

MNPEF

**Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física**



APLICAÇÃO DA TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM NA ANÁLISE DE DEFICIÊNCIAS NO APRENDIZADO EM FÍSICA

GEOVANE DE ALMEIDA PESSOA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física do Departamento de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Rural do Semi Árido, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:

Prof. Dr. George Frederick Tavares da Silva.

Prof. Dr. Francisco Franciné Maia Jr.

**MOSSORÓ
NOVEMBRO DE 2015**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

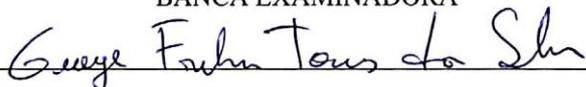
GEOVANE DE ALMEIDA PESSOA

APLICAÇÃO DA TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM NA ANÁLISE DE
DEFICIÊNCIAS NO APRENDIZADO EM FÍSICA

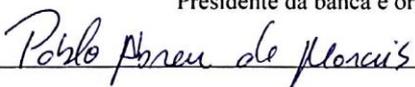
Dissertação apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido, campus
Mossoró, como parte das exigências para
a obtenção do título de Mestre em
Ensino de Física.

Aprovada em: 20/11/2015

BANCA EXAMINADORA



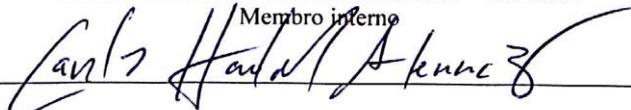
Prof. Dr. George Frederick Tavares da Silva – UFERSA
Presidente da banca e orientador



Prof. Dr. Pablo Abreu de Moraes
Membro externo à Instituição - IFCE



Prof. Dr. Francisco Edcarlos Alves Leite – UFERSA
Membro interno



Prof. Dr. Carlos Handrey Araújo Ferraz – UFERSA
Membro interno



Prof. Dr. Walter Martins Rodrigues – UFERSA
Membro externo ao MNPEF

MOSSORÓ - RN

NOVEMBRO - 2015

*Aos meus filhos,
Geovana Maria Prata Pessoa e
Tales Prata Pessoa.*

Agradecimentos

A Deus, pelas bênçãos e sabedoria concedidas a meu ser.

A meu pai, José Geraldo Pessoa Filho, exemplo de ser humano e chefe de família e a minha mãe, Dione Maria de Almeida Pessoa, por suas palavras de incentivo e motivação em favor da continuidade de meus estudos.

A Camila de Oliveira Prata Pessoa, minha esposa, a Geovana Maria Prata Pessoa, minha filha, e ao Tales Prata Pessoa, meu filho, razões do meu viver, por todo carinho, amor, dedicação e, acima de tudo, pelas lições de vida familiar, além da compreensão dos momentos em que estive ausente por motivos profissionais ou envolvidos com as atividades do curso.

Aos meus irmãos, amigos e colegas de trabalho pela parceria em todos os momentos, principalmente nos mais obscuros.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela idealização e coordenação do Mestrado Profissional em Ensino de Física em Rede Nacional (MNPEF), programa que, em médio prazo, causará uma profunda melhoria no ensino de Física em todos os níveis.

A todos os professores do MNPEF - Mossoró por suas lições de mestres, sempre dispostos a se doar em favor do meu crescimento intelectual ao longo dessa jornada.

A George Frederick Tavares da Silva, meu orientador, por toda contribuição intelectual, pela disposição ao longo da realização dessa pesquisa e por ser um exemplo de profissional.

À Profa. Áurea Frota por disponibilizar parte do seu tempo para me ajudar e por contribuições que foram determinantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao amigo Ricardo Coelho, por suas contribuições prestadas à realização desse trabalho.

A todos os colegas de curso por todos os momentos de aprendizado ao longo dessa caminhada. Principalmente, aos colegas de viagem Carlos Ronelli, Getúlio Marcos, Luis Fernando, Marcos Roberto e Paulo Vítor, que a amizade continue.

Aos amigos David Rocha e Assis Teles, pelas contribuições que possibilitaram a realização dessa pesquisa.

À Graça Sampaio pela compreensão e apoio nos momentos que precisei me ausentar do trabalho em virtude do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

*“Uma ideia sem execução é um sonho.”
(Duque de Saint-Simon)*

RESUMO

APLICAÇÃO DA TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM NA ANÁLISE DE DEFICIÊNCIAS NO APRENDIZADO EM FÍSICA

GEOVANE DE ALMEIDA PESSOA

Orientadores:

Prof. Dr. George Frederick Tavares da Silva.

Prof. Dr. Francisco Franciné Maia Jr..

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física do Departamento de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Rural do Semi Árido, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Os gestores de instituições de ensino precisam tomar decisões quanto à metodologia adotada e o que ser feito com relação a alunos com baixo rendimento escolar, para tanto é necessário que haja uma ferramenta de avaliação adequada e que forneça o maior número de informações possíveis. Buscamos na combinação entre a Taxonomia de Bloom e a Teoria de Resposta ao Item (TRI) uma ferramenta avaliativa capaz de proporcionar ao estudante uma boa aplicação de seus conhecimentos, e aos gestores e instituições de ensino uma ferramenta consistente para uso em processos seletivos e de estratégias de ensino. Com o uso do *Manual de Avaliação de Física usando TRI* o professor é orientado a elaborar uma avaliação adequada, nos parâmetros exigidos pelos fundamentos da TRI, e pela dificuldade da pré-testagem dos itens, utilizamos a Taxonomia de Bloom para a classificação dos mesmos nas categorias Fácil, Média ou Difícil. Ao aplicarmos o teste é possível verificar a compatibilidade do resultado obtido pela TRI e a classificação feita seguindo a taxonomia, também é possível identificar deficiências tanto na estratégia adotada para a abordagem dos conteúdos avaliados como na habilidade dos estudantes, individualmente ou em conjunto.

Palavras-chave: Física, Teoria de Resposta ao Item, TRI, Taxonomia de Bloom, Avaliação.

MOSSORÓ
NOVEMBRO DE 2015

ABSTRACT

APPLICATION OF ITEM RESPONSE THEORY IN THE ANALYSIS OF THE
LEARNING DISABILITIES IN PHYSICS

GEOVANE DE ALMEIDA PESSOA

Mentors:

Prof. Dr. George Frederick Tavares da Silva.

Prof. Dr. Francisco Franciné Maia Jr..

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Física of the Departamento de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Rural do Semi Árido, in the Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

Managers of educational institutions need to make decisions regarding the methodology adopted and to be done with respect to students with poor academic performance, therefore there must be an appropriate assessment tool and provide as much information as possible. We seek the combination of Bloom's Taxonomy and Item Response Theory (IRT) an evaluative tool capable of providing the student with a ba application of their knowledge and managers and educational institutions with a consistent tool for use in selection processes and teaching strategies . Using the *Manual de Avaliação de Física usando TRI* the teacher is instructed to draw up a proper evaluation, the parameters required by the fundamentals of IRT, and the difficulty of pre-testing of the items we use Bloom's Taxonomy for classifies them in categories Easy, Medium or Hard, by applying the test you can check the compatibility of the result obtained by IRT and made classification following the taxonomy, you can also identify deficiencies in both the strategy adopted to address the contents assessed as in ability of the students, individually or together.

Keywords: Physical, Item Response Theory, IRT, Bloom's Taxonomy, Evaluation.

MOSSORÓ
NOVEMBER 2015

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	UM COMPARATIVO ENTRE A TEORIA CLÁSSICA DOS TESTES E A TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM	3
2.1	A Teoria Clássica dos Testes	3
2.1.1	<i>Histórico e conceituação</i>	4
2.2	Teoria de Resposta ao Item	4
2.1.1	<i>Histórico e conceituação</i>	5
2.1.2	<i>Modelos Matemáticos</i>	8
3	TAXONOMIA DE BLOOM	16
3.1	Entendendo a Taxonomia	16
3.2	Os domínios específicos de desenvolvimento	17
3.1.1	<i>Domínio Psicomotor</i>	17
3.1.2	<i>Domínio Afetivo</i>	18
3.1.2	<i>Domínio Cognitivo</i>	18
4	FERRAMENTAS UTILIZADAS NA AVALIAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS	24
4.1	Elaboração e Aplicação do teste	24
4.2	Processamento e análise dos dados	25
5	ANÁLISE DE UM TESTE DE FÍSICA COMPARANDO A TCT COM TRI	28
5.1	Estrutura do teste	28
5.2	Resultados	28
6	UMA APLICAÇÃO PARA O “MANUAL DE AVALIAÇÃO DE FÍ- SICA USANDO TRI”	44
6.1	Estrutura do teste	44
6.2	Processo de análise do teste	48
6.2.1	<i>O Teste</i>	48
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82

A	UMA REVISÃO DA MATRIZ DE REFERÊNCIA DO NOVO ENEM 2009 APLICADA À FÍSICA	85
A.1	Eixos Cognitivos	85
A.1.1	<i>Dominar linguagens (DL)</i>	86
A.1.2	<i>Compreender fenômenos (CF)</i>	86
A.1.3	<i>Enfrentar situações-problema (SP)</i>	86
A.1.4	<i>Construir argumentação (CA)</i>	87
A.1.5	<i>Elaborar propostas (EP)</i>	87
A.2	Competências e Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecno- logias	87
A.2.1	<i>Competência de Área 1</i>	88
A.2.2	<i>Competência de Área 2</i>	88
A.2.3	<i>Competência de Área 3</i>	88
A.2.4	<i>Competência de Área 5</i>	89
A.2.5	<i>Competência de Área 6</i>	89
A.3	Objetos de conhecimento associados às Matrizes de Referência da Disciplina de Física	90
B	CONCEITOS DA CINEMÁTICA ESCALAR E MOVIMENTOS RE- TILÍNEOS	92
B.1	Cinemática	92
B.1.1	<i>Conceitos da Cinemática Escalar</i>	93
B.1.2	<i>Movimento Uniforme (MU)</i>	99
B.1.3	<i>Funções Horárias</i>	100
B.1.2	<i>Gráficos</i>	101
B.1.3	<i>Movimento Uniformemente Variado (MUV)</i>	102
B.1.4	<i>Funções Horárias</i>	103
B.1.2	<i>Gráficos</i>	104
B.1.3	<i>Equação de Torricelli</i>	106
B.1.4	<i>Movimento Relativo</i>	107
C	PRODUTO	109

Referências Bibliográficas	180
---	------------

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A avaliação talvez seja o processo mais polêmico que envolve a educação e, possivelmente, o mais importante pois permite medir o trabalho que foi desenvolvido durante um determinado período e, por meio da interpretação dos dados obtidos, possibilita uma intervenção na metodologia, na didática ou até no assunto abordado. Isso pode resgatar alunos que apresentam déficit de aprendizagem por algum motivo que o tenha ocasionado.

O aprendizado é um processo interno ao aluno portanto não é possível avaliar o aprendizado mas o que o estudante externa, então para avaliarmos o aprendizado é necessário fazer com que o aprendiz consiga demonstrar o que aprendeu por meio de suas respostas a um teste, por exemplo.

Ao longo dos anos, pesquisadores e profissionais da educação buscam a técnica ideal para avaliar grupos ou indivíduos na tentativa de sanar falhas no processo educativo, isso faz do tema pauta de grandes discussões entre educadores de uma linha considerada mais "positivista"¹ e os demais que pregam a avaliação como uma ferramenta mais subjetiva.

