b>14,7</b>	16,9	15,1	16,4	1,24	3,46	0,15	0,15	0,33	0,24
1Q10	6,7	16,0	15,6	49,7	<b>12,0</b>	1,30	3,48	0,12	0,12	0,00	0,14
1Q11	5,4	<b>17,3</b>	45,3	16,9	15,1	1,19	2,10	0,13	0,17	0,63	0,33
1Q12	19,4	17,7	<b>17,7</b>	35,0	10,2	1,48	1,47	0,15	0,24	0,37	0,37
1Q13	19,1	8,9	21,8	<b>20,0</b>	30,2	1,10	3,28	0,20	0,2	0,71	0,3
1Q14	17,8	20,8	<b>19,6</b>	25,8	16,0	1,22	3,61	0,20	0,2	0,60	0,23
1Q15	21,7	15,2	29,4	<b>24,4</b>	9,3	1,30	1,80	0,19	0,24	0,73	0,43

padrão de estimação para grupo único (Single Group Estimation, vide [Hanson \(2002\)](#), p.41, utilizando o software ICL.

As tabelas 5, 6 e 7 detalham os resultados dos testes. Cada tabela contém o código do item de acordo com a ficha do item contida no produto do trabalho. As tabelas contêm também a porcentagem de estudantes que marcaram cada alternativa, essa informação constará também na ficha do item, essa informação auxilia na análise dos distratores e dessa forma permite ao professor localizar as lacunas conceituais dos estudantes.

Em cada item a alternativa correta está destacada e para cada item estão descritos os parâmetros A, B e C da TRI e os parâmetros IF, D e  $r_{pbi}$  da TCT.

A tabela 5 mostra o resultado do teste do 1º. Ano. Observa-se que apenas os itens 1Q2, 1Q4 e 1Q6 obtiveram escores superiores a 50%, sendo 59,1%, 58,7% e 52,4%, respectivamente. Este fato se reflete de forma dramática na estimação do parâmetro B, grau de dificuldade dos itens. Um

traço que se repete em toda a análise é a constatação de que, em relação ao grupo investigado, os testes apresentam elevado grau de dificuldade.

Os itens 1Q1, 1Q9, 1Q10, 1Q11, 1Q12 e 1Q14 tiveram escores menores que 20%, ou seja, tiveram escores abaixo da probabilidade de acerto aleatório, que nesse teste é de 20%, pois cada item contém cinco alternativas.

Analisando o parâmetro A, percebe-se que 11 dos itens do teste possuem um valor acima de 0,7, que é o recomendado. Assim esses itens discriminam de forma satisfatória os estudantes que possuem as habilidades testadas pelos itens, daqueles que não possuem.

A tabela 6 mostra o resultado do teste do 2º Ano. Através dessa tabela, observa-se que o item 2Q5 obteve um escore de 58%, mais nenhum item conseguiu escore acima de 50%. Este fato reflete novamente na estimativa do parâmetro B. Observa-se que 4 itens tiveram o parâmetro B acima de 5, como o valor máximo da escala utilizada é 6, esses itens foram considerados pelo grupo de referência como sendo muito difíceis.

Uma característica importante do teste é que a maioria dos itens tem o parâmetro A satisfatório, mesmo sendo um teste considerado difícil pelo grupo de referência, os itens possuem uma boa discriminação entre os estudantes.

Os itens 2Q4, 2Q7, 2Q11, 2Q13, 2Q15 tiveram escores menores que 20%, ou seja, tiveram escores abaixo da probabilidade de acerto aleatório. Esse resultado evidencia a qualidade dos distratores usados nos itens, pois deixa claro que os estudantes não “chutaram” a resposta e sim optaram pelas alternativas que faziam mais sentido como resposta ao item. Isso pode ser observado na concentração de estudantes que optaram pela mesma

Tabela 6 – Resultados do teste do 2º. Ano.

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	rpbi
2Q1	31,1	<b>37,1</b>	18,6	2,4	10,8	1,43	0,99	0,20	0,37	0,73	0,36
2Q2	26,3	16,8	<b>32,9</b>	21,6	2,4	1,69	1,10	0,11	0,33	1	0,03
2Q3	8,4	<b>24,6</b>	24,6	25,7	16,7	1,10	2,99	0,23	0,25	0,66	0,22
2Q4	17,9	28,7	16,2	<b>16,8</b>	20,4	0,93	5,80	0,17	0,17	1	0,12
2Q5	16,8	11,4	9,0	4,8	<b>58,0</b>	1,02	0,14	0,22	0,58	0,86	0,39
2Q6	14,4	15,5	<b>48,5</b>	9,6	12,0	0,46	1,06	0,23	0,49	0,66	0,34
2Q7	63,4	<b>11,4</b>	10,2	6,0	9,0	0,92	5,78	0,12	0,11	1	0,03
2Q8	6,5	<b>22,8</b>	25,1	24,0	21,6	0,51	3,07	0,16	0,23	1	0,32
2Q9	9,6	20,4	13,7	<b>47,3</b>	9,0	0,42	1,41	0,26	0,47	1	0,35
2Q10	27,0	15,5	10,1	24,6	<b>22,8</b>	1,36	2,68	0,21	0,23	0,71	0,12
2Q11	6,0	13,1	<b>15,0</b>	53,3	12,6	1,36	2,78	0,14	0,15	1	0,28
2Q12	19,8	22,8	<b>37,7</b>	13,8	5,9	0,92	1,11	0,19	0,38	1	0,44
2Q13	37,7	<b>15,6</b>	22,7	17,4	6,6	1,08	2,97	0,14	0,16	1	0,21
2Q14	6,6	<b>33,0</b>	33,5	19,1	7,8	0,33	3,87	0,24	0,33	0,77	0,27
2Q15	9,0	13,1	11,4	54,5	<b>12,0</b>	1,21	2,57	0,10	0,12	1	0,21
2Q16	7,7	18,6	25,1	24,6	<b>24,0</b>	0,95	3,17	0,22	0,24	0,6	0,14
2Q17	24,6	<b>20,4</b>	17,3	27,0	10,7	1,46	1,84	0,15	0,2	0,8	0,25
2Q18	<b>39,5</b>	24,0	6,0	10,2	20,3	0,97	1,51	0,28	0,4	0,71	0,38
2Q19	18,0	17,4	21,0	18,5	<b>25,1</b>	0,83	5,61	0,24	0,25	0,6	0,11
2Q20	12,0	15,6	27,5	24,6	<b>20,3</b>	0,96	5,83	0,24	0,2	0,75	0,28

alternativa.

A tabela 7 mostra o resultado do teste do 3º Ano. Através dessa tabela, observa-se que nenhum item conseguiu escore acima de 50%. O maior escore obtido foi 36%, no item 3Q21. Os resultados evidenciam que o teste foi considerado pelo grupo de referência como o mais difícil. A evidência indiscutível desse fato são os valores elevados do parâmetro B. Foram 8 itens com valores do parâmetro B acima de 5.

Os itens 3Q2, 3Q6, 3Q7, 3Q12, 3Q14, 3Q15, 3Q16, 3Q17, 3Q20 e 3Q22 tiveram escores menores que 20%, ou seja, tiveram escores abaixo da probabilidade de acerto aleatório.

Apenas os itens 3Q5 e 3Q9 não obtiveram índices suficientes no parâmetro A, ou seja, são os únicos itens que não discriminam de forma satisfatória os estudantes que fizeram o teste.



Tabela 7 – Resultados do teste do 3º. Ano.

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	rpb
3Q1	7,1	52,8	8,8	<b>29,2</b>	2,1	1,20	1,96	0,24	0,29	1	0,22
3Q2	<b>11,6</b>	8,1	20,4	10,6	49,3	1,36	2,40	0,09	0,12	1	0,22
3Q3	21,1	<b>21,5</b>	16,2	9,9	31,3	0,92	5,80	0,21	0,21	1	0,28
3Q4	9,2	20,8	24,6	<b>34,9</b>	10,5	0,85	5,62	0,34	0,35	1	0,25
3Q5	14,1	18,7	<b>23,6</b>	37,0	6,6	0,36	2,46	0,22	0,24	0,25	0,26
3Q6	28,5	25,7	18,4	13,7	<b>13,7</b>	1,48	2,57	0,12	0,14	0,6	0,18
3Q7	42,6	13,4	14,4	<b>12,3</b>	17,3	1,09	3,51	0,17	0,12	1	0,16
3Q8	7,7	35,2	<b>28,6</b>	15,8	12,7	0,89	2,73	0,25	0,29	1	0,27
3Q9	9,5	<b>24,6</b>	22,6	32,0	11,3	0,52	2,61	0,15	0,25	1	0,28
3Q10	21,1	21,9	17,6	<b>23,6</b>	15,8	1,50	1,24	0,10	0,24	1	0,36
3Q11	<b>21,5</b>	24,6	22,2	17,3	14,4	0,82	5,68	0,21	0,21	1	0,13
3Q12	20,3	24,3	24,0	24,0	<b>7,4</b>	0,91	5,78	0,20	0,2	1	0,19
3Q13	21,8	19,7	18,3	<b>20,8</b>	19,4	1,06	3,61	0,20	0,21	1	0,19
3Q14	12,3	15,8	24,7	<b>18,3</b>	28,9	0,70	4,24	0,17	0,18	1	0,19
3Q15	<b>14,4</b>	20,7	35,2	18,7	11,0	0,92	5,80	0,14	0,14	1	0,23
3Q16	19,4	18,7	<b>18,0</b>	30,3	13,6	0,85	5,66	0,18	0,18	1	0,31
3Q17	31,0	13,7	<b>18,0</b>	25,7	11,6	1,46	2,81	0,17	0,18	1	0,30
3Q18	23,2	<b>25,4</b>	22,9	14,1	14,4	0,93	5,82	0,25	0,25	1	0,21
3Q19	26,4	20,0	<b>26,4</b>	17,6	9,6	0,81	3,19	0,24	0,26	0,71	0,24
3Q20	<b>14,1</b>	32,7	27,1	17,3	8,8	0,88	5,52	0,14	0,14	0,5	0,07
3Q21	19,0	19,7	14,0	<b>36,0</b>	11,3	0,63	2,47	0,28	0,36	0,75	0,22
3Q22	18,7	20,1	<b>13,0</b>	36,6	11,6	1,36	2,93	0,12	0,13	0,6	0,12

A discussão sobre esses escores e os resultados dos testes será feito no próximo capítulo.

## 7 ANÁLISE E DISCUSSÃO

### 7.1 Análise comparativa TCT e TRI

Os itens foram analisados a partir da TCT, conforme discutido no capítulo que relata a Metodologia. Foram estimados o índice de facilidade (IF), determinado pela frequência relativa de acertos dos itens e os parâmetros de discriminação pelo método *ad hoc* (D) e o  $r_{pbi}$  [Brown \(1996\)](#), para cada um dos itens.

Os itens foram analisados também pela TRI, no modelo logístico de três parâmetros (ML3P), utilizando o software livre Item Response Theory Command Language (ICL), [Hanson \(2002\)](#), utilizando o procedimento de estimação em grupo único, (“Single Group Estimation”, vide [Hanson \(2002\)](#), p.41). O ICL determinou os parâmetros A, B e C, para cada um dos itens. Com o uso desses parâmetros é possível construir a função de probabilidade de acerto para cada um dos itens.

Vamos, nas próximas seções, realizar uma análise comparativa entre os resultados da TRI e da TCT, visando demonstrar sua complementaridade e como podem ser utilizadas pelo professor que utilizar o banco de itens desenvolvido.

### 7.2 Análise do Teste 1º Ano

A análise o teste do 1º Ano, descrito na tabela [5](#), evidencia uma média de acerto pequena. A média de acerto é 28,9%, um escore considerado baixo, uma vez que na data de aplicação do teste, todos os conceitos já

havia sido trabalhados com os estudantes.