Neste trabalho, serão mostrados resultados obtidos em aplicações de duas avaliações de física com objetivos diferentes. Na primeira aplicação o objetivo foi comparar resultados obtidos utilizando a Teoria Clássica dos Testes (TCT) e a Teoria de Resposta ao Item (TRI) com o intuito de demonstrar que esta fornece um arcabouço de informações maior, possibilitando uma avaliação mais precisa. Foram utilizados histogramas e gráficos para visualizar melhor os dois resultados. A TRI consiste em um conjunto de modelos estatísticos que permite inferir sobre o nível de conhecimento, nível de aptidão em determinada tarefa, nível de satisfação, qualidade de vida, dentre outras características que são denominadas de traços latentes. Ela tem sido utilizada, no contexto da educação, em avaliações em larga escala, o que permite inferir sobre as características intrínsecas dos itens (ou questões) de um teste como o nível de dificuldade e o poder de discriminar estudantes bons de estudantes ruins. De forma semelhante, essas avaliações permitem inferir sobre o nível de habilidade ou proficiência de cada indivíduo que realizou o teste, através de uma escala própria que permite comparações entre os indivíduos que realizaram o mesmo

¹Segundo Iskandar[9] o positivismo defende a ideia de que o raciocínio deveria basear-se nos fatos observados e discutidos. O positivismo admite apenas o que é real, verdadeiro, inquestionável, aquilo que se fundamenta na experiência.

teste, e até mesmo testes diferentes. Entretanto, em avaliações acadêmicas o nível de precisão podem não ser tão precisos, a menos que alguns cuidados sejam tomados. Já a TCT não possui escala que permite comparações entre populações, também possui erros na medida da proficiência de indivíduos e, mesmo assim, tem sido largamente utilizada em avaliações da educação básica e superior. Portanto, a ideia é comparar e discutir os diferentes resultados em avaliações acadêmicas no objetivo de encontrar um caminho para o aperfeiçoamento da forma de avaliação na educação.

Na segunda aplicação usamos a Taxonomia de Bloom, que será explicada com mais detalhes no Capítulo 3, para classificarmos os itens que foram utilizados no teste como muito fácil, fácil, médio, difícil ou muito difícil. O resultado desta análise permitiu verificar a distribuição das questões por nível de dificuldade e ainda comparar com resultados obtidos via TRI para a dificuldade das questões. A Taxonomia de Bloom possibilita, por exemplo, que os testes sejam melhor elaborados e aplicados sem serem pré testados, uma vez que temos o indicativo do nível de dificuldade das questões do teste.

O trabalho foi então dividido em 6 capítulos. No Capítulo 1, a introdução. No Capítulo 2, são fundamentadas a TCT e a TRI, bem como uma breve abordagem histórica, e uma comparação entre as duas teorias. Serão mostradas também as vantagens no uso da TRI. No Capítulo 3, é feita uma revisão na interpretação da Taxonomia de Bloom, a qual servirá como fundamentação para a elaboração das avaliações e para classificação dos níveis dos itens junto à TRI sem a necessidade dos itens serem pré testados. O Capítulo 4 explora as ferramentas tecnológicas utilizadas para auxiliar na aplicação do teste, na coleta de dados, no processamento de acordo com a TRI e na análise dos resultados, permitindo ao usuário das ferramentas que façam uso da TRI sem que seja necessário o conhecimento aprofundado das equações. No Capítulo 5 é feita uma análise de um teste de Física aplicada em três turmas de um mesmo professor onde são comparados os resultados encontrados utilizando a TCT e a TRI nas turmas separadamente e em conjunto. Finalmente no Capítulo 6 são discutidos os resultados encontrados para a aplicação de um teste de Física elaborado com apoio do *Manual de Avaliação de Física usando TRI* e com base na Taxonomia de Bloom, com os resultados obtidos pela TRI classificamos a dificuldade dos itens e verificamos a consistência na classificação feita pela Taxonomia de Bloom quando comparadas.

Capítulo 2

UM COMPARATIVO ENTRE A TEORIA CLÁSSICA DOS TESTES E A TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM

Apresentamos neste capítulo um breve histórico de duas teorias a saber, a Teoria Clássica dos Testes - TCT e Teoria da Resposta ao Item - TRI. Revisaremos conceitos, fundamentações teóricas e faremos um comparativo entre vantagens e desvantagens na utilização de cada uma delas em alguns modelos de avaliações.

2.1 A Teoria Clássica dos Testes

O processo de avaliação por muitas vezes é utilizado como seleção e distinção de indivíduos baseado no grau de conhecimento ou habilidade apresentada pelo mesmo para uma determinada área de conhecimento, seja para uma seleção de vestibular ou até vaga de emprego. Na educação, a identificação de falhas no processo pedagógico deve ser levado em conta para que se possa sempre oferecer uma metodologia adequada para a melhoria do desempenho dos alunos em futuras avaliações. A psicometria é o ramo da Psicologia que se propõe a medir tais habilidades.

Segundo Pasquali[13], a psicometria representa a teoria e a técnica de medida dos processos mentais, especialmente aplicada na área da Psicologia e da Educação.

A psicometria é dividida atualmente em duas vertentes, a Teoria Clássica dos Testes (TCT) e a Teoria de Resposta ao Item (TRI).

A Teoria Clássica dos Testes (TCT) tem por objetivo a interpretação da resposta final, ou seja, o que a soma dos itens¹ respondidos corretamente diz sobre o sujeito, Quadros [15].

¹Itens são os componentes de um teste, ou seja, as questões, servem como meio de amostras de comportamento dos testandos.

2.1.1 *Histórico e conceituação.*

Os fundamentos da teoria clássica foram lançados pelo estatístico Spearman² na década de 1900, mesma época em que as avaliações das aptidões humanas eram estudadas por Binet³.

Pasquali [12] relata que em 1950 Gulliksen axiomatiza a TCT e propõe que dois exames são equivalentes quando convertidos à mesma escala possuem mesmas médias, desvios padrões de acertos e que qualquer outra correlação com o número de acertos sejam iguais. Ainda para o autor [13], a TCT se preocupa em explicar o resultado final total, isto é, a soma das respostas dadas a uma série de itens⁴, expressa no chamado escore total (T).

O modelo da TCT elaborado por Spearman e detalhado por Gulliksen propõe que:

$$T = V + E \tag{2.1}$$

Onde,

T: escore bruto ou empírico do sujeito, que é a soma dos pontos obtidos no teste;

V: escore verdadeiro, que seria a magnitude real daquilo que o teste quer medir no sujeito e que seria o próprio T se não houvesse o erro de medida;

E: o erro cometido nesta medida.

O dimensionamento do erro é um dos grandes propósitos da TCT e que o mesmo se deve a diversos fatores como falha na elaboração do teste, condições físicas ou psicológicas do indivíduo no momento em que está sendo submetido ao teste, dentre outros.

Podemos concluir que a TCT padroniza e qualifica um teste como um todo, analisando o resultado obtido pelo grupo de respondentes através da soma dos escores obtidos em todos os itens.

2.2 Teoria de Resposta ao Item

A Teoria de Resposta ao Item (TRI) fornece modelos matemáticos para os traços latentes⁵, propondo formas de representar a relação entre a probabilidade de um indivíduo

²**Charles Edward Spearman** (10 de setembro de 1863 - 7 de setembro de 1945) foi um psicólogo inglês conhecido pelo seu trabalho na área da estatística, como um pioneiro da análise fatorial e pelo coeficiente de correlação de postos de Spearman. Ele também fez bons trabalhos de modelos da inteligência humana, incluindo a descoberta de que escores em testes cognitivos incompatíveis exibiam um fator geral único, batizado de fator "g".

³**Alfred Binet** (Nice, 8 de julho de 1857 - Paris, 28 de outubro de 1911.) foi um pedagogo e psicólogo francês que ficou conhecido por sua contribuição no campo da psicometria, sendo considerado o inventor do primeiro teste de inteligência, a base dos atuais testes de QI.

⁴Tarefas ou questões que compõem um teste, avaliação ou exame.

⁵Família de modelos matemáticos que relaciona variáveis observáveis e traços hipotéticos não-observáveis, aplicada primariamente a testes de habilidade ou de desempenho.

dar uma resposta certa a um item, seu traço latente e características (parâmetros) dos itens, na área de conhecimento em estudo. Com isso, tem como propósito a análise de cada item baseada nos traços latentes dos respondentes, possibilitando a comparação dos resultados obtidos em testes diferentes.

2.1.1 *Histórico e conceituação.*

A Teoria de Resposta ao Item (TRI) tem seu início, segundo Pasquali [12], na teoria do traço latente de Lazarsfeld⁶ (1959) e nos trabalhos de Lord⁷ (1952) e do dinamarquês Rasch⁸ (1960), os quais se tornaram as bases da moderna TRI (*Item Response Theory - IRT*), inclusive conhecida como a Teoria do Traço Latente, esboçada por Lord em 1952 e finalmente axiomatizada por Birnbaum⁹ em 1968 e por Lord em 1980.

Segue abaixo alguns acontecimentos para o desenvolvimento da TRI em uma linha do tempo:

- Frederic Lord (1950): deu início ao desenvolvimento formal da TRI.
- Ainda Lord (1952): primeiro a desenvolver o modelo unidimensional de 2 e 3 parâmetros.
- Rash (1960): desenvolveu o modelo unidimensional de 1 parâmetro (ogiva normal).
- Birnbaum (1968): substituiu a ogiva normal pela função logística nos modelos de 2 e 3 parâmetros.
- Wright (1968): desenvolveu o modelo logístico de 1 parâmetro.
- Samegima(1969): elaborou o modelo de resposta gradual.

⁶**Paul Felix Lazarsfeld** (13 de fevereiro de 1901, Viena, Áustria - 30 de agosto de 1976, Newark, Nova Jérсия, EUA) Sociólogo e educador austríaco-estadunidense nascido em Viena, teve uma formação inicial em Matemática porém a sua obra, extensa e variada, percorre disciplinas tais como a Sociologia, a Psicologia Social, a Ciência Política, as Ciências da Comunicação e a Metodologia das Ciências Sociais, deixando um legado incontornável ao nível dos estudos do marketing, da publicidade, da propaganda, da opinião pública, das atitudes e da metodologia das Ciências Sociais, designadamente no que se refere à análise de conteúdo, à análise de dados e à conceptualização.

⁷**Frederic M. Lord** (12 de novembro de 1912, em Hanover, NH - 05 de fevereiro de 2000) foi um psicometrista para *Educational Testing Service* . Ele era a fonte de grande parte da pesquisa seminal sobre a teoria de resposta ao item, incluindo dois livros importantes: *Statistical Theories of Mental Test Scores* (1968, com Melvin Novick, e dois capítulos por Allen Birnbaum) e *Applications of Item Response Theory to Practical Testing Problems* (1980). Lord tem sido chamado de "Pai dos Ensaio Modernos."

⁸**Georg Rasch** (21 de setembro de 1901 - 19 de outubro de 1980) foi um dinamarquês matemático, estatístico, e psicometrista, o mais famoso para o desenvolvimento de uma classe de medição modelos conhecidos como modelos de Rasch . Ele estudou com RA Fisher e também brevemente com Ragnar Frisch, e foi eleito membro do Instituto Internacional de Estatística, em 1948.

⁹**Allan Birnbaum** (27 de maio de 1923 - 01 de julho de 1976) era um americano estatístico que contribuiu para inferência estatística, bases de estatística, genética estatística, psicologia estatística e história da estatística.

- Bock (1972), Andrich (1978), Masters (1982) e Muraki (1992): elaboraram modelos para mais de duas categorias de respostas.
- Bock & Zimowski (1997): propuseram modelos logísticos de 1, 2 e 3 parâmetros para duas ou mais populações de respondentes.
- Hedges & Vevea (1997) e Andrade (1999): desenvolveram novas possibilidades para as compreensões de rendimentos de duas ou mais populações submetidas a diferentes testes com itens comuns.

Para a compreensão da teoria e suas aplicações em testes educacionais é preciso, primeiramente, considerar alguns postulados e premissas importantes:

- Postulados básicos da TRI:
 1. o desempenho do sujeito numa tarefa pode ser predito a partir de um conjunto de variáveis hipotéticas que vamos representar pela letra θ .
 2. a relação entre probabilidade de acerto e os traços latentes pode ser descrita por uma equação matemática, chamada de *Curva Característica do Item - CCI* (Ver Figura 2.1).

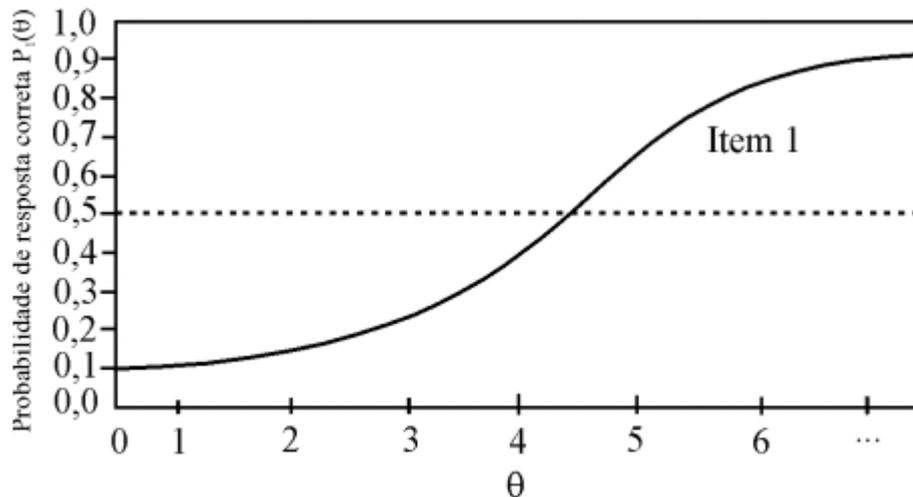


Figura 2.1: CCI para o item 1 [1].

- Premissas da TRI:
 1. A Unidimensionalidade.
 - Teorias do traço latente - existe um conjunto de traços latentes que influenciam num desempenho comportamental qualquer.

$$\text{Desempenho} = f(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_n) \quad (2.2)$$

- Os modelos de TRI defendem que existe apenas uma aptidão (θ) responsável pela realização de um conjunto de itens de um teste ou que haja uma que seja preponderante aos demais.

2. A Independência Local

- O desempenho do sujeito num item não afeta o desempenho em outro item desde que sejam mantidas constantes as aptidões que afetam o teste com exceção do θ dominante.
- A probabilidade de resposta a um conjunto de itens é igual aos produtos das probabilidades das respostas do examinando a cada item individual.
- O produtório das probabilidades dos n itens do teste.

$$Prob(U_1, U_2, \dots, U_n, \theta_j) = P(U_1, \theta_j) \cdot P(U_2, \theta_j) \cdot \dots \cdot P(U_n, \theta_j) \quad (2.3)$$

Onde, θ é a aptidão dominante que afeta um conjunto de itens, U_i a resposta de um sujeito ao item i , $U_i = 1$ para resposta certa e $U_i = 0$ para resposta errada, $P(U_i, \theta_j)$ a probabilidade de resposta do sujeito j com aptidão θ_j ao item i , P_i e Q_i a probabilidade de uma resposta correta e a probabilidade de uma resposta errada dada ao item i levando em conta o θ do sujeito, respectivamente.

Em resumo:

$$Prob(U_1, U_2, \dots, U_n, \theta_j) = \prod_{i=1}^n P(U_i | \theta_j) \quad (2.4)$$

Portanto se um indivíduo de aptidão θ acertou os itens 2 e 4 e errou os itens 1 e 3 seu padrão de respostas é dado por $U_1 = 0$, $U_2 = 1$, $U_3 = 0$ e $U_4 = 1$, ou seja, $0\ 1\ 0\ 1$ onde de acordo com a independência local temos

$$Prob(U_1 = 0, U_2 = 1, U_3 = 0, U_4 = 1, \theta) = P(U_1 = 0, \theta) \cdot P(U_2 = 1, \theta).$$

$$P(U_3 = 0, \theta) \cdot P(U_4 = 1, \theta) \quad (2.5)$$

$$Prob(U_1 = 0, U_2 = 1, U_3 = 0, U_4 = 1, \theta) = Q_1 \cdot P_2 \cdot Q_3 \cdot P_4 \quad (2.6)$$

A probabilidade da equação 2.6 corresponde à probabilidade do padrão de respostas $0\ 1\ 0\ 1$ dada ao teste de quatro questões, para o estudante de habilidade θ . Ela também é chamada de função verossimilhança.

Para Andrade [1], apesar de não ser possível demonstrar empiricamente as suposições e de não possuírem bases lógicas por serem hipóteses, temos que levar em consideração que:

1. qualquer modelo matemático, para poder funcionar e ser útil, precisa fazer algumas suposições entre o modelo e os dados empíricos, inclusive especificando as relações que existem entre as variáveis hipotéticas do modelo e as variáveis observáveis ou empíricas;
2. embora as suposições não possam ser provadas diretamente, elas podem sê-lo indiretamente (em suas conseqüências), isto é, verificando se a sua violação produz resultados incongruentes no estudo da realidade empírica; quer dizer que os resultados práticos irão determinar se as suposições foram ou não úteis ou adequadas.

2.1.2 *Modelos Matemáticos.*

Os modelos matemáticos usados na TRI procuram indicar a probabilidade de acerto em um item de acordo com os parâmetros do item e a habilidade de quem o responde. A relação entre a probabilidade de acerto e a habilidade do indivíduo é uma função monotônica, ou seja, quanto maior a habilidade do sujeito maior a probabilidade de acerto.

Os fatores que determinam os modelos matemáticos são basicamente:

1. A natureza do item - dicotômicos¹⁰ ou não dicotômicos¹¹;

Os modelos para itens dicotômicos podem ser usados tanto para análise de itens de múltipla escolha dicotomizados quanto para análise de itens abertos quando avaliados de forma dicotomizada. Considerando que são os mais utilizados, existem basicamente três tipos que se diferenciam pelo número de parâmetros que utilizam para descrever o item, os modelos logísticos de 1, 2 e 3 parâmetros (ML1, ML2 e ML3), que consideram respectivamente:

- Somente a dificuldade do item, que é representada pela letra b ;
- A dificuldade e a discriminação, pelas letras b e a , respectivamente;
- A dificuldade, a discriminação e a probabilidade de resposta correta dada por indivíduos de baixa habilidade, letras b , a e c , respectivamente.

2. O número de populações envolvidas - apenas uma ou mais de uma;
3. A quantidade de traços latentes que está sendo medida - apenas um ou mais de um.

¹⁰Dicotômicos são itens que são considerados respondidos de forma correta ou não.

¹¹Não dicotômicos são itens que podem ter respostas consideradas parcialmente corretas.

O Modelo Logístico de 3 parâmetros (ML3) é mais geral e por isso será o único que iremos detalhar, os demais, ML1 e ML2, são obtidos de ajustes feitos do modelo descrito.

- Modelo Logístico de 3 Parâmetros envolvendo um único grupo.

A **probabilidade de acerto** de um item em função da habilidade do respondente é dado por:

$$P(U_{ij} = 1|\theta_j) = c_i + (1 - c_i) \frac{1}{1 + e^{-Da_i(\theta_j - b_i)}} \quad (2.7)$$

com $i = 1, 2, \dots, I$, e $j = 1, 2, \dots, n$, onde:

U_{ij} - é uma variável dicotômica;

θ_j - representa a habilidade (traço latente) do j-ésimo indivíduo;

$P(U_{ij} = 1|\theta_j)$ é a probabilidade de um indivíduo j com habilidade θ_j responder corretamente o item i e é chamada de Função de Resposta do Item - FRI;

b_i - é o parâmetro de dificuldade do item i , medido na mesma escala da habilidade;

a_i - é o parâmetro de discriminação do item i , com valor proporcional à inclinação da Curva Característica do Item - CCI no ponto b_i ;

c_i - é o parâmetro do item que representa a probabilidade de indivíduos responderem corretamente o item i ao acaso e

D - é um fator de escala, constante e igual a 1.

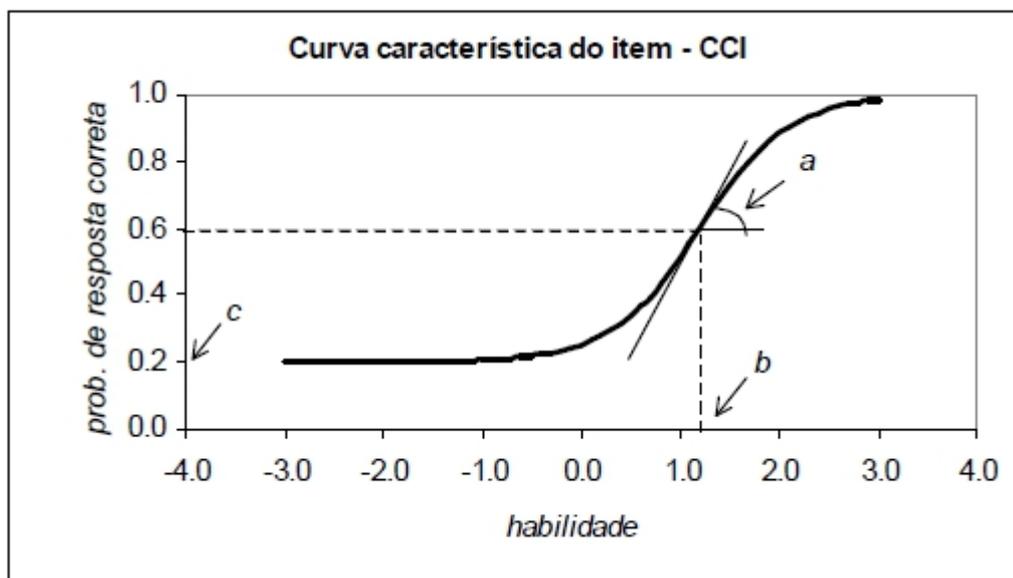


Figura 2.2: Indicação de parâmetros numa CCI [1].

A interpretação gráfica da função $P(U_{ij})$, equação 2.7, é dada na Figura 2.2. Ela mostra uma relação não linear entre a probabilidade de acerto e a habilidade do respondente com um ponto de mudança de curvatura, ou inflexão, mas que indica que alunos com maior valor de habilidade têm uma maior probabilidade de acerto e vice-versa.

Assim podemos afirmar que o b , a dificuldade do item, é a habilidade que indivíduo deve ter para que sua probabilidade de acerto seja de $\frac{1+c}{2}$. Itens mais difíceis possuem o ponto de inflexão mais deslocado para a direita, indicando a necessidade de uma maior habilidade para acertar o item.

O parâmetro c , a probabilidade de acerto ao acaso, é o valor da probabilidade do gráfico em que a curva tende à horizontal, ou a um valor constante, no intervalo de $\theta \ll b$. Indica a chance que o sujeito tem de acertar a questão mesmo possuindo um muito baixo valor de habilidade, “chutando” por exemplo.

E o parâmetro a , a discriminação do item, é dado pela inclinação da reta tangente ao ponto de probabilidade $\frac{1+c}{2}$ na escala indicada na figura. Valores altos para esse parâmetro, ou seja, inclinações muito acentuadas indicam que o item separa o grupo de respondentes em dois, os que possuem habilidade para acertar a questão de nível b , dos que não possuem.

A probabilidade de um aluno acertar o item depende basicamente de sua habilidade e dos parâmetros do item, iniciamos a análise da TRI sem o conhecimento desses valores, apenas as respostas dada pelo avaliado são conhecidas, assim se faz necessário que os parâmetros sejam estimados.

Para Andrade[1] o problema para a estimação dos parâmetros de um item pode surgir em três versões, quando se conhece a habilidade do respondente e deve-se obter os parâmetros do item, quando se conhece os parâmetros e pretende-se estimar a habilidade do avaliado e, por fim, quando não se conhece nem a habilidade nem os parâmetros dos itens, por sinal a situação mais comum. Chamaremos de *calibração* os processos que serão utilizados para a estimação dos parâmetros de um item.