O item 1Q2 foi o que alcançou maior escore, 59,1%. O parâmetro IF foi 0,59 e o parâmetro B foi 0,06, logo de acordo com as duas teorias de análise o item é considerado fácil. Porém, esse item apresenta valores baixos no parâmetro que indica discriminação, tanto na TRI, quanto na TCT o valor do parâmetro é 0,37. Conclui-se, portanto que o estudante pode acertar o item sem ter assimilado os conceitos e sem possuir as habilidades exigidas pelo o item.

Nos itens 1Q1 e 1Q3 o parâmetro B é elevado, evidenciando que estes itens, exigem do estudante uma total assimilação das habilidades testadas. A escala usada para o parâmetro B vai de -6 a +6, os itens citados atingiram 4,14 e 5,77, respectivamente, caracterizando assim a necessidade de um alto nível de aquisição das habilidades testadas.

Uma comparação entre esses itens mostra que pela TCT o item 1Q1 é mais difícil que 1Q3, pois os valores de IF são 0,07 e 0,39, respectivamente. Já pela TRI o item 1Q3 é mais difícil que 1Q1, os valores do parâmetro B são 5,77 par 1Q3 e 4,14 para 1Q1. Ainda sobre esses itens o que podemos perceber é que de acordo com a TRI somente o item 1Q1 possui parâmetro de discriminação satisfatório, A é igual a 0,76. Portanto, entre esses dois itens difíceis, apenas o 1Q1 discrimina de forma satisfatória os estudantes, que possuem as habilidades testadas, daqueles que não possuem.

Apenas nos itens 1Q2, 1Q4 e 1Q6 a porcentagem de acerto ficou acima de 50% e tivemos seis itens com níveis de acertos abaixo de 20%. Esse é um valor alto, considerando que o teste possui apenas 15 itens. Principalmente levando em consideração que em um teste de múltipla escolha

com 5 alternativas, a probabilidade de acerto aleatório esperada é 20%.

Este fato indica que os distratores estão sendo eficientes em apresentar alternativas plausíveis. Mostra, entretanto, a imaturidade na formação do grupo de referência utilizado.

O parâmetro de dificuldade (B) é, em média, alto, 2,33. O que significa que, na escala estabelecida pelo grupo de referência, a habilidade necessária para responder aos itens é 2,33 vezes o desvio padrão do grupo amostral.

O que observamos dos parâmetros do item 1Q1, no qual se obteve o menor score no teste, é que os parâmetros A e D evidenciam que o item discrimina bem os estudantes que possuem a habilidade testada dos que não possuem, porém para esse item o parâmetro  $r_{pbi}$  (TCT) não evidencia claramente essa característica.

O que há de consenso para o item, tanto com a TCT quanto a TRI, é que o item exige do estudante um grau elevado de conhecimento para a habilidade testada. O baixo valor para o parâmetro IF mostra que poucos estudantes acertaram o item e o valor 4,14 para o parâmetro B mostra que o estudante que tem a maior probabilidade de acertar o item é aquele cuja habilidade está a 4 meias larguras acima do padrão do grupo, ou seja, altíssima habilidade na escala considerada. Outra observação a ser feita nesse item é o fato dos estudantes se concentrarem, 67,2%, na alternativa D.

Fazendo uma análise pedagógica do item 1Q1, pode-se afirmar que os estudantes relacionaram apenas a mudança da altura com a mudança da velocidade. Os estudantes não relacionaram as expressões matemáticas da Energia: potencial gravitacional e cinética. Não usaram o princípio da conservação da Energia Mecânica de forma correta e não usaram relações

algébricas para chegar à resposta do item. Isso pode evidenciar que em muitas escolas os professores não trabalham de forma efetiva questões com enfoque conceitual e manuseio algébrico.

O item 1Q6 que alcançou o terceiro maior escore do teste possui as mesmas características descritas para o item 1Q2. O item testa diferentes conceitos e habilidades, Energia cinética, Energia potencial gravitacional, Trabalho e Potência. É um item que analisado pedagogicamente é considerado difícil, pois nas alternativas A e B o estudante analisa o conceito de Trabalho, nas alternativas C e D ele analisa o conceito de Energia cinética e precisa dessas conclusões para chegar à resposta correta que fala sobre a Potência desenvolvida e optar pela alternativa E.

O item 1Q10 obteve o segundo menor escore do teste, obtendo 0 e 0,14 para os parâmetros D e  $r_{pbi}$ , respectivamente, o que evidencia que o item discrimina pouco os estudantes, mas comparando esses valores clássicos aos valores da TRI percebemos uma divergência entre as duas análises, pois para esse item o parâmetro A é 1,30, o que evidencia que usando a TRI esse item discrimina de forma satisfatória os estudantes. O que há de consenso nas duas teorias é que o item é difícil, pois seus parâmetros B e IF são 3,48 e 0,12, respectivamente.

Pedagogicamente, o item 1Q10 também envolve conhecimento de conceitos e manuseio algébrico, e como no item 1Q1, os estudantes não conseguiram realizar a parte algébrica do item para chegar à resposta correta. Isso é evidenciado pela concentração de 49,7% dos estudantes na alternativa D, onde eles apenas relacionam o aumento da velocidade, diretamente com o aumento da Energia cinética, eles não levam em consideração que a variável velocidade na relação da Energia cinética é elevada ao quadrado.

Analisando apenas o parâmetro B chegamos a conclusão que o 1Q3 é o item mais difícil do teste, com um valor 5,77. Apesar disso foi um item que obteve uma porcentagem de acerto de 38,7%, acima da média geral de acerto que foi de 28,4%, o que pode ser atribuído ao acerto aleatório, porque esse item tem como medida do parâmetro C o valor 0,29, que foi o maior de todos os itens. Isso evidencia que os estudantes que fizeram o teste têm quase 30% de chance de acertar o item sem ter as habilidades exigidas.

Considerando o parâmetro A pode-se perceber que apenas os itens 1Q2, 1Q3, 1Q4 e 1Q6 não discriminam de forma satisfatória os estudantes, enquanto os outros 11 itens são satisfatórios no parâmetro discriminação.

Conclui-se que o teste do 1º Ano é composto de itens que alcançam o objetivo do teste. Temos itens fáceis, médios e difíceis. O que alguns itens deixam evidenciado é que o grupo de referência precisa evoluir na parte algébrica, pois os itens que envolvem raciocínio algébrico foram os que os estudantes tiveram maior dificuldade em responder adequadamente. Mesmo com essas observações, não há necessidade de exclusão de nenhum dos itens do teste. Esses itens, portanto podem fazer parte do produto final do projeto.

### 7.3 Análise do Teste 2º Ano

Pode-se observar pelos dados da tabela 6 que no teste do 2º Ano, os escores dos itens foram baixos em comparação com a média. A média de acertos foi de 28,24%. No teste tivemos 12 itens com escores abaixo da média, o que representa 60% dos itens do teste, evidenciando que o teste em si é composto por itens que podem ser considerados difíceis.

O item que alcançou o maior escore foi o 2Q5, mas esse item será

discutido na seção 7.5 itens comuns aos testes, porque esse item fez parte do teste do 1º Ano. Este fato, portanto, evidencia positivamente a evolução conceitual dos estudantes e a consolidação do aprendizado do ano anterior.

O outro item com escore mais elevado foi o 2Q6, com 48,5% de acerto. Analisando esse item pelos parâmetros B e IF, percebemos que é um item considerado fácil, temos B igual a 1,06 e IF igual a 0,49.

Esse item possui valor 0,46 para o parâmetro A, mostrando que é um item que discrimina relativamente pouco os estudantes, mas possui um valor satisfatório de discriminação  $r_{pbi}$  igual a 0,34. Portanto, nesse item temos uma discordância entre TCT e TRI, relativo ao fator discriminação do item.

Os escores das alternativas A e B que juntas somam 29,9% das respostas dos estudantes deixam claro que eles não assimilaram o conceito de propagação de calor por irradiação, porque nas demais alternativas era necessário a compreensão do processo de irradiação.

O terceiro item com escore mais elevado foi o 2Q9, que também será discutido na seção 7.5 itens comum aos testes. Diante disso concluímos que dos três maiores escores, dois deles pertencem a itens com conteúdo do 1º Ano, o que evidencia que o grupo de referência apresenta a consolidação dos conceitos básicos de Mecânica, habilidade desenvolvida para os estudantes do 1º Ano.

O item de menor escore foi o 2Q7, com 11,4% de acerto. Esse item apresenta concordância entre a TCT e a TRI no parâmetro dificuldade. O valor do B é 5,78, está muito próximo do máximo da escala que é + 6. Já IF tem valor 0,11, o que representa que apenas 11% dos estudantes do grupo de referência acertaram o item.

No parâmetro discriminação temos uma situação de discordância entre as teorias utilizadas. Pela TRI o item apresenta valor satisfatório de discriminação,  $A$  é igual a 0,92. O parâmetro  $D$  da TCT também converge para um item com boa discriminação, pois seu resultado é 1, ou seja, somente os estudantes que mais acertaram itens no teste, acertaram também esse item. Porém o parâmetro  $r_{pbi}$  não condiz com os outros, pois teve o valor mais baixo do teste. Assim, pela TRI, pode ser considerado um item difícil que deve ser mantido por ter um poder de discriminação satisfatório.

Outro fator que deve ser analisado no item 2Q7 é o fato de 63,4% dos estudantes do grupo de referência, terem optado pela alternativa A. Ao optar pela opção A, os estudantes mostram que não entenderam o princípio da conservação da Energia, pois não perceberam que num sistema termicamente isolado a quantidade de calor cedido é igual a quantidade de calor recebido. Os estudantes associaram a quantidade de calor à variação da temperatura, como a temperatura de A sofreu uma variação maior, logo concluíram que ele perdeu mais calor do que B absorveu. Entretanto, esta é uma questão pedagogicamente relevante, por se tratar de um problema conceitual fundamental dentro da estrutura conceitual do conteúdo programático. O item permite, portanto, que o professor faça uma inferência relevante para a constatação da evolução conceitual do estudante.

Outros itens com escore baixo foram o 2Q15 e 2Q11, que serão discutidos na seção 7.5.

O item 2Q13 também teve um escore baixo, apenas 15,6% dos estudantes do grupo referência acertaram o item. As duas teorias de análise usadas convergem praticamente para o mesmo resultado. Os parâmetros  $B$  e  $IF$  classificam o item como difícil, sendo  $B$  igual a 2,97 e  $IF$  igual a 0,16.



De acordo com os parâmetros  $A$ ,  $D$  e  $r_{pbi}$  o item discrimina os estudantes de forma satisfatória. O valor de  $A$  é 1,08, o valor de  $D$  é 1 e o valor do  $r_{pbi}$  é 0,21.

Um fator relevante no item é que 37,7% dos estudantes não perceberam que no primeiro experimento, houve a realização de Trabalho pelo gás, ou seja, que na expansão o gás realiza Trabalho sobre o meio. Dessa forma apenas parte do calor recebido é usado para aumentar a temperatura do gás. Novamente percebemos no grupo de referência a associação do calor somente com a variação de temperatura. Como a variação de temperatura nos dois experimentos foi a mesma, logo a quantidade de calor envolvida no fenômeno foi a mesma, um raciocínio equivocado por parte dos estudantes, o que demonstra que a apreensão conceitual da conservação da Energia, como expressa pela 1<sup>a</sup> lei da Termodinâmica, não se encontra consolidada.

De acordo com a TCT e a TRI os itens usados no teste do 2<sup>o</sup> Ano são itens que discriminam bem o grupo de referência. Os parâmetros de dificuldade evidenciam que os itens são difíceis, com a média do parâmetro  $B$  igual a 2,81.

Mesmo com itens considerados difíceis, conclui-se que o teste do 2<sup>o</sup> Ano alcança o objetivo do projeto. Nesse caso todos os itens podem fazer parte do produto final do projeto.

#### 7.4 Análise do Teste 3<sup>o</sup> Ano

A tabela 7 evidencia que o teste do 3<sup>o</sup> Ano é o que possui os menores escores dos testes utilizados na pesquisa. A média de acertos foi de 20,7%, muito baixo se consideramos que a probabilidade de acerto aleatório é de

20%.

No teste não houve nenhum item com escore acima de 50%, sendo que o maior escore obtido foi o do item 3Q21, com 36%. No teste, 11 itens ficaram com escores abaixo da média, ou seja, 50% dos itens.

Analisando o item 3Q5 percebe-se que as teorias usadas na análise convergem para os mesmos resultados. Os parâmetros de dificuldade B e IF evidenciam que o item é de dificuldade intermediária, sendo B igual a 2,46 e IF igual a 0,24. Os parâmetros de discriminação A e D evidenciam que o item não discrimina de forma satisfatória os estudantes, sendo A igual a 0,36 e D igual a 0,25. Este item foi o que obteve os menores parâmetros A e D do teste.

O item 3Q6 usa a mesma figura do item 3Q5. A diferença entre os dois itens é que um é conceitual e o outro pressupõe a realização de cálculos para se chegar a resposta correta. O percentual de acerto foi menor no 3Q6, uma diferença de 9,9%. Todos os parâmetros de dificuldade evidenciam essa diferença: B é mais alto, sendo 2,46 para 3Q5 e 2,57 para 3Q6. No caso do parâmetro IF temos 0,1 de diferença. O item 3Q6 apresenta valores de discriminação satisfatórios enquanto 3Q5 não apresenta. Portanto o item 3Q6 apesar de ser mais difícil, pode ser mais utilizado pelos professores para saber quem possui e quem não possui as habilidades exigidas.

O item com o segundo maior escore é o 3Q4 com 34,9% de acerto. Com B igual a 5,62 e IF igual a 0,35, esse item é considerado muito difícil. Esse item, portanto exige que o estudante tenha assimilado por completo todas as habilidades exigidas para sua resolução. Os parâmetros de discriminação, A igual a 0,85, D igual a 1 e  $r_{pbi}$  igual a 0,25, evidenciam que é um item que

discrimina de forma satisfatória os estudantes do grupo de referência. O que chama atenção nesse item é o parâmetro C. O valor de C é 0,34, portanto a probabilidade de acerto aleatório para esse item é grande. Um erro que ficou evidenciado no item é que os estudantes não multiplicaram a potência pelo número de horas que cada aparelho é usado por dia. Por causa desse fato 24,6% dos estudantes optaram pela alternativa C. Portanto, o professor que usar este item tem que ficar atento a esse detalhe.

O item de menor escore foi o 3Q12 com 7,4% de acerto, esse item será discutido na seção 7.5.

Outro item com escore baixo foi o 3Q2 com apenas 11,6% de acerto. De acordo com parâmetros de dificuldade o item não é o mais difícil do teste, sendo B igual a 2,40 e IF igual a 0,12, portanto TRI e TCT estão coerentes sobre a dificuldade do item. Os parâmetros de discriminação evidenciam que o item discrimina de forma satisfatória os estudantes que fizeram o teste. O que chama atenção nesse item é o fato de 49,3% da amostra optarem pela alternativa E. Os estudantes do grupo de referência não compreendem que o deslocamento em uma curva fechada é nulo, portanto o Trabalho das forças eletrostáticas é nulo.

O item 3Q3 obteve 5,80 para o parâmetro B. Esse valor é muito elevado, uma vez que a escala de B vai até +6. Nesse caso a habilidade necessária para responder ao item é 5,8 vezes o desvio padrão do grupo de referência. Nesse item 31,3% dos estudantes do grupo de referência optaram pela alternativa E, evidenciando que não conheciam a fórmula para calcular a Energia potencial elétrica, pois consideraram que a variável distância era elevada ao quadrado. Portanto, dobrando a distância encontraram o fator 4 no denominador, optando assim pela alternativa E. Analisando os parâmetros

de discriminação pode-se perceber que a TRT e a TCT indicam que o item discrimina de forma satisfatória os estudantes do grupo de referência.

O item 3Q15 tem as mesmas características do item 1Q3, são itens que exigem conhecimento do conceito, da fórmula e de manuseio algébrico. Esse tem o parâmetro B igual a 5,80 e IF igual a 0,14, portanto é um item difícil. Dos estudantes da amostra, 35,2% optaram pela alternativa C, evidenciando que no manuseio algébrico, não elevaram de forma correta a nova intensidade de corrente elétrica ao quadrado, obtendo assim o valor errado para a razão entre as potências. De acordo com os valores de A, D e  $r_{pbi}$  o item discrimina de forma satisfatória os estudante do grupo de referência.

O item 3Q7 obteve o segundo menor escore do teste. Sendo que apenas 12,3% do grupo de referência chegaram à resposta correta. Os parâmetros de dificuldade evidenciam que é um item difícil. Temos que B é 3,51, indicando que para acertar o item o estudante deve ter 3,51 vezes o desvio padrão da amostra. Nesse item os estudantes precisam ter conhecimento dos conceitos envolvidos. Esses conceitos são campo elétrico, potencial elétrico e força e também precisam manusear algebricamente as expressões matemáticas envolvidas. De acordo com os parâmetros A igual a 1,09 e D igual a 1, este item discrimina de forma satisfatória os estudantes do grupo de referência. Temos que 42,6% dos estudantes optaram pela alternativa A. Se consultarmos os distratores do item, percebe-se que eles não levaram em consideração que na função de Torricelli a velocidade é ao quadrado. Dessa forma não conseguem encontrar o valor correto.

O item 3Q1 chama atenção pelo fato de 52,8% dos estudantes do grupo de referência optarem pela letra B como resposta. Os estudantes não

associaram, que mantida a mesma diferença de potencial, ao aumentarmos a resistência, a corrente diminui de maneira proporcional.

Dos três testes aplicados, o do 3<sup>o</sup> Ano é aquele com maior nível de dificuldade, sendo a média do parâmetro B igual a 3,83. Apesar das teorias usadas na análise constatarem um nível de dificuldade alto, as mesmas deixam claro que os itens possuem um alto nível de discriminação, portanto são itens que podem evidenciar se os estudantes assimilaram com eficiência as habilidades exigidas.

## 7.5 Análise dos Itens comum aos Testes

Nesta seção vamos analisar os itens comuns aos testes. Estes itens foram inseridos nos testes por dois motivos. Inicialmente, eles visam verificar se os estudantes possuem habilidades para resolver itens com conteúdos apresentados em anos anteriores. Neste sentido, eles permitem verificar a histerese na formação de nossos estudantes, ou seja, verificar a tendência de conservação ou esquecimento de tópicos aprendidos nos anos subsequentes.

Além disto, os itens foram inseridos para introduzir pontos de ancoragem, visando o estabelecimento de uma escala linear de habilidades.

### 7.5.1 Itens 1Q1 e 2Q11

O primeiro item comum a ser analisado é o item 1Q1 que recebe a numeração 2Q11 no teste do 2<sup>o</sup> Ano. A tabela 8 descreve os resultados dos itens 1Q1 e 2Q11.

O item 1Q1 do teste do 1<sup>o</sup> Ano foi usado no teste do 2<sup>o</sup> Ano e recebeu a numeração 2Q11. O objetivo de usar esse item no teste do 2<sup>o</sup> Ano

Tabela 8 – Resultados dos itens 1Q1 e 2Q11

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	rpbi
1Q1	4,0	7,1	<b>7,1</b>	67,2	14,6	0,76	4,14	0,07	0,07	1	0,25
2Q11	6,0	13,1	<b>15,0</b>	53,3	12,6	1,36	2,78	0,14	0,15	1	0,28

é verificar se os estudantes conseguiam usar o princípio da conservação da Energia Mecânica e relacionar Energia potencial gravitacional com Energia cinética.

Como é um item teórico e com manuseio algébrico, pode-se concluir que o fato dos estudantes do 2º. Ano terem mais contato com exercícios algébricos, tornou mais fácil para eles acertarem o item.

Observa-se que em ambos os testes a maioria dos estudantes optou pela alternativa D. Este fato pode evidenciar duas falhas. A primeira delas seria que os estudantes não levam em consideração, que na expressão matemática da Energia cinética a variável velocidade está elevada ao quadrado. Segundo [Leitão, Baixo e Neves \(2011\)](#) ocorre uma tendência ao raciocínio linear.

A segunda delas seria que os estudantes não manusearam de forma adequada a parte algébrica do item.

Para a segunda hipótese corroboram os valores estimados dos parâmetros de dificuldade B e IF. O parâmetro B é 1,36 mais alto no teste do 1º. Ano, evidenciado assim maior dificuldade do item no teste do 1º. Com IF 8 pontos percentuais mais alto no teste do 2º. Ano, confirma-se que o item realmente é mais fácil para os estudantes do 2º. Ano. A hipótese que justifica esse fato seria que o estudante do 2º. Ano possui mais maturidade e raciocínio algébrico mais elevado.

Tabela 9 – Resultados dos itens 1Q3 e 2Q14

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	rpbi
1Q3	11,5	<b>38,7</b>	27,6	18,7	3,6	0,19	5,77	0,29	0,39	0,23	0,27
2Q14	6,6	<b>33,0</b>	33,5	19,1	7,8	0,33	3,87	0,24	0,33	0,77	0,27

Observa-se que os parâmetros de discriminação são satisfatórios para o item em ambos os testes. Sendo que a TRI aponta que no teste do 2º. Ano o item discrimina com mais eficiência os estudantes do grupo de referência.

Uma observação a ser feita é que o parâmetro C do item, no teste do 2º. Ano é o dobro do teste do 1º. Ano. Mas, em ambos os casos, está bem abaixo de 0,20, que é a probabilidade do acerto aleatório. Portanto essa constatação indica fortemente que, para os estudantes do 1º. Ano, os distratores utilizados no item foram eficientes em restringir a probabilidade de acerto aleatório.

Conclui-se, portanto, que os estudantes do grupo de referência pertencentes ao 2º. Ano apresentam avanço na consolidação da habilidade. Esta é uma observação esperada e desejada, pois evidencia a evolução dos estudantes.

### 7.5.2 Itens 1Q3 e 2Q14

O item 1Q3 foi usado no teste do 2º. Ano e recebeu a numeração 2Q14. O objetivo desse item no teste do 2º. Ano é verificar se o estudante consegue calcular a variação da Energia potencial gravitacional em função da variação da altura de um objeto. A tabela 9 contém os resultados do item nos dois testes.

Percebe-se neste item que os estudantes do 1º. Ano obtiveram uma

porcentagem maior de acerto que os do 2º Ano. Esta inversão deve ser apresentada como efeito de memória. Os estudantes do grupo de referência devem estar esquecendo o conteúdo estudado no 1º Ano. O aprendizado compartimentalizado não dura, é preciso que o professor fique atento a esse fato, deve haver uma conexão entre conteúdos dos dois anos.

O que pode ser observado nos resultados é que tanto a TRI quanto a TCT consideram o item difícil. O parâmetro IF tem uma diferença mínima de 0,06. O parâmetro B é alto para o item nos dois testes, sendo 5,77 para o 1º Ano e 3,87 para o 2º Ano. No teste do 1º Ano esse valor se aproxima do extremo do intervalo que é + 6. Mesmo com 1,9 a menos ele ainda é muito alto no teste do 2º Ano. Portanto, é um item que pode ser considerado difícil.

Observando os parâmetros de discriminação percebe-se que pela TRI em nenhum dos dois testes esse item discrimina de forma satisfatória os estudantes. O parâmetro  $r_{pbi}$  é o mesmo nos dois testes e considera que o item possui um índice de discriminação intermediário. Já o parâmetro D classifica o item apenas no teste do 2º Ano como suficiente para discriminar os estudantes do grupo de referência.