Existem vários métodos para estimação dos parâmetros dos itens de um teste e das habilidades dos respondentes, segue abaixo alguns métodos existentes bem como suas vantagens e desvantagens elencadas por Andrade[1] em sua obra “*Teoria de Resposta ao Item - Conceitos e Aplicações*” onde encontram-se também as equações e demonstrações das mesmas para os que se interessarem em aprofundar o conhecimento na estimação de parâmetros dos itens e habilidades de alunos avaliados.

Estimação dos Parâmetros dos Itens

- **Máxima Verossimilhança Marginal - MVM:**

Características positivas:

- Possui propriedades assintóticas: as estimativas dos parâmetros a_i , b_i e c_i são consistentes;
- Uma vez estimados os parâmetros dos itens, pode-se estimar as habilidades.

Características negativas:

- Não está definido para itens com acerto total ou erro total;
- É bastante trabalhoso computacionalmente;
- Necessidade do estabelecimento de uma distribuição para θ ;
- Apresenta problemas na estimação do parâmetro c_i em alguns casos; deve ser usado somente com um número suficientemente grande de respondentes.

• **Bayesiano:**

Características positivas:

- Definido para qualquer padrão de resposta;
- Uma vez estimados os parâmetros dos itens, pode-se estimar as habilidades.

Características negativas:

- É mais trabalhoso computacionalmente do que o MVM;
- Necessidade de distribuições a priori para os parâmetros dos itens.

Estimação das Habilidades

• **Máxima Verossimilhança - MV:**

Características positivas:

- Para testes “longos” produz estimadores não viciados.

Características negativas:

- Não está definido para alguns padrões de resposta.

• **Bayesiano - EAP:**

Características positivas:

- Definido para qualquer padrão de resposta;
- Possui o menor erro médio.

Características negativas:

- Viciado;
- Exige cálculos mais complexos do que o método de MV;
- Necessidade de uma distribuição a priori para θ .

• **Bayesiano - MAP:**

Características positivas:

- Definido para qualquer padrão de resposta.

Características negativas:

- Viciado;
- Exige cálculos mais complexos do que o método de MV;
- Necessidade de uma distribuição a priori para θ .

Estimação dos Parâmetros dos Itens e das Habilidades

• **Máxima Verossimilhança Conjunta - MVC:**

Características positivas:

- Serve como base para outros procedimentos.

Características negativas:

- Apresenta problemas de indeterminação;
- Não possui propriedades assintóticas, pois o aumento do número de respondentes aumenta o número de parâmetros a serem estimados;
- É bastante trabalhoso computacionalmente;
- Apresenta problemas na estimação do parâmetro c_i em alguns casos; deve ser usado somente com um número suficientemente grande de respondentes;
- Não está definido para alguns padrões de resposta.

Outro dado importante para sabermos o quanto de informação o item possui para fornecer a habilidade do sujeito é a *Função de Informação do Item* que é dada por:

$$I_i(\theta) = \frac{\left[\frac{d}{d\theta}P_i(\theta)\right]^2}{P_i(\theta)Q_i(\theta)} \quad (2.8)$$

onde $I_i(\theta)$ é a “informação” fornecida pelo item i no nível de habilidade θ , $P_i(\theta)$ e $Q_i(\theta)$ são a probabilidade de uma resposta correta e a probabilidade de uma resposta

errada dada ao item i levando em conta o θ do sujeito, respectivamente.

Para o ML3 a equação pode ser escrita como:

$$I_i(\theta) = D^2 a_i^2 \frac{Q_i(\theta)}{P_i(\theta)} \left[\frac{P_i(\theta) - c_i}{1 - c_i} \right]^2 \quad (2.9)$$

Isto é, a informação é maior:

1. quando b_i se aproxima de θ ;
2. quanto maior for o a_i ;
3. e quanto mais c_i se aproximar de 0.

Somando as informações de cada item que compõem um teste temos a *Função Informação do Teste*, que nos mostra quanto de informação o teste como um todo possui na determinação da habilidade de cada respondente. Segue a função:

$$I(\theta) = \sum_{i=1}^I I_i(\theta) \quad (2.10)$$

Ou através do erro-padrão de medida ou erro-padrão de estimação:

$$EP(\theta) = \frac{1}{\sqrt{I(\theta)}} \quad (2.11)$$

Na Figura 2.3 temos alguns exemplos de imagens combinando as curvas geradas pela função de informação dos itens denominados de “Item 1”, “Item 2”, “Item 3” e “Item 4” com a sua respectiva curva característica para que possamos analisar as possíveis interpretações. A curva de linha contínua refere-se à CCI, já a pontilhada à curva da função de informação do item.

Vejamos que de acordo com os critérios já mencionados em relação ao valor da informação do item, percebemos que os itens que possuem maior valor de a são os que um pico da curva de informação do item mais alto, já os que possuem um b de valor maior o pico fica deslocado para a direita, acompanhando o ponto de inflexão da CCI.

Comparando o “item 1” com o “item 3” e o “item 2” com “item 4” percebemos que, apesar de terem um mesmo valor de dificuldade, o 3 e o 4 possuem um grau de informação maior pois tem uma discriminação maior, ou seja, é mais significativo na identificação dos melhores alunos. Na comparação do “item 1” com o “item 2”, assim como comparando o “item 3” com o “item 4” percebemos o mesmo grau de informação entre os itens comparados porém os itens 2 e 4 têm um valor de dificuldade maior, parâmetro que também é conhecido como posição do item.

Andrade[1] considera que a discriminação entre bons alunos é feita a partir de itens considerados difíceis e não de itens considerados fáceis.

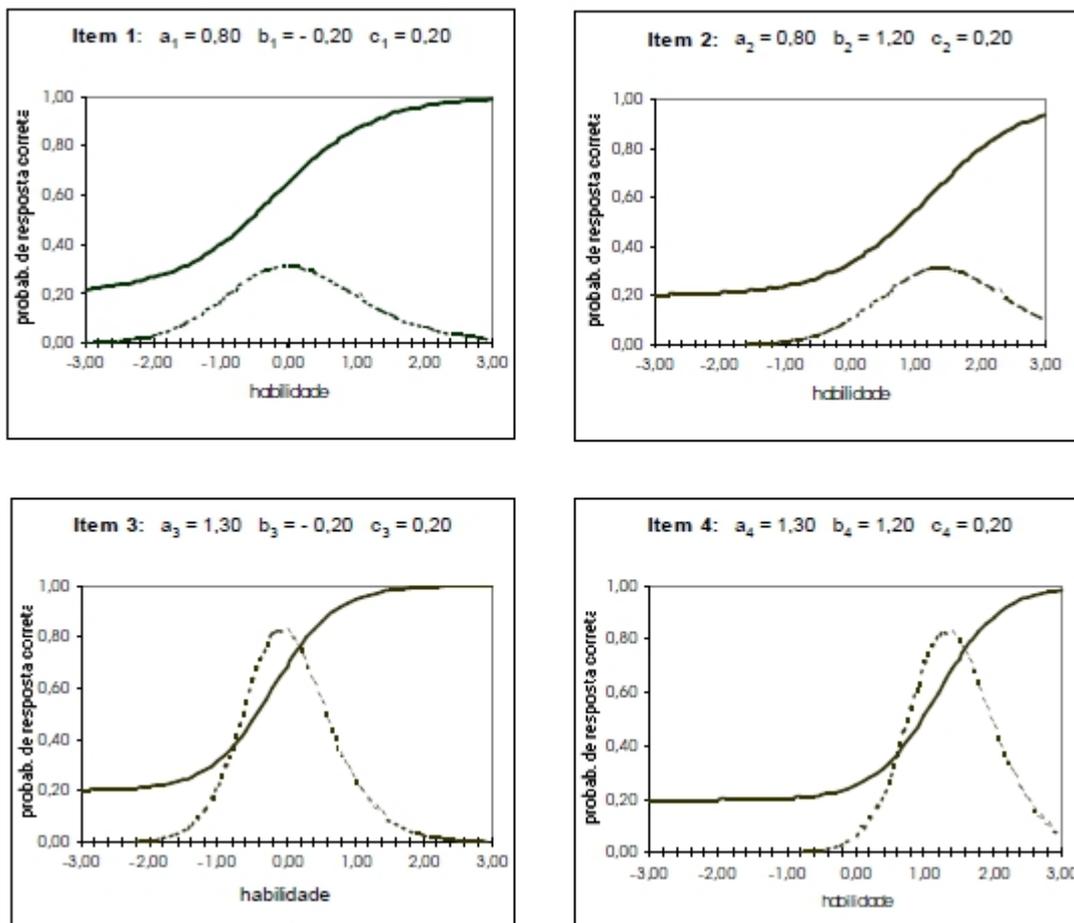


Figura 2.3: Curvas características e de informação de vários itens. Fonte: Andrade [1].

Podemos concluir que o “Item 4” é o considerado mais difícil dentre os apresentados e o que possui um maior poder de discriminação entre os respondentes, já o “Item 1” é o mais fácil e o que menos discrimina.

Temos que destacar também a *Escala de Habilidade ou de Proficiência*, que, segundo o INEP[11], no contexto educacional, a escala de proficiência é uma forma de estabelecer uma unidade de medida padrão do conhecimento. Sem uma unidade de medida pré estabelecida é difícil fazer comparações e julgamento de valor, em outras palavras, são valores de média e desvio-padrão para as habilidades dos indivíduos envolvidos no teste. Esses valores podem assumir qualquer valor real entre $-\infty$ e $+\infty$, geralmente é usado (0,1) para a média e o desvio, respectivamente, não fazendo a menor diferença caso os valores adotados fossem outros. O ENEM, por exemplo, usa (500,100), ou seja, média 500 e desvio padrão 100.

Nas instituições de ensino usa-se normalmente, para atribuir a nota de um aluno, valores de 0,0 a 10,0, portanto (5,1) para a média e o desvio-padrão, respectivamente. Por isso, será necessário efetuarmos uma mudança de escala para facilitar a interpretação dos valores de habilidade, obtidos por meio da TRI, pela família do aluno e pessoas leigas no

assunto. A relação que possibilita essa mudança é:

$$\theta^* = \theta \cdot DP + M \quad (2.12)$$

onde θ^* é a habilidade convertida, θ a habilidade calculada por TRI, DP o desvio padrão adotado e M a nova média adotada.

Capítulo 3

TAXONOMIA DE BLOOM

Neste capítulo, faremos uma interpretação da Taxonomia de Bloom e algumas de suas revisões para que nos sirva como base para a elaboração e classificação dos itens a serem usados em avaliações. As análises via Taxinomia de Bloom também se apresentará como norteadora para a interpretação dos dados obtidos via TRI como será visto.

3.1 Entendendo a Taxonomia

O processo avaliativo e a escolha de estratégias para o sucesso no processo de ensino-aprendizagem são duas das ações do educador mais difíceis e subjetivas, tornando os tópicos polêmicos e passíveis de muitas discussões conceituais e que muitas vezes não convergem a uma concordância entre teóricos da área.

Pela necessidade de quantificar a avaliação para que de posse dos resultados possamos traçar as melhores estratégias de ensino ou corrigir falhas que foram criadas nas que já foram executadas, adotaremos a Taxonomia de Bloom como base para a elaboração dos itens das avaliações e para classificar seus níveis de dificuldade.

Apesar de a versão original da Taxonomia de Bloom ainda ser bastante aplicada muitos autores como Fuller *et al*[6] fazem algumas críticas à taxonomia original, dizendo que as categorias nem sempre são fáceis de aplicar. Pois existe uma sobreposição significativa entre elas, e que existe diferentes interpretações sobre a ordem em que as categorias *análise, síntese e avaliação* aparecem na hierarquia.