### 7.5.3 Itens 1Q4, 2Q9 e 3Q21

O item 1Q4 foi usado no teste do 2º e no teste do 3º Ano. Esse item recebeu as seguintes numerações 2Q9 e 3Q21. O objetivo de usar esse item é verificar se o conceito de Trabalho, estudado no 1º Ano, se mantém com os estudantes até o 3º Ano. A tabela 10 descreve os resultados do item nos três testes.

Comparando a porcentagem de acerto do item na tabela 10, pode-se



Tabela 10 – Resultados dos itens 1Q4, 2Q9 e 3Q21

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	rpbi
1Q4	9,8	16,8	8,4	<b>58,7</b>	6,3	0,53	0,07	0,23	0,59	0,14	0,32
2Q9	9,6	20,4	13,7	<b>47,3</b>	9,0	0,42	1,41	0,26	0,47	1	0,35
3Q21	19,0	19,7	14,0	<b>36,0</b>	11,3	0,63	2,47	0,28	0,36	0,75	0,22

Tabela 11 – Parâmetros da TRI para o item quando estimados separadamente por ano de escolaridade.

Parâmetro	1º Ano	2º Ano	3º Ano
A	0,53	0,42	0,63
B	0,07	1,41	2,47
C	0,23	0,26	0,28

perceber que os estudantes do 2º. Ano e os do 3º. Ano obtiveram resultados inferiores aos estudantes do 1º. Ano. Há duas hipóteses que podem ser levantadas para tentar explicar esse fato, pois, se esperava que os estudantes do 2º. e 3º. Anos conseguissem responder ao item. A primeira hipótese é que os estudantes do 1º. Ano acabaram de ver o conteúdo Trabalho, com isso as informações desse conteúdo são mais fáceis de serem acessadas. Quanto mais o tempo passa, mais os estudantes têm dificuldade de lembrarem o conteúdo.

A segunda a ser comentada é a possibilidade de uma aprendizagem fragmentada, ou seja, os estudantes aprendem o conteúdo apenas no momento da avaliação. Eles não mantêm para os anos subsequentes as habilidades adquiridas. Com isso a compreensão de novos conteúdos que dependam dessas habilidades, fica comprometida.

Analisando a tabela 11 que descreve os parâmetros da TRI estimados para o item, pode-se perceber como o item torna-se mais difícil para os estudantes do 3º. Ano. Esse fato está evidenciado no valor do parâmetro B. Percebe-se também que em ambos os testes o item não alcançou um índice de discriminação suficiente.

Tabela 12 – Resultados dos itens 1Q6 e 2Q5

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	rpbi
1Q6	16,9	14,7	8,5	7,5	<b>52,4</b>	0,24	0,96	0,23	0,52	0,10	0,25
2Q5	16,8	11,4	9,0	4,8	<b>58,0</b>	1,02	0,14	0,22	0,58	0,86	0,39

Baseando-se nos resultados apresentados esse item é importantíssimo, pois evidencia como as habilidades que eram esperadas para os estudantes do 2º e 3º Anos foram perdidas ao longo dos anos de escolaridade do grupo de referência, ou não foram adquiridas.

Conclui-se que os estudantes não lembram mais do conteúdo Trabalho ensinado no 1º Ano. Isso é preocupante porque deveria haver uma conexão do conteúdo Trabalho mecânico do 1º Ano com o Trabalho na Termodinâmica e com o Trabalho da força elétrica.

#### 7.5.4 Itens 1Q6 e 2Q5

O item 1Q6 foi usado no teste do 2º Ano e recebeu a numeração 2Q5. O objetivo desse item é verificar se os conceitos de Trabalho, Energia cinética e Potência, que foram trabalhados no 1º Ano, ainda permaneciam com os estudantes. A tabela 12 descreve os resultados do item nos dois testes.

Observa-se que o item foi fácil para os estudantes que realizaram o teste. A porcentagem de acerto foi melhor para estudantes do 2º Ano.

A única divergência nos resultados está nos parâmetros de discriminação. Comparando o parâmetro A temos 0,24 para o item no teste do 1º Ano e 1,02 para o item no teste do 2º Ano. Portanto, conclui-se que o item discrimina apenas no teste do 2º Ano. Seguindo a mesma linha o parâmetro D também confirma essa conclusão. Temos que D é igual a 0,10 no teste do

Tabela 13 – Resultados dos itens 1Q10 e 2Q5

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	$r_{pbi}$
1Q10	6,7	16,0	15,6	49,7	<b>12,0</b>	1,30	3,48	0,12	0,12	0,00	0,14
2Q15	9,0	13,1	11,4	54,5	<b>12,0</b>	1,21	2,57	0,10	0,12	1	0,21

1º. Ano e 0,86 no teste do 2º. O  $r_{pbi}$  tem como valores 0,25 para o item no teste do 1º. Ano e 0,39 para o item no teste do 2º. Ano. Portanto, o item discrimina com maior eficácia no teste do 2º. Ano de acordo com as duas teorias.

O uso do item atingiu o objetivo, pois verificou-se que os estudantes do 2º. Ano possuíam as habilidades e os conceitos exigidos pelo item.

### 7.5.5 Itens 1Q10 e 2Q15

O item 1Q10 foi usado no teste do 2º. Ano com a numeração 2Q15. Este item tem como objetivo verificar a aprendizagem do conhecimento do conceito de Energia cinética e a influência da variável velocidade na Energia cinética. A tabela 13 descreve os resultados do item nos dois testes.

O parâmetro de discriminação A confirma que o item discrimina bem os estudantes do grupo de referência. O parâmetro  $r_{pbi}$  confirma que o item discrimina de forma satisfatória somente no teste do 2º. Ano. Há uma discordância acentuada apenas no parâmetro D, por isso, de um modo geral, considera-se que o item discrimina de forma satisfatória os estudantes.

O nível de dificuldade do item foi alto em ambos os testes. O parâmetro B foi alto nos dois testes e IF foi baixo em ambos os testes, confirmando a dificuldade do item.

A observação a ser feita nesse item é que nos dois testes a maioria

Tabela 14 – Resultados dos itens 2Q1 e 3Q18

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	r <sub>pbi</sub>
2Q1	31,1	<b>37,1</b>	18,6	2,4	10,8	1,43	0,99	0,20	0,37	0,73	0,36
3Q18	23,2	<b>25,4</b>	22,9	14,1	14,4	0,93	5,82	0,25	0,25	1	0,21

dos estudantes optaram pela mesma resposta. Ao escolher a alternativa D os estudantes deixaram em evidência o fato de não considerarem que a variável velocidade na expressão matemática da Energia cinética é elevada ao quadrado. Com isso não chegam a resposta correta. Portanto, o uso do item nos dois testes alcançou seu objetivo, pois pode-se perceber que as habilidades que não foram adquiridas no 1º. Ano, não foram também adquiridas no 2º. Ano. Portanto essa deficiência ainda existe no grupo de referência.

### 7.5.6 Itens 2Q1 e 3Q18

O item 2Q1 foi usado no teste do 3º. Ano e recebeu a numeração 3Q18. O objetivo desse item é verificar se os estudantes do 3º. Ano relacionavam as variáveis envolvidas na 1ª. Lei da Termodinâmica. A tabela 14 descreve os resultados do item nos dois testes.

A TRI e a TCT convergem para um mesmo resultado sobre o item no que se refere à discriminação. De acordo com os resultados dos parâmetros A, D e  $r_{pbi}$  descritos na tabela 14 o item discrimina de forma satisfatória os estudantes do grupo de referência.

O que chama atenção nesse item é o parâmetro de dificuldade B. A diferença entre o item no teste do 3º. Ano e no teste do 2º. Ano é de 4,83. Um estudante do 2º. Ano precisa, para acertar o item, deve ter 1 vez o desvio padrão da amostra, enquanto o estudante do 3º. Ano deve ter 5,82 vezes o

Tabela 15 – Resultados dos itens 2Q2 e 3Q19

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	rpbi
2Q2	26,3	16,8	<b>32,9</b>	21,6	2,4	1,69	1,10	0,11	0,33	1	0,03
3Q19	26,4	20,0	<b>26,4</b>	17,6	9,6	0,81	3,19	0,24	0,26	0,71	0,24

desvio padrão da amostra. Portanto, o item se tornou bem mais difícil para os estudantes do 3<sup>o</sup>. Ano. Esse fato pode estar ligado à dificuldade geral do teste do 3<sup>o</sup>. Ano ou ao fato dos estudantes realmente terem perdido as habilidades adquiridas ou não terem adquirido essas habilidades durante o 2<sup>o</sup>. Ano. Pelos resultados apresentados não é possível citar quais dos dois fatores causou essa diferença. Portanto, o professor que usar o item em uma avaliação de 3<sup>o</sup>. Ano deve ficar atento aos resultados.

Conclui-se que o uso do item alcançou os objetivos, pois é possível verificar que os estudantes do 3<sup>o</sup>. Ano não relacionam de forma satisfatória as variáveis da 1<sup>a</sup>. Lei da Termodinâmica.

### 7.5.7 Itens 2Q2 e 3Q19

O item 2Q2 foi usado no testes do 3<sup>o</sup>. Ano e recebeu a numeração 3Q19. O item tem como objetivo verificar se o estudante relaciona a variável Trabalho da 1<sup>a</sup>. Lei da Termodinâmica com a expressão matemática do Trabalho de uma força constante. Os resultados para os itens estão descritos na tabela 15.

Analisando o item nos dois testes percebe-se que os estudantes do 2<sup>o</sup>. Ano obtiveram a maior porcentagem de acerto. Logo, conclui-se que parte dos estudantes do 3<sup>o</sup>. ou não possuíam as habilidades necessárias a resolução do item ou perderam as habilidades adquiridas no 2<sup>o</sup>. Ano, ou seja, atua

Tabela 16 – Resultados dos itens 2Q3 e 3Q9.

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	rpbi
2Q3	8,4	<b>24,6</b>	24,6	25,7	16,7	1,10	2,99	0,23	0,25	0,66	0,22
3Q9	9,5	<b>24,6</b>	22,6	32,0	11,3	0,52	2,61	0,15	0,25	1	0,28

nesse caso o fator esquecimento.

Como a medida do parâmetro B mais alta no teste do 3<sup>o</sup>. Ano, fica evidenciada a falta das habilidades necessárias a resolução do item. Isso faz com que o item seja mais difícil no teste do 3<sup>o</sup>. Ano.

Segundo os parâmetros de discriminação o item discrimina de forma satisfatória nos dois testes.

Logo, pode-se perceber que é pequena a porcentagem de estudantes do grupo de referência que relacionaram de forma correta as variáveis da 1<sup>a</sup>. Lei da Termodinâmica e a expressão do Trabalho de uma força constante.

### 7.5.8 Itens 2Q3 e 3Q9

O item 2Q3 foi usado no teste do 3<sup>o</sup>. Ano e recebeu a numeração 3Q9. O objetivo do item é relacionar o Trabalho realizado pelo gás ideal em uma expansão a pressão constante com a 1<sup>a</sup>. Lei da Termodinâmica. A tabela 16 descreve os resultados do item nos dois testes.

O nível de dificuldade do item é praticamente o mesmo tanto na TRI quanto na TCT. Os valores do parâmetro B são muito próximos. A porcentagem de acerto foi a mesma nos dois testes. A maioria dos estudantes do 2<sup>o</sup>. Ano não possui as habilidades para resolução do item e a maioria dos estudantes do 3<sup>o</sup>. Ano também não possui essas habilidades.

O item discrimina mais os estudantes do 2<sup>o</sup>. Ano de acordo com a

Tabela 17 – Resultados dos itens 2Q4 e 3Q10.

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	rpbi
2Q4	17,9	28,7	16,2	<b>16,8</b>	20,4	0,93	5,80	0,17	0,17	1	0,12
3Q10	21,1	21,9	17,6	<b>23,6</b>	15,8	1,50	1,24	0,10	0,24	1	0,36

TRI e mais os do 3<sup>o</sup>. Ano de acordo com a TCT. De uma forma geral o item em si, discrimina de forma satisfatória os estudantes do grupo de referência.

O resultado do item é preocupante, pois esse item é importante, já que relaciona Trabalho com a variação do volume do gás a pressão constante, com a 1<sup>a</sup>. Lei da Termodinâmica.

É um item que testa duas habilidades e pelo resultado pode-se perceber que essas não foram adquiridas pelos estudantes do grupo de referência.

### 7.5.9 Itens 2Q4 e 3Q10

O item 2Q4 foi usado no teste do 3<sup>o</sup>. Ano e recebeu a numeração 3Q10. O objetivo do item é calcular a quantidade de calor sensível e relacionar essa quantidade de calor com a potência útil de um equipamento usado no aquecimento da água. A tabela 17 descreve os resultados para o item nos dois testes.

A porcentagem de acerto do item foi baixa. Esse fato deixa claro que os estudantes do grupo de referência não possuem as habilidades necessárias a resolução do item.

Pode-se perceber que o parâmetro B é bem mais elevado no teste do 2<sup>o</sup>. Ano. O valor de 5,80 para B é próximo do valor máximo da escala que é +6. Portanto, enquanto um estudante do 3<sup>o</sup>. Ano precisa de 1,24 vezes o

Tabela 18 – Resultados dos itens 2Q16 e 3Q12.

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	rpbi
2Q16	7,7	18,6	25,1	24,6	<b>24,0</b>	0,95	3,17	0,22	0,24	0,6	0,14
3Q12	20,3	24,3	24,0	24,0	<b>7,4</b>	0,91	5,78	0,20	0,2	1	0,19

desvio padrão da amostra para acertar o item, o estudante do 2º Ano precisa de 5,8 vezes o desvio padrão da amostra. Logo, esse item é realmente muito difícil para os estudantes do 2º Ano.

O item discrimina de forma satisfatória nos dois testes. Apenas uma divergência no parâmetro  $r_{pbi}$ , mas não suficiente para desqualificar a capacidade de discriminação do item.

Conclui-se, portanto que os estudantes da amostra não possuem as habilidades necessárias a resolução do item.

#### 7.5.10 Itens 2Q16 e 3Q12

O item 2Q16 foi usado no teste do 3º Ano e recebeu a numeração 3Q12. Este item tem como objetivo verificar a compreensão dos processos de troca de calor. A tabela 18 descreve os resultados do item nos dois testes.

O item apresenta uma porcentagem de acerto muito baixa, principalmente no teste do 3º Ano. Nesse teste foi o item que obteve menor escore. De acordo com o parâmetro B o item foi difícil nos dois testes, no entanto no teste do 3º Ano o valor de B chegou próximo do valor limite da escala evidenciando um alto grau de dificuldade.

Pela forma como os estudantes se distribuíram pelas opções é possível concluir que o grupo de referência não conseguiu assimilar de forma satisfatória os três processos de troca de calor.



Tabela 19 – Resultados dos itens 1Q12 e 3Q22.

Itens	Frequência dos itens (%)					Parâmetros do modelo 3PL (TRI)			Parâmetros Clássicos (TCT)		
	A	B	C	D	E	A	B	C	IF	D	rpbi
1Q12	19,4	17,7	<b>17,7</b>	35,0	10,2	1,48	1,47	0,15	0,24	0,37	0,37
3Q22	18,7	20,1	<b>13,0</b>	36,6	11,6	1,36	2,93	0,12	0,13	0,6	0,12

Os parâmetros de discriminação são satisfatórios. O item discrimina os estudantes que possuem dos que não possuem as habilidades exigidas pelo item.

O item cumpre seu objetivo ao ser usado no teste do 3<sup>o</sup>. Ano, pois fica evidente que os estudantes não possuem as habilidades referentes aos processos de troca de calor.

#### 7.5.11 Itens 1Q12 e 3Q22

O item 1Q12 foi usado no teste do 3<sup>o</sup>. Ano e recebeu a numeração 3Q22. O objetivo do item é verificar se o estudante consegue aplicar o princípio da conservação da Energia Mecânica. A tabela 19 descreve os resultados do item nos dois testes.

O item apresenta uma porcentagem de acerto muito baixa nos dois testes, os percentuais estão abaixo de 20%, que seria a probabilidade esperada para um item com cinco alternativas. O resultado deixa evidente que nem os estudantes do 1<sup>o</sup>. Ano e nem os do 3<sup>o</sup>. Ano possuem as habilidades exigidas pelo item.

Analisando o parâmetro A de discriminação percebe-se que o item discrimina de forma satisfatória os estudantes do grupo de referência nos dois testes. Os parâmetros D e  $r_{pbi}$  não deixam claro se o item discrimina bem os estudantes. Mas de forma a complementar a discriminação do item, onde

D é baixo,  $r_{pbi}$  é satisfatório e onde  $r_{pbi}$  é baixo D é satisfatório. Portanto, essas informações evidenciam que o item discrimina bem os estudantes do grupo de referência.

A análise do parâmetro B indica que o item foi mais difícil para os estudantes do 3º. Ano, mas esse item não foi o mais difícil do teste.

Um fato que deve ser observado é que nos dois testes os estudantes optaram em grande parte pela alternativa D. Esse fato retrata que boa parte dos estudantes não aplicou o princípio da conservação da Energia Mecânica. Esses estudantes apenas multiplicaram a variável altura pela aceleração gravitacional, chegando assim ao resultado indicado na alternativa D.

O uso de itens comuns nos dois testes atingiu o objetivo de verificar se as habilidades de anos anteriores estavam presentes nos estudantes nos anos posteriores. Apenas com essa etapa não é possível dizer se eles possuíam as habilidades e as perderam, pois só aplicamos um teste em cada ano de escolaridade. Mas fica evidente na análise da maioria dos itens, que os estudantes não possuem, no momento dos testes, as habilidades exigidas para a resolução dos itens comuns aos testes.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação é um instrumento fundamental para a condução do processo de ensino. Avaliar os estudantes durante o processo de ensino conduzirá o professor a refletir sobre o desenvolvimento da sua prática pedagógica. Essa reflexão é essencial para execução do seu planejamento. Com uma avaliação bem feita o professor terá condições de perceber o desenvolvimento dos estudantes, identificar quais habilidades foram adquiridas e localizar as falhas conceituais, traçando intervenções pedagógicas necessárias.

Essa dissertação apresenta conceitos importantes para a prática da avaliação, tais como: matriz de referência, descritores e distratores. Esses conceitos são fundamentais para elaboração de itens para uma avaliação. A descrição das etapas para formulação de itens, que passa pelo estudo da matriz de referência, pela escolha das habilidades que o item deve testar, a elaboração de descritores e análise de resultados contribuem de forma significativa para o processo de construção de um instrumento de avaliação. Portanto, o produto educacional desenvolvido a partir dessa dissertação será de grande utilidade para o professor na sua prática de avaliação.

A análise dos resultados do testes evidencia uma baixa aprendizagem das formas de Energia apresentadas aos estudantes. Conclui-se também que os estudantes apresentam dificuldades com itens que envolvem raciocínio algébrico e que necessitam de mais de uma etapa para resolução.

Os itens elaborados para o 1<sup>o</sup>. Ano apresentam um bom índice de discriminação, garantindo assim que os estudantes que acertarem os itens

possuem as habilidades testadas.

O teste do 2º Ano apontou uma aprendizagem muito baixa sobre Calor como forma de Energia. Os estudantes apresentaram dificuldades conceituais e dificuldades nas expressões matemáticas necessárias para resolução de alguns itens. Assim como os estudantes do 1º Ano, os do 2º Ano também apresentaram dificuldades em itens com mais de uma etapa de resolução.

Analisando o resultado dos estudantes nos itens comuns aos testes do 1º Ano e do 2º Ano, conclui-se que os estudantes do 2º Ano possuem as mesmas deficiências, ou seja, eles também não adquiriram as habilidades exigidas no conteúdo do 1º Ano. Esse fato evidencia que o processo de ensino pelo qual esses estudantes passaram foi pouco eficiente.

A deficiência na aprendizagem dos estudantes fica mais evidente ainda quando esses necessitam de conhecimentos anteriores para resolver um item que envolva os conteúdos do 1º e do 2º Ano. Esse fato pode ser constatado no item 2Q8, no qual foi exigido aos estudantes do 2º Ano conhecer a relação da Energia potencial gravitacional, relação essa que é conteúdo do ano anterior.

Dos itens do 1º Ano que estavam no teste do 2º Ano apenas em 2 deles obtivemos o resultado esperado, ou seja, os estudantes do 2º acertaram mais que os do 1º Ano. Uma análise desses itens evidencia que os estudantes do 2º Ano tiveram mais facilidade com manuseio algébrico dos itens.

Os parâmetros da TRI estimados para os itens do 2º Ano evidenciam que os itens em sua maioria possuem um bom índice de discriminação, mas alguns itens possuem um índice de dificuldade elevado. Nesse caso os professores que optarem por usar o banco de itens em suas avaliações devem

ter o cuidado para não construir uma avaliação apenas com os itens de alto índice de dificuldade.

A menor média de acerto foi no teste do 3<sup>o</sup> Ano. Dois aspectos ficaram evidentes na análise dos resultados desse teste.

O primeiro aspecto observado é o fato do conteúdo do 3<sup>o</sup> Ano não ter sido assimilado pelos estudantes. Esse fato é evidenciado pela baixa porcentagem de acertos. As lacunas conceituais e a falta de habilidades para resolução dos itens é clara. A maioria dos itens testados possui um índice de dificuldade elevado.

O segundo aspecto são os itens comuns aos outros anos. Foram usados no teste do 3<sup>o</sup> Ano 7 itens comuns aos outros testes, sendo 2 referentes ao 1<sup>o</sup> Ano e 5 referentes ao 2<sup>o</sup> Ano.

Com relação aos itens comuns com o 1<sup>o</sup> Ano, os estudantes do 3<sup>o</sup> Ano apresentaram rendimento inferior, ou seja, esqueceram os conteúdos, ou não aprenderam.

Com relação aos itens comuns com o 2<sup>o</sup> Ano, os estudantes do 3<sup>o</sup> Ano apresentaram rendimento inferior em 3 deles, em 1 o rendimento foi o mesmo e em apenas 1, houve rendimento melhor que do 2<sup>o</sup> Ano. Evidenciando claramente que eles esqueceram os conteúdos do 2<sup>o</sup> Ano, ou não aprenderam. Hipóteses sobre o esquecimento podem ser sugeridas.

Uma delas pode ser o ensino compartimentalizado em que o estudante não relaciona os novos conceitos com os anteriores. Isso pode ser devido ao fato do professor não desenvolver uma conexão, como por exemplo, o conceito de Trabalho em Termodinâmica não é construído a partir do conceito de Trabalho visto no 1<sup>o</sup> Ano. Nesse caso há ausência de uma aprendizagem

significativa.

A outra hipótese é que os estudantes do grupo de referência aprenderam somente para fazer prova, ou seja, aprenderam apenas para o momento em que seriam testados, com o passar do tempo eles esqueceram os conteúdos.

Os resultados dos três testes evidenciam que o grupo de referência não conseguiu alcançar as habilidades necessárias para a compreensão do conceito de Energia, isso fica evidente no baixo rendimento.

Alguns aspectos do trabalho ainda precisam ser melhorados. Um deles seria a aplicação em um grupo de referência “*ideal*” que apresente as características e condições ideais, para que a calibração dos itens seja mais adequada. Outro aspecto seria a inserção de itens mais fáceis para evidenciar uma compreensão mais elementar do conceito de Energia.