Iremos portanto seguir a revisão proposta por Krathwohl [10]. O autor afirma que a taxonomia original de Bloom prevê definições cuidadosas para as seis principais categorias do domínio cognitivo: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Por possuírem uma hierarquia cumulativa são ordenadas da mais simples para a mais complexa, possibilitando a conclusão que itens que abordem categorias posteriores exigem um grau de habilidade maior.

De acordo com Ferraz [5], a taxonomia dos objetivos de processos educacionais, também popularizada como taxonomia de Bloom, é a divisão do processo de acordo com o domínio específico de desenvolvimento cognitivo, afetivo e psicomotor.

Para Ferraz et al.[5], duas das inúmeras vantagens de se utilizar a taxonomia no

contexto educacional são:

- Oferecer a base para o desenvolvimento de instrumentos de avaliação e utilização de estratégias diferenciadas para facilitar, avaliar e estimular o desempenho dos alunos em diferentes níveis de aquisição de conhecimento; e
- Estimular os educadores a auxiliarem seus discentes, de forma estruturada e consciente, a adquirirem competências específicas a partir da percepção da necessidade de dominar habilidades mais simples (fatos) para, posteriormente dominar as mais complexas (conceitos).

3.2 Os domínios específicos de desenvolvimento

A pedido da Associação Norte Americana de Psicologia (*American Psychological Association*) a alguns de seus membros que discutissem, definissem e criassem uma taxonomia dos objetos de processos educacionais com o intuito de estruturar e organizar as tarefas de planejamento, organização e controle dos objetos de aprendizagem, a equipe liderada por Bloom et al. (1956) dividiu o trabalho de acordo com o domínio específico de desenvolvimento.

3.1.1 *Domínio Psicomotor*

Em Ferraz[5], o domínio psicomotor está relacionado a habilidades físicas específicas. Bloom não criou itens para esse domínio; outros autores fizeram propostas.

Níveis de domínio psicomotor:

- **Percepção:** Atenção que o estudante presta a todos os movimentos envolvidos na ação global, suas conexões e implicações.
- **Posicionamento:** Colocar-se em posição correta e eficiente para executar os movimentos propriamente ditos
- **Execução acompanhada:** O aprendiz, tendo se posicionado adequadamente, passa a executar os movimentos de forma ainda hesitante. Os movimentos são realizados imperfeita ou parcialmente.
- **Mecanização:** Ações executadas integralmente. O ciclo de movimentos é completo e o aprendiz coordena uma ação com as demais que a ela se ligam.
- **Completo domínio de movimentos:** Maestria sobre as ações que se constituíram objeto da aprendizagem.

3.1.2 *Domínio Afetivo*

Para Rodrigues[16], o domínio afetivo trata de objetivos que enfatizam o sentimento, emoção ou grau de aceitação ou rejeição. Tais objetivos são expressos como interesses, atitudes ou valores.

Níveis de domínio afetivo segundo Bloom:

- **Receptividade** (também designado como acolhimento e aquiescência): aperceber-se da existência de um dado valor apresentado na instrução, dirigir sua atenção para ele de modo seletivo e intencional. Todavia os alunos portam-se passivamente em relação ao valor apresentado.
- **Resposta**: Presumem alguma ação da parte do aluno em referência a um valor imanente à instrução, esta ação pode ser desde a simples obediência a determinações explícitas até a iniciativa na qual se possa notar alguma expressão de satisfação por parte do aluno.
- **Valorização**: Valor comunicado na instrução foi internalizado pelo aluno, distinguem-se do tipo de objetivo do nível de resposta pela consistência (não são esporádicas), persistência (prolongam-se além do período da instrução) e, num nível mais intenso, a persuasão (ou seja o aluno procura convencer outras pessoas da importância do valor, numa espécie de catequese).
- **Organização**: Reinterpreta o valor comunicado na instrução à luz de outros valores análogos ou antagônicos ao valor original. Analisa diferentes ângulos do valor, compara-o a valores concorrentes.
- **Caracterização**: O processo de internalização atinge o ponto em que o indivíduo passa a ser identificado pela sua comunidade como um símbolo ou representante do valor que ele incorporou.

3.1.2 *Domínio Cognitivo*

Para Rodrigues[16], destaca a lembrança de algo que foi aprendido, para a resolução de alguma atividade mental para a qual o indivíduo tem que definir o problema fundamental, reorganizar o material ou combinar ideias, técnicas ou métodos antecipadamente aprendidos.

Segundo Santrock[18], um grupo de psicólogos educacionais atualizou as dimensões do conhecimento e do processo cognitivo de Bloom. Nesta atualização, a dimensão do conhecimento possui quatro categorias, que se situam em um *continuum* que vai do concreto (factual) ao abstrato (metacognição):

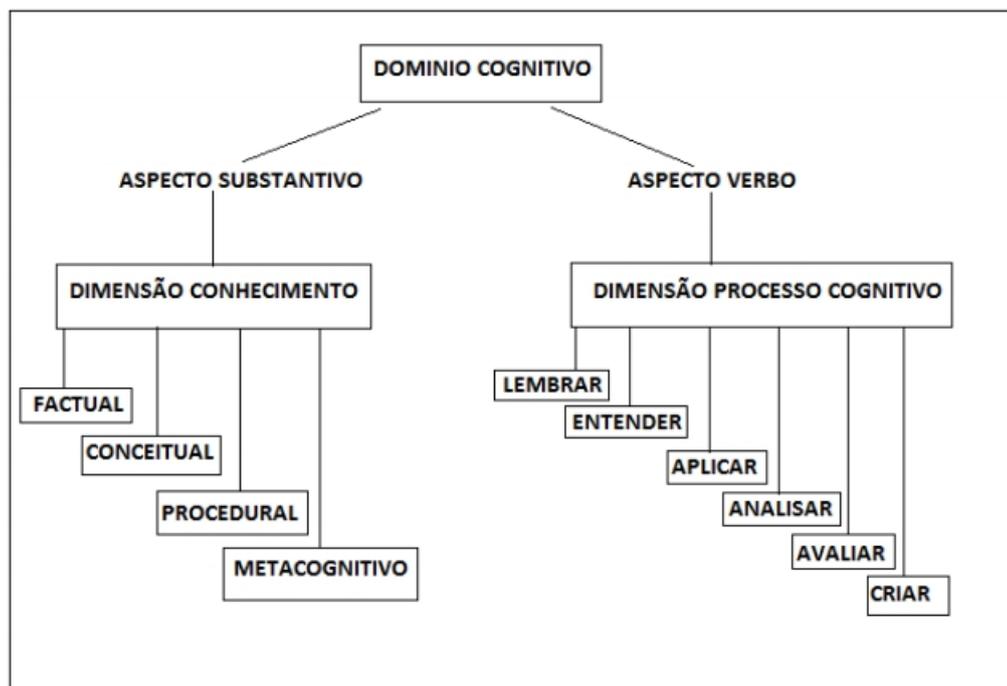


Figura 3.1: Dimensões do Domínio Cognitivo da Taxonomia de Bloom Revisada. Fonte: Galhardi [7].

- **Factual:** os elementos básicos que os estudantes devem conhecer para que se familiarizem com uma disciplina ou solucionem problemas desta (vocabulário técnico, fontes de informação).
- **Conceitual:** as inter-relações entre os elementos básicos dentro de uma estrutura maior que os permite funcionar conjuntamente (corelação entre equações, teoremas que relacionam conceitos distintos).
- **Procedimento:** como fazer algo, métodos de pesquisa e critérios para a utilização de habilidades (demonstrações de equações, solução de problemas aplicando conceitos físicos).
- **Metacognitiva:** conhecimento da cognição e atenção à sua própria cognição (desenvolvimento de técnicas diferentes para a resolução de um problema).

Para o mesmo autor na atualização da dimensão do processo cognitivo, seis categorias situam-se em um *continuum* que vai do menos complexo (lembrar) ao mais complexo (criar):

- **Lembrar:** processos que requerem que o estudante reproduza com exatidão uma informação que lhe tenha sido dada, seja ela uma data, um relato, um procedimento, uma fórmula ou uma teoria.

- **Entender:** requer elaboração (modificação) de um dado ou informação original. O estudante deverá ser capaz de usar uma informação original e ampliá-la, reduzi-la, representá-la de outra forma ou prever consequências resultantes da informação original.
- **Aplicar:** reúne processos nos quais o estudante transporta uma informação genérica para uma situação nova e específica.
- **Analisar:** caracterizam-se por separar uma informação em elementos componentes e estabelecer relações entre eles.
- **Avaliar:** representa os processos cognitivos mais complexos. Consiste em confrontar um dado, uma informação, uma teoria, um produto etc... com um critério ou conjunto de critérios, que podem ser internos ao próprio objeto de avaliação, ou externos a ele.
- **Criar:** representa os processos nos quais o estudante reúne elementos de informação para compor algo novo que terá, necessariamente, traços individuais distintivos.

Para facilitar o processo de classificação do item, bem como diminuir a possibilidade de um mesmo item receber uma classificação diferente dependendo de que o analise, podemos utilizar uma tabela de verbos relacionados a cada nível de dimensão do processo cognitivo da taxonomia:

Tabela 3.1: Tabela de verbos relacionados aos processos cognitivos da Taxonomia de Bloom.

Lembrar	Definir, repetir, apontar, inscrever, registrar, marcar, recordar, nomear, relatar, sublinhar, relacionar e anunciar.
Entender	Traduzir, reafirmar, discutir, descrever, explicar, expressar, identificar, localizar, transcrever, revisar e narrar.
Aplicar	Interpretar, aplicar, usar, empregar, demonstrar, dramatizar, praticar, ilustrar, operar, inventariar, esboçar e traçar.
Analisar	Distinguir, analisar, diferenciar, calcular, experimentar, provar, comparar, contrastar, criticar, investigar, debater, examinar e categorizar.

É importante lembrar que podem existir outros verbos relacionados a cada nível, portanto, a tabela tem como objetivo dar um indicativo do padrão de cobrança relacionado aos processos cognitivos.

O ensino, desde o preparo das aulas ao processo avaliativo, pode ser planejado pelo professor utilizando as taxonomias de Bloom para os domínios cognitivo, afetivo e psicomotor, Ferraz[5] afirma que embora os três domínios tenham sido amplamente discutidos e divulgados, em momentos diferentes e por pesquisadores diferentes, o domínio cognitivo é o mais conhecido e utilizado. A autora afirma ainda que muitos educadores se apoiam nos pressupostos teóricos desse domínio para definirem, em seus planejamentos educacionais, objetivos, estratégias e sistemas de avaliação.

Segundo Ferraz[5] a Taxonomia de Bloom do Domínio Cognitivo é estruturada em níveis de complexidade crescente - do mais simples ao mais complexo - e isso significa que, para adquirir uma nova habilidade pertencente ao próximo nível, o aluno deve ter dominado e adquirido a habilidade do nível anterior.

Isso faz com que consideremos os itens que exigem níveis maiores de Domínio Cognitivo mais difíceis e os que exigem níveis menores mais fáceis. Assim, além de possibilitar uma organização no processo de aprendizagem por níveis hierárquicos também permite que itens em avaliações sejam classificados por níveis de dificuldade de acordo com o nível do domínio cognitivo exigido para ser respondido corretamente.

Segue uma sugestão de tabela para facilitar a classificação dos itens quanto ao nível de dificuldade seguindo os critérios da taxonomia de Bloom revisada para os domínios de dimensão do conhecimento e de dimensão do processo cognitivo.

Tabela 3.2: Tabela para classificação de itens segundo a Taxonomia de Bloom revisada.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Relembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual	<i>muito fácil</i>	<i>fácil</i>	<i>média</i>	<i>difícil</i>
B. Conhecimento conceitual	<i>fácil</i>	<i>média</i>	<i>difícil</i>	<i>muito difícil</i>

Cada item será classificado de acordo com a posição que melhor se adequa na tabela. Segue alguns exemplos de itens com sua respectiva classificação e análise.