Conclui-se, portanto que os professores que utilizarem esse trabalho para criar um instrumento de avaliação, terá em mãos itens que podem localizar as lacunas conceituais de seus estudantes. Com isso poderão fazer uma análise pedagógica sobre a aprendizagem e traçar intervenções pedagógicas necessárias para uma aprendizagem significativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. *Física*. São Paulo: 2 ed. Scipione, V. único, p.73, 90, 94., 2011. Citado na página 40.

ARONS, A. B. Development of energy concepts in introductory physics courses. *American Journal of Physics*, n. 67, p. 1063–1067, 1999. Citado na página 35.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: 3 ed. Plátano Edições Técnicas, 2000. Citado 3 vezes nas páginas 24, 26 e 27.

BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. *Caderno Brasileiro do Ensino da Física*, v. 23, n. 2, p. 182–217, 2006. ISSN 2175-7941. Citado na página 35.

BEICHNER, R. J. Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, v. 62, n. 8, p. 750–762, 1994. Citado na página 50.

BEYNON, J. Some myths surrounding energy. *Physics Education*, n. 25, p. 314–316, 1990. Citado na página 35.

BONJORNO, J. R. et al. *Física*. São Paulo: 2 ed. FTD, p.193, 219, 220., 2013. Citado 2 vezes nas páginas 39 e 40.

BRASIL. CNE. *Currículo*. 2015. Acesso em 3 de setembro de 2015. Disponível em: <<http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema/curriculo/>>. Citado na página 73.

BRASIL. IBGE. *IDHM*. 2015. Acesso em 12 de maio de 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas>>. Citado 6 vezes nas páginas 9, 89, 90, 140, 142 e 143.

BRASIL. Inep. *Ideb*. 2015. Acesso em 12 de setembro de 2014. Disponível em: <<http://ideb.inep.gov.br/resultado>>. Citado 9 vezes nas páginas 9, 10, 90, 91, 146, 148, 149, 150 e 151.

BROWN, J. D. Statistics corner. *JLT Testing e VLution SIG Newsletter*, v. 5, n. 3, p. 13–17, 1996. Citado 2 vezes nas páginas 55 e 105.

BROWN, J. D.; WOODRUFF, D. Estimation for item response models using the em algorithm for finite mixtures. *Annual Meeting of the Psychometric Society*, 1997. Citado na página 92.

COELHO, R. L. On the concept of energy: History and philosophy for science teaching. *Social and Behavioral Sciences*, v. 4, n. 1, p. 2648–2652, 2009. Citado 3 vezes nas páginas 35, 37 e 38.

DAVID, R.; CHANDRALEKHA, S. Multiple choice test of energy an momentum concepts. *Am. J. phys*, v. 71, n. 6, p. 607–619, 2003. Citado na página 51.

DOCA, R. H.; JOSÉ, G.; BÔAS, N. V. *Tópicos de Física 3*. São Paulo: 19 ed. Saraiva, p.61, 109, 2012. Citado na página 40.

DUIT, R. Should energy be illustrated as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, n. 9, p. 130–145, 1987. Citado na página 35.

ENGELHARDT, P.; BEICHNER, R. Students understanding of direct current resistive electrical circuits. *Am. J. Phys*, v. 72, n. 98, 2004. Citado na página 50.

FEYNMAN, R.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. *Lições de Física*. California: V.3. ed. Bookman, 1980. Citado na página 35.

FRANCO, C.; BROOKE, N.; ALVES, F. Estudo longitudinal sobre qualidade e equidade no ensino fundamental brasileiro: Geres 2005. *Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 16, n. 61, p. 625–638, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.

FRONTALI, C. History oh physical terms: energy. *Physics Education*, n. 1, p. 564–573, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 36, 37 e 39.

GOLDSTEIN, H. *Multilevel statistical models*. Londres: 2 ed. London, 1995. Citado na página 32.

GOLDSTEIN, H. Methods in school affectiveness research. *School Effectiveness and School Improvement*, v. 8, n. 4, p. 369–395, 1997. Citado na página 33.

HALADYNA, T. M. *Developing and Validating multiple-choice test items*. Mahwah: 3 ed. Lawrence Erlbaum, 2004. Citado na página 77.



- HANSON, B. A. IRT command language — ICL manual. *Disponível em:* <<http://www.b-a-h.com/papers/note9801.html>>. Acesso em: 15 ago.2015, 2000. Citado na página 92.
- HANSON, B. A. *IRT Parameter Estimation using the EM Algorithm*. Iowa City: 1 ed. ACT Research Reports, 2002. Citado 4 vezes nas páginas 92, 93, 101 e 105.
- HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. Force concept inventory. *The Physics Teacher*, v. 30, n. 30, p. 141–158, 1992. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 49.
- JURICH, D.; GOODMAN, J. Comparison: IRT parameter recovery of mixed format examinations in PARSCALE and ICL. *Illinois Institute of Technology*, 2009. Citado na página 93.
- LEE, V. E.; BRYK, A. S. A multilevel model of the social distribution of high school achievement. *Sociology of Education*, v. 62, p. 172–192, 1989. Citado na página 33.
- LEITÃO, U. A. Social index of educational effectiveness: A new approach from the perspective of promoting equity. *Education Policy Analysis Archives*, v. 23, n. 50, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.
- LEITÃO, U. A.; BAIXO, A. O. L.; NEVES, J. A. Análise estatística de avaliação de aprendizagem em eletromagnetismo. *Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)*, n. 1, p. 1–10, 2011. Citado na página 117.
- LIN, D. et al. Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical Review Special Topics*, v. 2, n. 1, p. 1051–1057, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 50 e 51.
- LUCKESI, C. *Avaliação da aprendizagem escolar*. São Paulo: Cortez, 2000. Citado na página 48.
- MARIES, A.; SINGH, C. Exploring one aspect of pedagogical content knowledge of teaching assistants using the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Special Topics*, v. 1, n. 9, p. 1–14, 2013. Citado na página 50.
- MCCAFFREY, D. F. et al. Evaluating value-added models for teacher accountability. *Rand Education*, v. 1, n. 1, 2004. Citado na página 30.

MEAD, A. D.; MORRIS, S.; BLITZ, D. Open-source IRT: A comparison of BILOG-MG and ICL features and item parameter recovery. *Illinois Institute of Technology*, 2007. Citado na página 93.

MEC. *Guia de Elaboração e Revisão de Itens*. Brailia: 1 ed. MEC. V.1, 2010. Citado 7 vezes nas páginas 71, 72, 73, 74, 76, 77 e 78.

MENDONÇA, J. D. *Análise da Eficiência de Estimação de Parâmetros da TRI pelo Software ICL*. Dissertação (Mestrado) — UFLA, 2007. Citado na página 92.

MINAS GERAIS. SEE. *Censo Escolar*. 2014. Acesso em 20 de agosto de 2014. Disponível em: <<http://www.vedu.org.br/escola>>. Citado 4 vezes nas páginas 141, 142, 144 e 147.

MINAS GERAIS. SEE. *CBC*. 2015. Acesso em 3 de setembro de 2015. Disponível em: <<http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema/cbc/>>. Citado 5 vezes nas páginas 76, 83, 154, 155 e 156.

MINAS GERAIS. SEE. *Simave*. 2015. Acesso em 3 de setembro de 2015. Disponível em: <<http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema/simave/>>. Citado na página 47.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. Porto Alegre: 1 ed. Livraria da Física, 2011. Citado 3 vezes nas páginas 26, 27 e 28.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool. *Information Visualization Journal*, v. 5, n. 3, p. 175–184, 2006. Citado 3 vezes nas páginas 9, 41 e 43.

PRIMI, R. Psicometria: Fundamentos matemáticos da teoria clássica dos testes. *Avaliação Psicológica*, v. 11, n. 2, p. 297–307, 2012. Citado 4 vezes nas páginas 53, 54, 55 e 56.

RAUDENBUSH, S. W.; FOTIU, R. P.; CHEONG, Y. F. Inequality of access to educational resources: a national report card for eighth grade math. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, v. 20, n. 4, p. 253–268, 1998. Citado na página 32.

ROCHA, G. Avaliação diagnóstica. In: *Glossário CEALE — FAE-UFMG*. Belo Horizonte: 1, 2012. Acesso: em 13 de setembro de 2015. Disponível em: <<http://ceale.fae.ufmg.br/app/webroot/glossarioceale/verbetes/avaliacaodiagnostica>>. Citado 2 vezes nas páginas 44 e 45.

- ROCHA, G. Avaliação externa. In: *Glossário CEALE — FAE-UFMG*. Belo Horizonte: 1, 2012. Acesso: em 13 de setembro de 2015. Disponível em: <<http://ceale.fae.ufmg.br/app/webroot/glossarioceale/verbetes/avaliacaodiagnostica>>. Citado na página 45.
- SANTOS, M. R.; VARELA, S. A avaliação como um instrumento diagnóstico da construção do conhecimento nas séries iniciais do ensino fundamental. *Revista Eletrônica de Educação*, UFSCar, v. 1, n. 1, p. 1–14, 2007. Citado na página 46.
- SOLOMON, J. Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, n. 20, p. 165–170, 1985. Citado na página 35.
- TRUMPER, R. Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept. *International Journal of Science Education*, n. 12, p. 343–354, 1990. Citado na página 35.
- VERHELST, N. Methodological advances in educational effectiveness research: Using item response theory to measure outcomes and factors: an overview of item response theory models. In: PAM SAMMONS AND BERT CREEMERS AND LEONIDAS KYRIAKIDS. New York: Routledge, 2010. v. 1, cap. 8, p. 153–183. Citado 11 vezes nas páginas 9, 57, 58, 59, 63, 65, 66, 67, 68, 69 e 70.
- WATTS, M. Some alternative views oh energy. *Physics Education*, n. 18, p. 213–217, 1983. Citado na página 35.
- YASUDA, J.; TANIGUCHI, M. Validating two questions in the force concept inventory with subquestions. *Physical Review Special Topics*, v. 1, n. 9, p. 31–37, 2013. Citado na página 50.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – Caracterização das cidades participantes

Formiga está localizada no centro oeste mineiro e tem de acordo com o último senso 2010, uma população residente de 65.128 habitantes, dividida em: 32.137 homens e 32.991 mulheres, sendo que 57.736 habitantes são alfabetizados (88,65%). Essa população hoje está estimada em 67.833 habitantes.

O IDHM é usado para medir o nível de desenvolvimento humano dos municípios a partir de indicadores de educação (alfabetização e taxa de matrícula), longevidade (esperança de vida ao nascer) e renda (PIB per capita). O IDHM varia de 0, ou seja, nenhum desenvolvimento humano a 1, ou seja, desenvolvimento humano total. Os municípios que possuem um IDHM até 0,499 têm desenvolvimento humano considerado baixo. Municípios com IDHM entre 0,500 e 0,799 são considerados de médio desenvolvimento humano. Já os que possuem o IDHM maior que 0,800 têm desenvolvimento humano considerado alto.

A tabela 20 descreve a evolução do IDHM do município de Formiga.

Pode-se observar que o município de Formiga possuía no ano de 1991 um desenvolvimento humano considerado baixo, mas a partir do ano 2000

Tabela 20 – Evolução do IDHM de Formiga

Ano	IDHM	IDHM (média nacional)
1991	0,482	0,493
2000	0,655	0,612
2010	0,755	0,727

Fonte: (BRASIL. IBGE, 2015)

Tabela 21 – Escolas de Formiga

Modalidade de Ensino	Tipo de escola	Número de escolas	Número de matrículas
Ensino pré-escolar	Rede privada	8	286
Ensino pré-escolar	Pública municipal	17	1.006
Ensino Fundamental	Rede privada	6	1.093
Ensino Fundamental	Pública estadual	7	3.183
Ensino Fundamental	Pública municipal	15	3.629
Ensino Médio	Rede privada	3	386
Ensino Médio	Pública estadual	5	2.529

Fonte: (MINAS GERAIS. SEE, 2014)

esse índice já era considerado médio. Observa-se que em 2010 o município de Formiga possuía um IDHM maior que a média nacional.