Exemplo 01:

Imagine um ônibus escolar parado no ponto de ônibus e um aluno sentado em uma de suas poltronas. Quando o ônibus entra em movimento, sua posição no espaço se modifica: ele se afasta do ponto de ônibus. Dada esta situação, podemos afirmar que a conclusão ERRADA é que:

- a) o aluno que está sentado na poltrona, acompanha o ônibus, portanto também se afasta do ponto de ônibus.
- b) podemos dizer que um corpo está em movimento em relação a um referencial quando

a sua posição muda em relação a esse referencial.

c) o aluno está parado em relação ao ônibus e em movimento em relação ao ponto de ônibus.

d) neste exemplo, o referencial adotado é o ônibus.

e) para dizer se um corpo está parado ou em movimento, precisamos relacioná-lo a um ponto ou a um conjunto de pontos de referência.

Análise:

Neste item o estudante precisa *lembrar* que o movimento depende do referencial e envolve conhecimentos básicos que o estudante deve conhecer para fazer a análise das alternativas, portanto o item deve ocupar a posição A1 da tabela sendo portanto classificado como um item “**MUITO FÁCIL**”.

Tabela 3.3: Tabela para classificação do item do exemplo 01.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Relembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual	X			
B. Conhecimento conceitual				

Exemplo 02:

Depois de percorrer uma estrada retilínea por $8,0\text{km}$ a uma velocidade média de 70km/h , você para por falta de combustível e caminha $2,0\text{km}$ por meia hora até encontrar um posto de gasolina. Qual a velocidade média do início da viagem até o posto?

a) 37km/h

b) 16km/h

c) 17km/h

d) 21km/h

e) 32km/h

Análise:

O estudante precisa *lembrar* como calcular a velocidade média, saber *diferenciar* velocidade média de média aritmética das velocidades. *Interpretar* o problema de forma correta de modo a *calcular* a distância percorrida e o tempo gasto em cada trecho. Em seguida o estudante deve *aplicar* a relação da velocidade média. Classificamos como de conhecimento factual pois envolve conhecimentos básicos para aplicação na resolução. O item deve ocupar a posição A4 da tabela sendo portanto classificado como um item “**DIFÍCIL**”.

Exemplo 03:

As equações a seguir fornecem a posição $x(t)$ de uma partícula em quatro casos (x em metros, t em segundos e $t > 0$): (1) $x = 3 \cdot t$; (2) $x = -4 \cdot t^2$; (3) $x = \frac{2}{t^2}$; (4) $x = -2$. Em

Tabela 3.4: Tabela para classificação do item do exemplo 02.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Relembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				X
B. Conhecimento conceitual				

que caso(s) a velocidade instantânea é constante?

- a) (1) e (4)
- b) somente o (4)
- c) somente o (2)
- d) somente o (1)
- e) (1), (3) e (4)

Análise:

Neste item a alternativa correta é a “A”. No entanto a equação (4) não há velocidade, pois a posição é constante, possibilitando a conclusão que nesta equação o móvel possui velocidade nula constante fazendo com que a alternativa “D” também possa ser considerada correta.

Pois bem, esta questão exige que o estudante *lembre* da forma (ou grau) da equação do movimento com velocidade constante, assim permitindo sua *comparação, identificação e classificação* que são ações referentes ao nível 2 (entender) da Taxonomia de Bloom quanto à dimensão do processo cognitivo, já para a dimensão do conhecimento é necessário a correlação com o conhecimento matemático referente a funções quadráticas, tornando o item de nível B (conceitual). O item deve ocupar a posição B2 da tabela sendo portanto classificado como um item “**MÉDIO**”.

Tabela 3.5: Tabela para classificação do item do exemplo 03.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Relembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				
B. Conhecimento conceitual		X		

Como um dos pressupostos da utilização da Teoria de Resposta ao Item é que a avaliação seja bem distribuída em questões fáceis, médias e difíceis, muitos exames se utilizam do pré-teste dos itens para suas devidas classificações e posterior escolha para compor cada aplicação do mesmo, como nossa proposta é a utilização da TRI para diagnosticar falhas no ensino de física e deficiência no aprendizado de alunos da educação básica o pré-teste se torna inviável pois demanda tempo e deve ser aplicado para alunos diferentes dos que serão avaliados, por isso propomos a utilização da Taxonomia de Bloom para classificar os itens permitindo o professor elaborar um teste seguindo os requisitos necessários para uma boa análise por meio da TRI.

Capítulo 4

FERRAMENTAS UTILIZADAS NA AVALIAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

A avaliação é uma das etapas do processo ensino-aprendizagem mais complexas e que exige um maior esforço do professor, desde a elaboração no mecanismo que será utilizado para avaliar, passando pela aplicação e por fim a mensuração e análise de dados fornecidos através das respostas dos alunos.

Para tentar tornar todo o processo prático e possibilitar ao professor uma análise de dados mais precisa discutiremos neste capítulo sugestões de ferramentas que podem ser utilizadas para a aplicação de uma avaliação, processamento das respostas e análise dos resultados.

4.1 Elaboração e Aplicação do teste

A aplicação e correção dos testes são tarefas que demandam muito tempo do professor. Com o advento da tecnologia muitos aplicativos se propõem tornar esses processos mais rápidos e menos desgastantes para o professor, principalmente na correção. Já para o aluno a vantagem está na possibilidade de ter um retorno e o resultado imediatamente após o término do teste.

Dentre os aplicativos testados o escolhido foi o *Socrative*, possui duas versões, a do professor e a do aluno, ambas gratuitas e disponíveis para as plataformas *Android*, *IOS* e *Windows*, tanto no computador, online, por meio do seu endereço eletrônico (www.socrative.com.br), como em dispositivos móveis nas lojas de aplicativos de seus respectivos sistemas operacionais. Permite o professor elaborar o teste na própria plataforma como também é possível carregar o teste elaborado em uma plataforma diferente. O aluno pode responder o teste onde estiver através do celular, tablet ou computador, desde que possua acesso à internet.

Para que o professor faça uso da ferramenta é necessário que faça um cadastro ou use suas credenciais das redes sociais *Facebook* ou *Google+*, com o acesso ele terá uma

chave que terá que disponibilizar para o aluno, assim somente alunos que possuam esse código terão acesso às informações disponibilizadas por ele.

Ao elaborar o teste pela plataforma, o professor deixará registrado as respostas corretas para que o próprio sistema possa efetuar a correção.

Na aplicação do teste o professor pode optar em permitir que o aluno controle o tempo de resposta de cada item, ou o próprio professor fará esse controle. Também existe a possibilidade de optar por dar um retorno ao aluno imediatamente após responder cada item ou ao término do teste com os comentários feitos pelo professor para cada item.

Finalizado o teste o professor recebe um arquivo com o relatório completo das notas, respostas e acertos ou erros de cada questão referente a cada aluno.

Na elaboração do teste é importante que o professor fique atento às classificações dos itens utilizados para que o teste possua uma boa distribuição quanto ao grau de dificuldade como é uma necessidade para o uso da TRI.

O uso da ferramenta é opcional visto que o professor pode fazer uso dos meios tradicionais (papel e caneta) tanto para elaborar quanto para aplicar o teste, a ferramenta tem como propósito facilitar o processo de correção e “*feedback*”.

4.2 Processamento e análise dos dados

O método que será utilizado para identificar e diagnosticar as deficiências no aprendizado de cada aluno e nas metodologias adotadas para o ensino do conteúdo é a *Teoria de Resposta ao Item (TRI)* já explanada no Capítulo 2 deste trabalho. Visto que é um processo relativamente complexo por se tratar de uma metodologia estatística de análise de dados, faremos uso de duas ferramentas em conjunto para facilitar o processo e permitir que o professor tenha acesso às informações fornecidas pela TRI não sendo necessário o domínio no conhecimento das equações envolvidas o processo.

Uma das ferramentas supramencionadas é uma planilha eletrônica desenvolvida em *Excel* como parte do trabalho de conclusão deste curso de mestrado, que permite a mensuração da nota de cada aluno através da *Teoria Clássica de Medidas* e da TRI, efetuando também uma comparação entre os valores obtidos em cada método, permite ainda uma análise dos parâmetros pertinentes às questões como *discriminação*, *dificuldade* e *probabilidade de acerto ao acaso* e aos alunos como *proficiência* ou *habilidade*. Essas características são relevantes para a identificação de falhas tanto na metodologia adotada para a abordagem de um tema em sala de aula como também para diagnosticar deficiências no processo de aprendizagem do aluno possibilitando ao professor e a instituição de ensino traçar estratégias para reverter tais dificuldades ou falhas criadas durante os processos aplicados até o momento.

Para que a planilha forneça as informações para as devidas análises é necessário que os dados referentes às respostas dos alunos para seu teste sejam processados de acordo

com a TRI, assim este processo é efetuado num programa de computador denominado *PARAM*[17]. O *PARAM* permite a utilização de modelos matemáticos que fornecem um, dois ou três parâmetros da TRI; apenas a dificuldade; a dificuldade e o discriminante; ou a dificuldade, o discriminante e a probabilidade de acerto ao acaso; à escolha do professor. É possível também efetuar o processamento das respostas fornecendo manualmente um ou mais desses parâmetros.

O *PARAM* permite que o professor escolha uma entre oito opções de processamento no campo “*Calibrate*”:

1. Calibrar o θ com o três parâmetros e as respostas ao itens fornecidas pelo professor (ML3);
2. Calibrar o θ , a discriminação e a dificuldade com o parâmetro acerto ao acaso e as respostas ao itens fornecidas pelo professor (ML3);
3. Calibrar o θ e o três parâmetros com as respostas ao itens fornecidas pelo professor (ML3);
4. Calibrar o θ e o parâmetro dificuldade com as respostas ao itens fornecidas pelo professor (ML1);
5. Calibrar os três parâmetros dos itens com o θ e as respostas ao itens fornecidas pelo professor (ML3);
6. Calibrar o θ com o parâmetro dificuldade e as respostas ao itens fornecidas pelo professor (ML1);
7. Calibrar os parâmetros discriminação e dificuldade com o θ , o parâmetro acerto ao acaso e as respostas ao itens fornecidas pelo professor (ML3);
8. Calibrar o parâmetro dificuldade com o θ e as respostas ao itens fornecidas pelo professor (ML1);

Caso o professor prefira usar o ML2 basta que escolha uma das opções de ML3 em que possa fornecer o parâmetro de acerto ao acaso e adote o valor 0 para o mesmo.

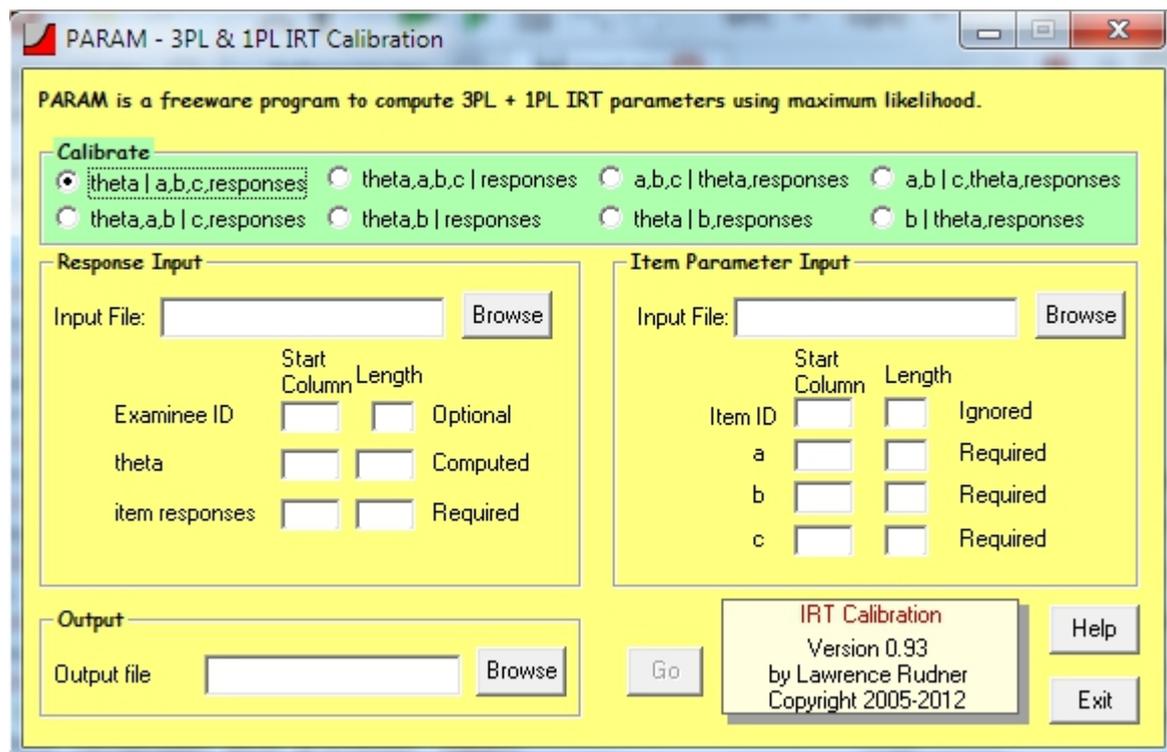


Figura 4.1: *Software PARAM* usado para calibração de parâmetros dos itens e habilidade dos alunos por meio da TRI.

Todo o processo de utilização da planilha e do PARAM estão detalhados no *Manual de Avaliação de Física usando TRI* disponível na página oficial do MNPEF pólo UFERSA, ou pode ser solicitado através do endereço eletrônico do desenvolvedor: geovanefisico@gmail.com.

Capítulo 5

ANÁLISE DE UM TESTE DE FÍSICA COMPARANDO A TCT COM TRI.

Neste capítulo será analisado um teste de Física com uma amostra de 112 estudantes, e com 12 itens de múltipla escolha, ou seja, com alternativas e uma única resposta correta.

5.1 Estrutura do teste

Os conteúdos avaliados foram movimento uniforme e uniformemente variado, movimento circular uniforme e as três Leis de Newton em três turmas de um mesmo professor num total de 112 alunos por meio de um teste de 12 itens com cinco alternativas cada uma com apenas uma resposta correta. Os itens não foram pré testados e, na ocasião, não foi utilizada a Taxonomia de Bloom para elaboração do teste. Portanto foi utilizada somente a experiência do professor para a escolha dos itens quanto à distribuição de níveis.

Os resultados desse teste foram utilizados para a comparação entre os resultados obtidos na análise pela TCT e os obtidos pela TRI, publicado no Encontro de Pesquisa em Ensino de Física de 2014 [19].

5.2 Resultados

O gráfico mostra uma comparação entre os resultados obtidos pela TCT e pela TRI. Utilizamos como valor da média $\mu = 3,93$ somente para ser possível a comparação entre o resultado clássico e o obtido por meio da TRI. Acreditamos que o ideal seria utilizar uma média igual a 5,0. Para o desvio padrão escolhemos $\sigma = 1,72$ no sentido de obter o resultado mais coerente com o modelo e as restrições adotadas. A média refere-se ao centro da distribuição e o desvio padrão ao espalhamento (ou achatamento) da curva. Vale ressaltar que a média e o desvio padrão são valores que devem descrever uma distribuição normal, permitindo assim determinar qualquer probabilidade nesse tipo de distribuição.

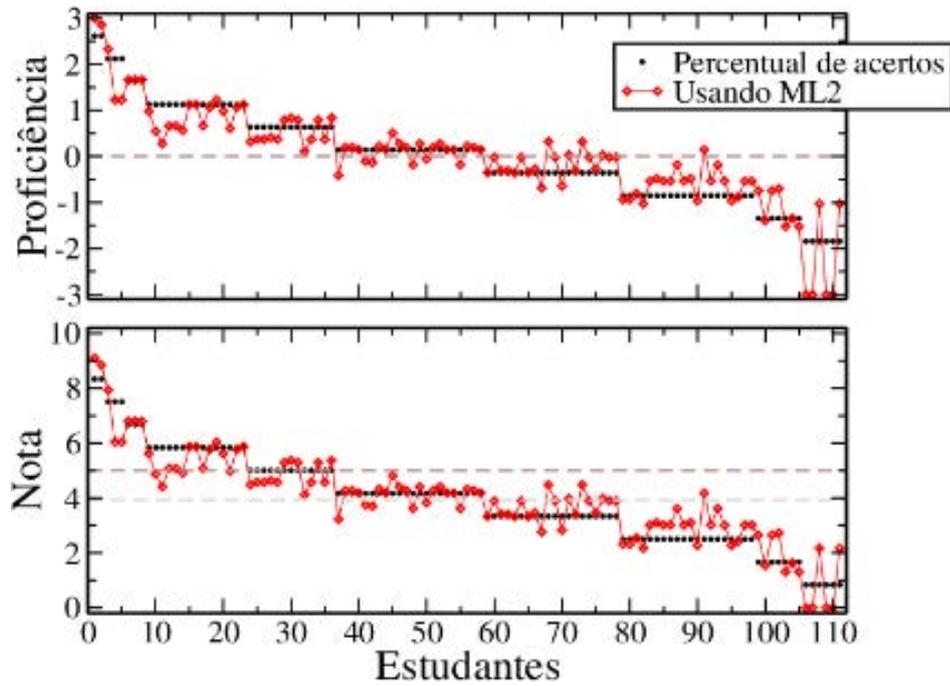


Figura 5.1: Gráficos da proficiência (na escala de -3,0 a 3,0) e da nota na escala padrão de zero a 10. Os pontos circulares representam o percentual de acerto convertido em nota (gráfico abaixo) e na escala da proficiência (gráfico acima) e os losangos representam os desempenhos dos estudantes no ML2.

No mesmo artigo [19] relatamos também através de um histograma o comportamento das habilidades obtidas pelos estudantes utilizando as duas técnicas.

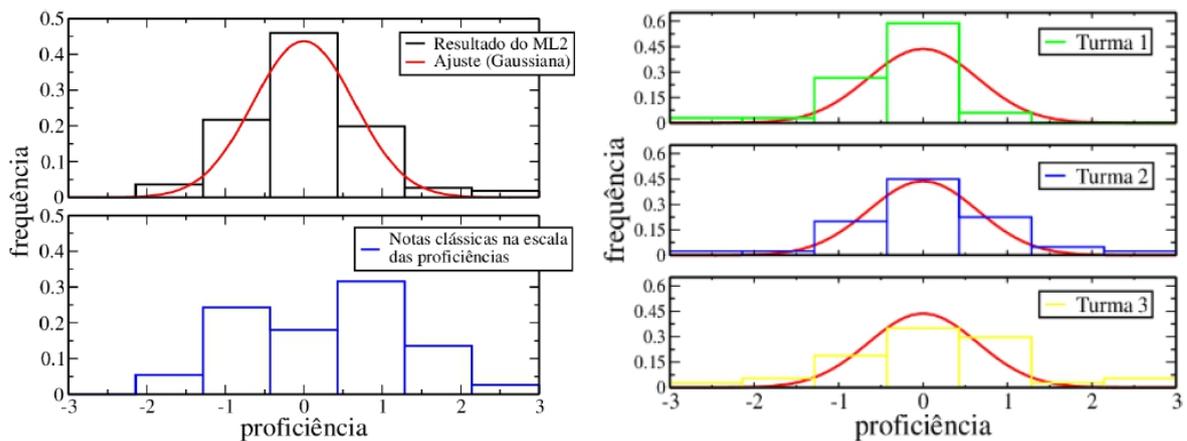


Figura 5.2: Histogramas dos desempenhos das três turmas, à esquerda juntas e à direita separadas.

Para que possamos fazer uma análise de uma distribuição de valores devemos definir a forma esperada para o histograma. A forma da distribuição é importante para uma

testagem psicológica pois permite a identificação de fatores que provocaram um possível desvio da forma esperada e a distribuição normal ou gaussiana é a mais utilizada para frequência de habilidades ou notas de avaliação por se tratar de dados aleatórios e espera-se que quanto maior a amostra mais próxima da curvatura normal seja a distribuição analisada.

Note que no histograma inferior, que mostra o desempenho dos alunos pela TCT, não obedece uma distribuição gaussiana (linha contínua), este fato dificulta uma análise mais precisa a respeito do desempenho de cada turma e também a comparação de cada estudante com o resultado geral na avaliação pois é válido ressaltar que esse tipo de distribuição é esperado quando trabalhamos com dados aleatórios como é o caso da frequência das notas ou habilidades de um grupo de alunos pois é esperado que menos alunos tenham habilidades muito altas ou muito baixas e que essa frequência aumente para habilidades intermediárias tendo seu valor máximo para a habilidade 0 (geralmente é o valor central de um intervalo de habilidades), sendo assim uma grande vantagem a utilização da TRI diante da TCT.

Podemos utilizar os histogramas das turmas separadas para identificar a com melhor desempenho e a que possui maior deficiência, contribuindo com o professor a traçar estratégias para um possível aprofundamento do conteúdo ou até um resgate de alunos que estejam demonstrando um baixo rendimento.

Faremos agora uma análise de dificuldade e discriminação dos itens utilizados no teste por meio da TRI por meio de uma tabela que consta os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso e usando gráficos que foram obtidos pela função habilidade, já apresentada no capítulo 02, tanto para o (c) calibrado pela TRI como determinando seu valor de $c = 0,200$ já que se tratam de itens de múltipla escolha com apenas uma resposta correta dando assim uma probabilidade de 20% de chance de acerto ao acaso para que possamos verificar a significância do tamanho da amostra na calibração deste parâmetro.

- Item 01

Tabela 5.1: Classificação do item 01 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	0,436	-0,012	0,200	<i>Média</i>
Calibrando o “c”	2,000	0,556	0,169	<i>Média</i>

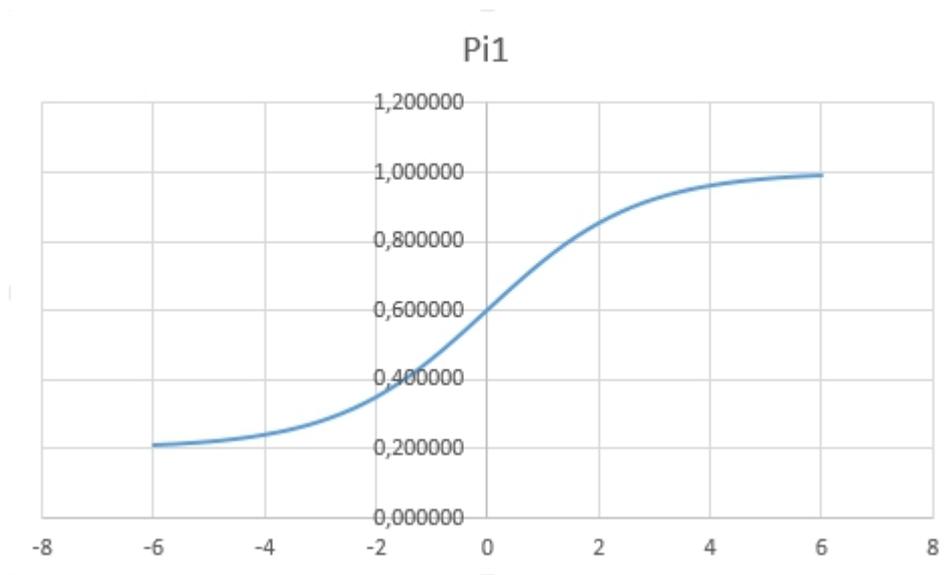


Figura 5.3: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 01 informando o valor $c = 0,200$.