Formiga pertence a 27<sup>a</sup> Superintendência Regional de Ensino, com sede na cidade de Passos – MG.

Na tabela 21 temos a descrição das escolas de Formiga.

De acordo com a tabela 21 Formiga possui um total de 12.112 estudantes matriculados em todas as etapas de ensino básico, o que corresponde a 17,85% da população estimada em 2014. Formiga possui o centro universitário UNIFOR – MG e um campus do IFMG – MG, como opções em curso superior.

Lavras está localizada na região da Zona Campo das Vertentes, em Minas Gerais, de acordo com o último censo de 2010, tem uma População residente 92.199 habitantes, dividida em: 44.720 homens e 47.479 mulheres, sendo que 82.476 habitantes são alfabetizados (89,45%). A população hoje está estimada em 99.229 habitantes. Uma observação sobre o município de

Tabela 22 – Evolução do IDHM de Lavras

Ano	IDHM	IDHM (média nacional)
1991	0,545	0,493
2000	0,678	0,612
2010	0,782	0,727

Fonte: (BRASIL. IBGE, 2015)

Tabela 23 – Escolas de Lavras

Modalidade de Ensino	Tipo de escola	Número de escolas	Número de matrículas
Ensino pré-escolar	Rede privada	10	456
Ensino pré-escolar	Pública municipal	21	1.721
Ensino Fundamental	Rede privada	11	2.394
Ensino Fundamental	Pública estadual	8	3.671
Ensino Fundamental	Pública municipal	18	6.234
Ensino Médio	Rede privada	9	1.187
Ensino Médio	Pública estadual	7	3.008

Fonte: (MINAS GERAIS. SEE, 2014)

Lavras é o fato de a cidade possuir uma população flutuante, composta por um grande número de estudantes da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

A tabela 22 descreve a evolução do IDHM do município de Lavras.

Percebe-se através da tabela 22 que Lavras apresenta, em todos os anos em que foi medido, o IDHM acima da média nacional. Pode-se creditar parte desse indicador à presença da UFLA e outros centros universitários, que contribuem para o desenvolvimento do município.

Lavras pertence a 4ª Superintendência Regional de Ensino com sede em Campo Belo.

A tabela 23 descreve a situação das escolas de Lavras.

Tabela 24 – Evolução do IDHM de Três Corações

Ano	IDHM	IDHM (média nacional)
1991	0,489	0,493
2000	0,635	0,612
2010	0,744	0,727

Fonte: (BRASIL. IBGE, 2015)

De acordo com a tabela 23, Lavras possui um total de 18.671 estudantes matriculados em todas as etapas de ensino básico, o que corresponde a 18,81% da população estimada em 2014.

Três Corações está localizada na região sul do estado de Minas Gerais e de acordo com o último censo 2010, tem uma população residente 72.765 habitantes, dividida em: 36.103 homens e 36.662 mulheres, sendo que 62.552 habitantes são alfabetizados (85,96%). A população hoje está estimada em 77.340 habitantes.

A tabela 24 mostra a evolução do IDHM do município de Três Corações.

Observa-se que a partir do ano 2000 Três Corações passa a ter IDHM maior que a média nacional.

Três Corações pertence a 41ª Superintendência Regional de Ensino, com sede em Varginha – MG.

A tabela 25 descreve a situação das escolas de Três Corações.

De acordo com a tabela 25 Três Corações possui um total de 14.894 estudantes matriculados em todas as etapas de ensino básico, o que corresponde a 19,25% da população estimada em 2014.



Tabela 25 – Escolas de Três Corações

Modalidade de Ensino	Tipo de escola	Número de escolas	Número de matrículas
Ensino pré-escolar	Rede privada	13	458
Ensino pré-escolar	Pública municipal	9	731
Ensino Fundamental	Rede privada	7	771
Ensino Fundamental	Pública estadual	9	4.581
Ensino Fundamental	Pública municipal	18	5.030
Ensino Médio	Rede privada	4	251
Ensino Médio	Pública estadual	4	3.072

Fonte: (MINAS GERAIS. SEE, 2014)

## APÊNDICE B – Caracterização das escolas participantes

Para analisar uma escola da rede pública no Brasil, usa-se o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb), que foi criado pelo Inep em 2007. Esse índice propõe unir em um só indicador, dois conceitos importantes para a qualidade da educação: o fluxo escolar e as médias de desempenho nas avaliações externas, das quais as escolas da rede pública de ensino participam.

Ele agrega ao enfoque pedagógico dos resultados das avaliações em larga escala do Inep, a possibilidade de resultados sintéticos, facilmente assimiláveis, e que permitam traçar metas de qualidade para educação pública brasileira. O indicador é calculado a partir dos dados sobre aprovação escolar, obtidos no Censo Escolar e a média de desempenho nas avaliações do Inep, o Saeb, para as unidades da federação e para o país, e a Prova Brasil para os municípios.

No município Formiga participou do projeto a Escola Estadual Jalcira Santos Valadão, localizada a Praça Ferreira Pires, 155 - Centro, Formiga – MG. Essa escola pertence à rede estadual de ensino.

A tabela 26 mostra a meta do Ideb para a E.E. Jalcira Santos Valadão a partir de 2007 até 2021. Nessa mesma tabela podemos observar os valores do Ideb medidos de 2005 a 2013, percebe-se que em 2013 a escola já alcançou a meta proposta para 2019. Esse fato por ser justificado pelo fato da escola participar durante 8 anos do projeto “Escola Referência”, proposto pela SEE-GM.

No gráfico da figura 9 pode-se comparar o Ideb apresentado pela

Tabela 26 – Ideb da E. E. Jalcira Santos Valadão

Ano	Meta do Ideb	Ideb medido
2005	-	3,5
2007	3,5	4,5
2009	3,6	4,6
2011	3,9	5,4
2013	4,3	5,3
2015	4,7	-
2017	5,0	-
2019	5,2	-
2021	5,5	-

Fonte: (BRASIL. Inep, 2015)

escola e a meta projetada pela SEE - MG.

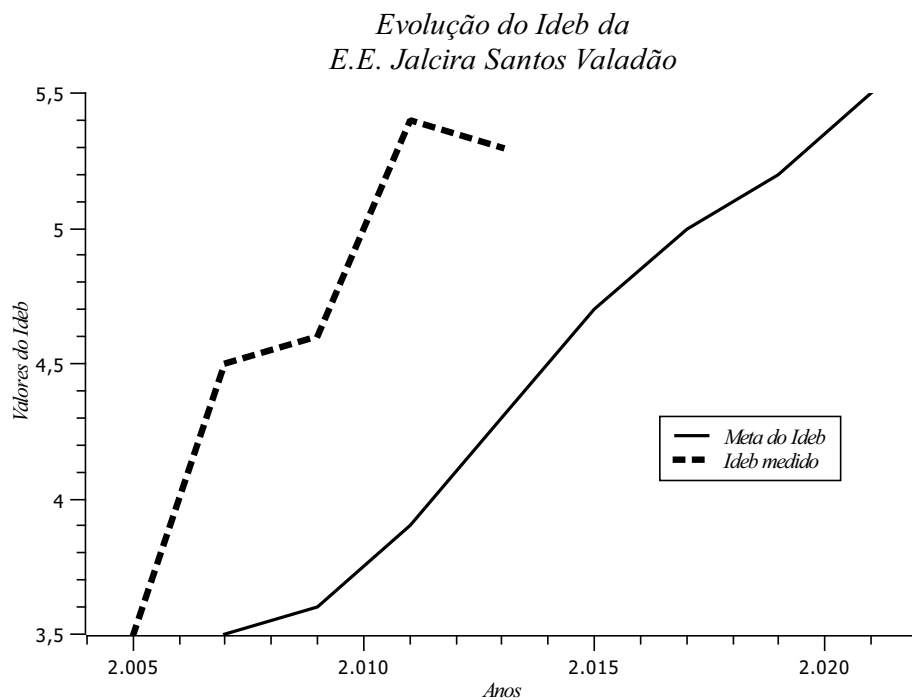


Figura 9 – Ideb medido/Meta do Ideb da E. E. Jalcira Santos Valadão (BRASIL. Inep, 2015)

Observa-se através da análise do gráfico da figura 9, que a escola atingiu a meta prevista do Ideb para 2013, mas é preciso observar que o Ideb

Tabela 27 – Turmas/Número de estudantes da E. E. Jalcira Santos Valadão

Turmas	Número de estudantes
1º Ano	82
2º Ano	58
3º Ano	103
Total de estudantes	243

Tabela 28 – Dados do Colégio Losango de Formiga

Anos Iniciais	Reprovação (%)	Abandono (%)	Aprovação (%)
Ensino Fundamental I	0	0	100
6º ano EF	0	0	100
7º ano EF	4	0	96
8º ano EF	11,8	0	88,2
9º ano EF	0	0	100
1º ano EM	0	0	100
2º ano EM	0	0	100
3º ano EM	0	2,9	97,1

Fonte: (MINAS GERAIS. SEE, 2014)

diminuiu 0,1 de 2011 para 2013. Isso significa que a escola deve ficar atenta e planejar intervenções pedagógicas que possam melhorar esses números.

A tabela 27 contém informações sobre as turmas e o número de estudantes da E.E. Jalcira Santos Valadão que participaram do projeto.

O Colégio Losango de Formiga pertencente à rede particular de ensino está localizado a Rua Barão de Piumhi, 452, centro, Formiga – MG, também participou do projeto. Uma observação a ser feita é que as escolas da rede particular de ensino não usam o Ideb.

A tabela 28 descreve dados sobre o Colégio Losango de Formiga.

Observa-se que o Colégio Losango de Formiga possui baixos índices de reprovação e evasão.

A tabela 29 descreve as turmas e o número de estudantes do Colégio

Tabela 29 – Turmas/Número de estudantes do Colégio Losango de Formiga

Turmas	Número de estudantes
1º Ano	22
2º Ano	14
3º Ano	-
Total de estudantes	36

Tabela 30 – Ideb do Colégio Tiradentes

Ano	Meta do Ideb	Ideb medido
2005	-	-
2007	-	6,9
2009	7,0	7,1
2011	7,3	7,5
2013	7,4	7,6
2015	7,6	-
2017	7,7	-
2019	7,9	-
2021	8,0	-

Fonte: (BRASIL. Inep, 2015)

Losango de Formiga que participaram do projeto.

Devido à data da aplicação do projeto, não foi possível a participação dos estudantes do 3º. Ano do Colégio Losango, pois os mesmos já estavam de férias.

No município de Lavras participou do projeto o Colégio Tiradentes da PMMG, localizado a Rua Comandante Nélio, Jardim Floresta, Lavras –MG. O colégio pertence ao Sistema de Educação Escolar da Polícia Militar de Minas Gerais.

A tabela 30 descreve os dados do Ideb medido e da meta do Ideb do Colégio Tiradentes.

No gráfico da figura 10 pode-se comparar o Ideb apresentado pela escola e a meta projetada pela SEE - MG.

Através da análise do gráfico da figura 10, percebe-se que o Colégio

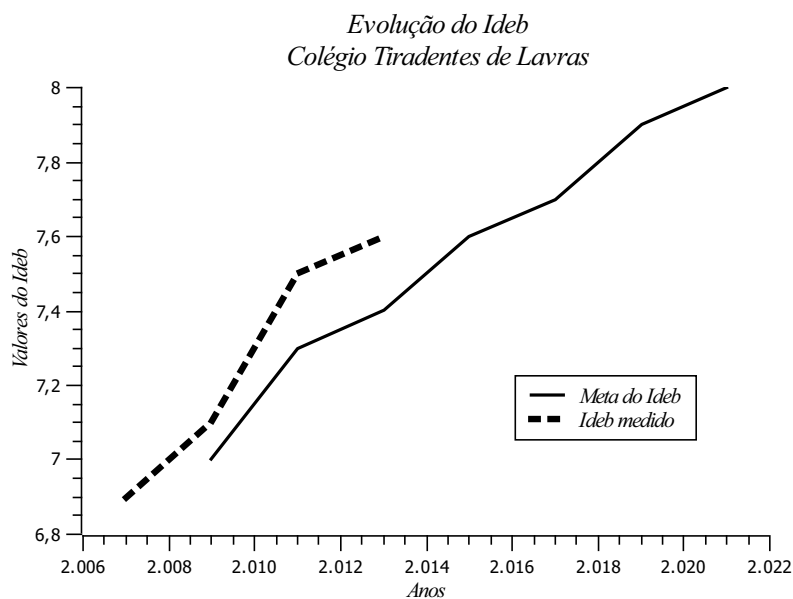


Figura 10 – Ideb medido/Meta do Ideb do Colégio Tiradentes (BRASIL. Inep, 2015)

Tabela 31 – Turmas/Número de estudantes do Colégio Tiradentes

Turmas	Número de estudantes
1º Ano	15
2º Ano	27
3º Ano	59
Total de estudantes	101

Tiradentes esteve sempre com o valor referente ao Ideb acima da meta estipulada pela SEE – MG.

A tabela 31 contém informações sobre turmas e estudantes do Colégio Tiradentes de Lavras que participaram do projeto.

A E.E. Américo Dias Pereira, pertencente à rede pública de ensino está localizada a Rua Nelson Resende Fonseca, 294, Centro, Três Corações –

Tabela 32 – Ideb da E.E. Américo Dias Pereira

Ano	Meta do Ideb	Ideb medido
2005	-	4,4
2007	4,5	5,0
2009	4,6	4,8
2011	4,9	5,1
2013	5,3	4,9
2015	5,6	-
2017	5,9	-
2019	6,1	-
2021	6,5	-

Fonte: (BRASIL. Inep, 2015)

Tabela 33 – Turmas/Número de estudantes da E.E. Américo Dias Pereira

Turmas	Número de estudantes
1º Ano	106
2º Ano	68
3º Ano	122
Total de estudantes	296

MG.

A tabela 32 descreve os dados relativos sobre o Ideb da E.E. Américo Dias Pereira e as metas que a escola deve alcançar até 2021.

No gráfico da figura 11 podemos comparar o Ideb apresentado pela escola e a meta projetada pela SEE - MG.

Observa-se que a escola não alcançou a meta do Ideb para 2013. Portanto esta escola deve criar intervenções pedagógicas que possibilitem alcançar a meta futura.

A tabela 33 contém informações sobre turmas e alunos da E.E. Américo Dias Pereira que participarão do projeto.

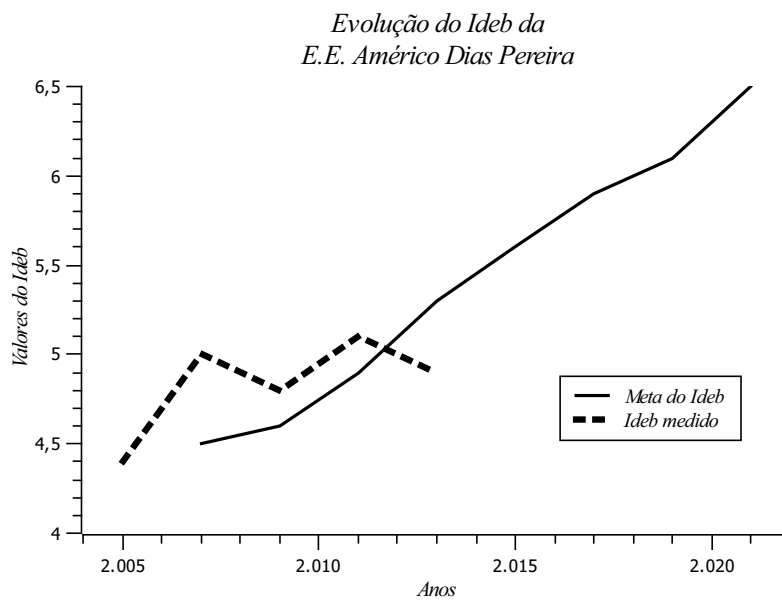


Figura 11 – Ideb medido/Meta do Ideb da E. E. Américo Dias Pereira (BRASIL. Inep, 2015)



## Anexos

**ANEXO A – Matriz Curricular do Projeto Reinventando o  
Ensino Médio (SEE-MG)**

A tabela 34 descreve os temas que serão abordados no teste do 1º Ano do Ensino Médio e descreve também os descritores e as habilidades que os estudantes devem adquirir sobre o conceito de Energia.

A tabela 35 descreve os temas que serão abordados no teste do 2º Ano do Ensino Médio e descreve também os descritores e as habilidades que os estudantes devem adquirir sobre o conceito de Energia.

A tabela 36 descreve os temas que serão abordados no teste do 3º Ano do Ensino Médio e descreve também os descritores e as habilidades que os estudantes devem adquirir sobre o conceito de Energia.

Tabela 34 – Temas/Descritores/Habilidades — 1º. Ano

Tema	Descritores/Habilidades
Energia cinética	<p>Saber que a Energia cinética de um corpo em movimento é proporcional à massa do corpo e ao quadrado de sua velocidade.</p> <p>Saber que o valor da Energia cinética de um corpo em movimento é dado pela expressão <math>E = \frac{mv^2}{2}</math>.</p> <p>Saber analisar situações práticas que ilustram a relação da Energia cinética de um corpo com o quadrado de sua velocidade ou com o valor de sua massa.</p> <p>Saber que a unidade de medida da Energia no SI é Joule.</p>
Energia potencial gravitacional	<p>Saber que um corpo colocado numa certa altura próximo à superfície da Terra possui uma forma de Energia associada a essa posição, denominada Energia potencial gravitacional.</p> <p>Saber que a Energia potencial gravitacional de um corpo próximo à superfície da Terra é proporcional à massa do corpo e à altura do corpo em relação a certo referencial.</p> <p>Saber que o valor da Energia potencial gravitacional de um corpo próximo à superfície da Terra é dado pela expressão <math>E=mgh</math>.</p> <p>Compreender o conceito de aceleração da gravidade e sua unidade de medida no S.I.</p> <p>Saber analisar situações práticas que ilustram a relação da Energia potencial gravitacional de um corpo com sua altura em relação a um determinado referencial e o valor de sua massa.</p>
Trabalho e máquinas simples	<p>Saber que é uma forma de transferir Energia é através da aplicação de uma força que produz um deslocamento.</p> <p>Saber que o produto de uma força pelo deslocamento que ela produz é denominado de Trabalho da força.</p> <p>Saber que a unidade de força no SI é Newton (N) que equivale a <math>1 \text{ kgm/s}^2</math> e a unidade de Trabalho no SI é Joule (J), que equivale a N.m.</p>
Conservação da Energia Mecânica	<p>Compreender que, nos processos de transformação que ocorrem na natureza, certas grandezas se conservam, ou seja, a quantidade observada antes é igual à quantidade observada depois.</p> <p>Compreender que a ideia de conservação é fundamental nas Ciências Naturais.</p>

Fonte: (MINAS GERAIS. SEE, 2015a)

Tabela 35 – Temas/Descritores/Habilidades — 2º Ano

Tema	Descritores/Habilidades
Calor	<p>Saber que o calor é uma forma de Energia que passa de um corpo para outro devido à diferença de temperatura entre eles.</p> <p>Compreender a diferença entre calor e temperatura.</p> <p>Compreender o conceito de Capacidade Térmica e Calor Específico e suas unidades de medida.</p> <p>Resolver problemas envolvendo trocas de calor entre dois corpos.</p>
Trabalho e Calor	<p>Compreender que a Energia interna de um corpo está associada à Energia de movimento aleatório das partículas do corpo e à organização/estrutura dessas partículas.</p> <p>Saber que a temperatura de um corpo é uma grandeza que está associada à sua Energia interna.</p> <p>Compreender que um corpo pode ser aquecido por dois processos: fornecendo calor a ele ou realizando Trabalho sobre o corpo.</p>
Máquinas térmicas	<p>Compreender processos em que o fornecimento de calor a um sistema, ou corpo, pode produzir aumento de seu volume, resultando na realização de Trabalho.</p> <p>Compreender que o sistema cilindro-gás poderá representar uma máquina térmica se o pistão voltar à sua posição inicial para realizar a expansão novamente, em ciclos sucessivos.</p> <p>Saber que, para o pistão voltar à posição inicial, é necessário que o gás ceda calor para o ambiente.</p>
Medindo Trabalho e Calor	<p>Saber calcular o aquecimento de um corpo quando uma determinada quantidade de Energia (mecânica, elétrica, calóricas) lhe é fornecida.</p>
Primeiro princípio da Termodinâmica	<p>Compreender o primeiro princípio da Termodinâmica: a quantidade de calor fornecida a um sistema é igual ao Trabalho que ele realiza mais a variação de sua Energia interna.</p> <p>Compreender que o Primeiro Princípio da Termodinâmica expressa quantitativamente a Lei de Conservação da Energia.</p> <p>Saber aplicar o Primeiro Princípio da Termodinâmica para resolver problemas envolvendo calor, Trabalho e Energia interna de um sistema.</p>

Fonte: (MINAS GERAIS. SEE, 2015a)

Tabela 36 – Temas/Descritores/Habilidades — 3º Ano

Tema	Descritores/Habilidades
Transformações de Energia nos circuitos elétricos	<p>Compreender a função de diferentes dispositivos elétricos e eletrônicos em um circuito em termos da transformação de Energia, como, por exemplo: lâmpadas, alto-falante, resistência elétrica, motor elétrico, led, etc.</p> <p>Saber montar circuitos elétricos simples, série e paralelo, utilizando uma fonte para fazer funcionar alguns dispositivos elétricos.</p>
Potência	<p>Compreender o conceito de Potência.</p> <p>Saber comparar aparelhos eletrodomésticos de acordo com a sua potência.</p> <p>Saber determinar o consumo mensal de Energia elétrica numa residência pela leitura da conta de luz e do “relógio de luz”.</p>
Voltagem e potência elétrica	<p>Compreender a corrente elétrica como fluxo de elétrons livres nos condutores metálicos e sua unidade de medida no SI.</p> <p>Compreender o conceito de resistência elétrica e sua unidade de medida.</p> <p>Compreender o conceito de potência elétrica como sendo o produto da voltagem aplicada num elemento do circuito pela corrente elétrica que passa por esse elemento.</p> <p>Saber resolver problemas envolvendo os conceitos de potência elétrica, voltagem e corrente elétrica em circuitos simples.</p>
Campo elétrico	<p>Compreender o conceito de campo elétrico de uma carga puntiforme.</p> <p>Saber representar as linhas de força do campo elétrico de cargas isoladas e sistema.</p>
Potencial elétrico	<p>Compreender que entre dois pontos de uma linha de força de um campo elétrico existe uma diferença de potencial elétrica.</p> <p>Entender os fenômenos eletrostáticos com base na noção de diferença de potencial elétrico.</p>
Potência e Efeito Joule	<p>Compreender o conceito de potência elétrica como a Energia transferida por unidade de tempo e suas unidades de medida.</p> <p>Saber resolver problemas utilizando a relação quantitativa entre potência, diferença de potencial e corrente elétrica.</p>

Fonte:(MINAS GERAIS. SEE, 2015a)