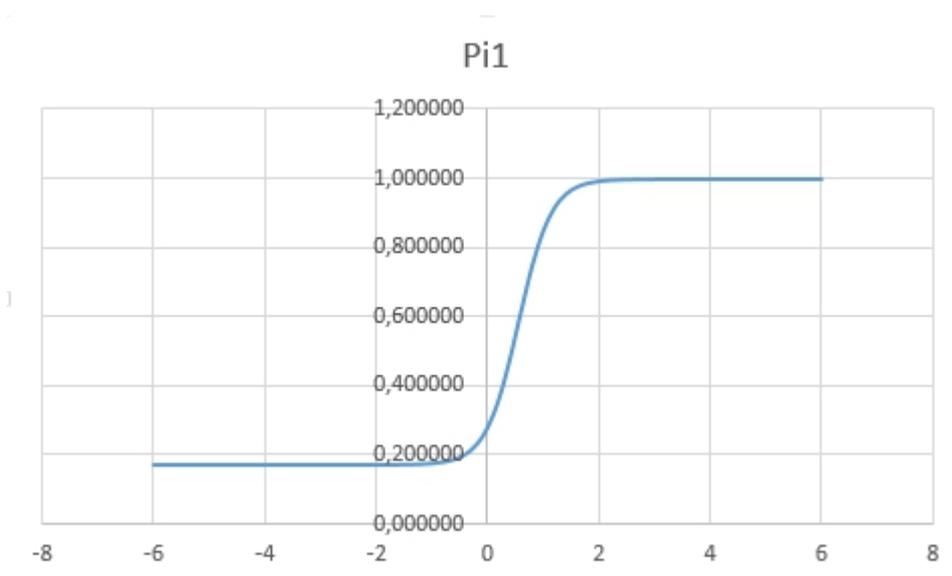


Figura 5.4: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 01 calculando o valor para (c) .

• Item 02

Tabela 5.2: Classificação do item 02 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	0,184	3,963	0,200	<i>Muito Difícil</i>
Calibrando o “c”	2,000	2,470	0,190	<i>Difícil</i>

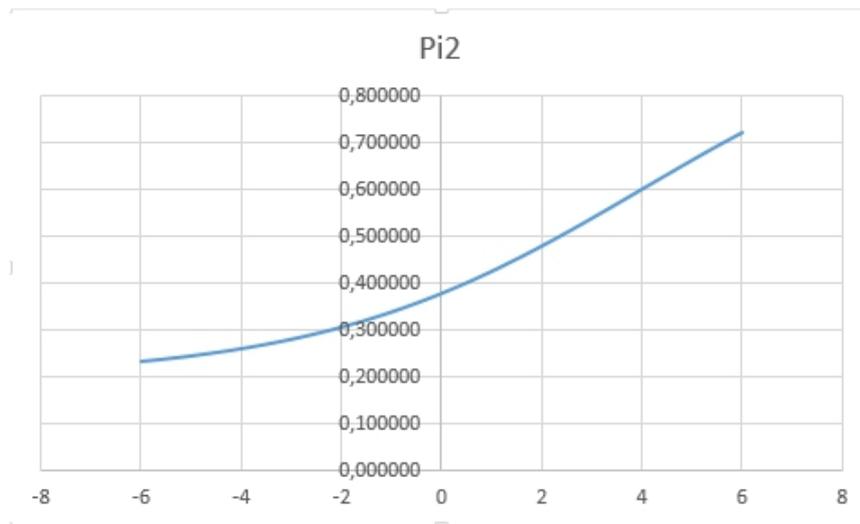


Figura 5.5: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 02 informando o valor $c = 0,200$.

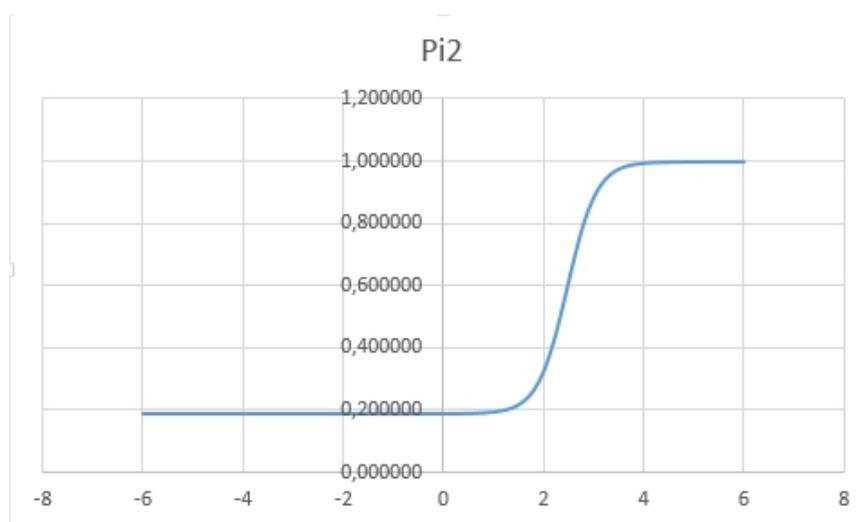


Figura 5.6: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 02 calculando o valor para (c).

• Item 03

Tabela 5.3: Classificação do item 03 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	0,407	-1,894	0,200	Fácil
Calibrando o “c”	0,368	-1,722	0,000	Fácil

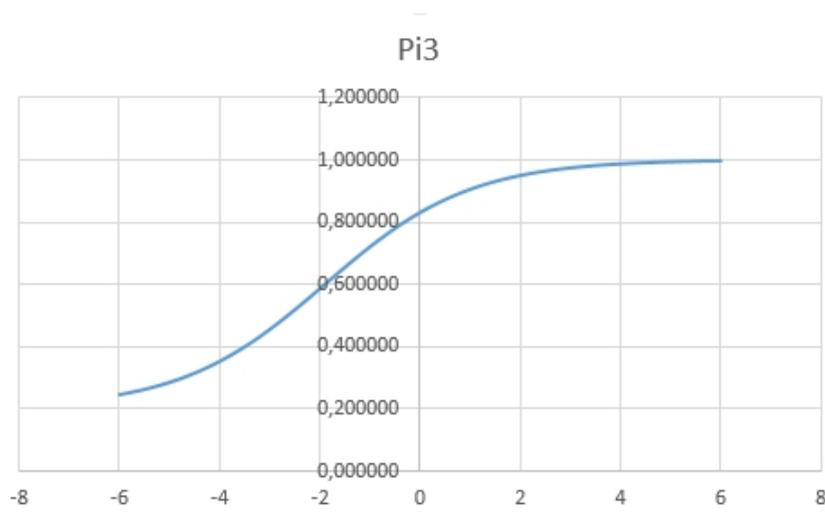


Figura 5.7: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 03 informando o valor $c = 0,200$.

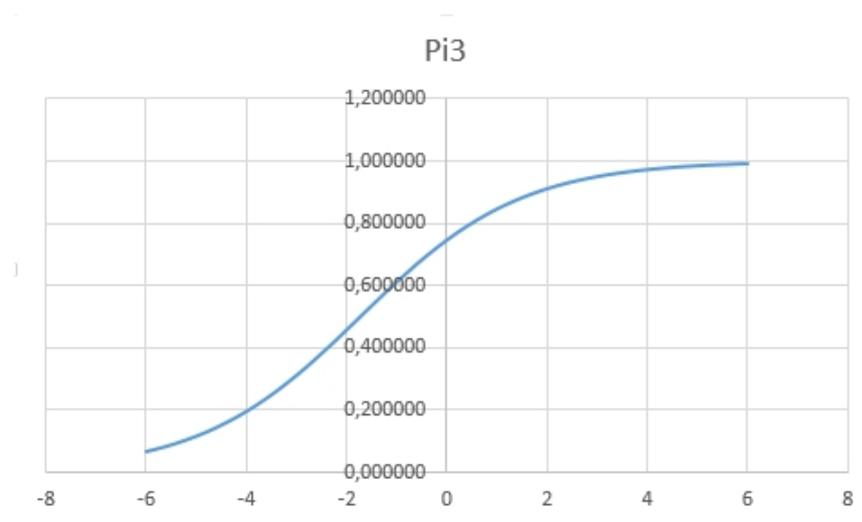


Figura 5.8: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 03 calculando o valor para (c).

• Item 04

Tabela 5.4: Classificação do item 04 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	0,583	0,310	0,200	Média
Calibrando o “c”	2,000	0,598	0,087	Média

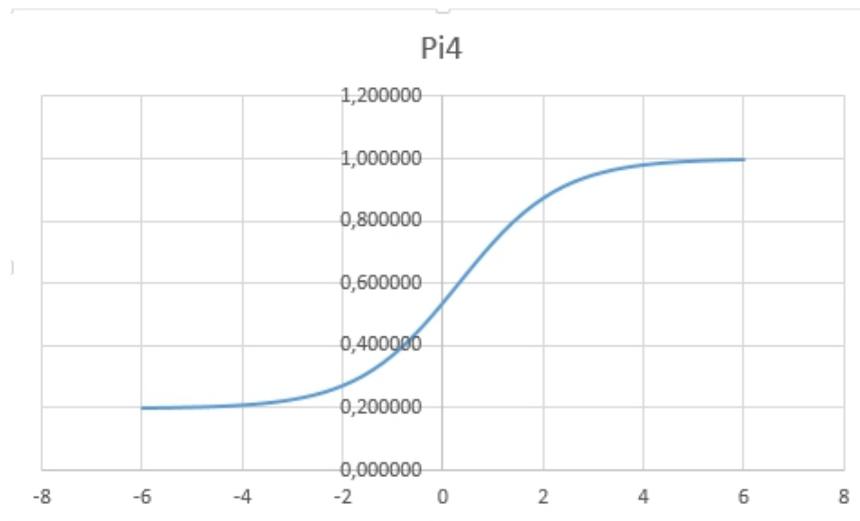


Figura 5.9: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 04 informando o valor $c = 0,200$.

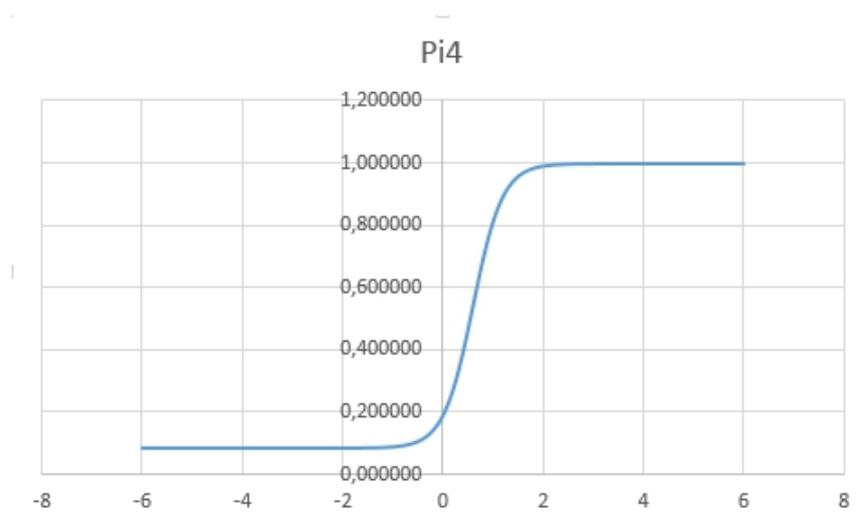


Figura 5.10: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 04 calculando o valor para (c).

• Item 05

Tabela 5.5: Classificação do item 05 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	1,039	-0,857	0,200	Média
Calibrando o “c”	2,000	-0,080	0,097	Média

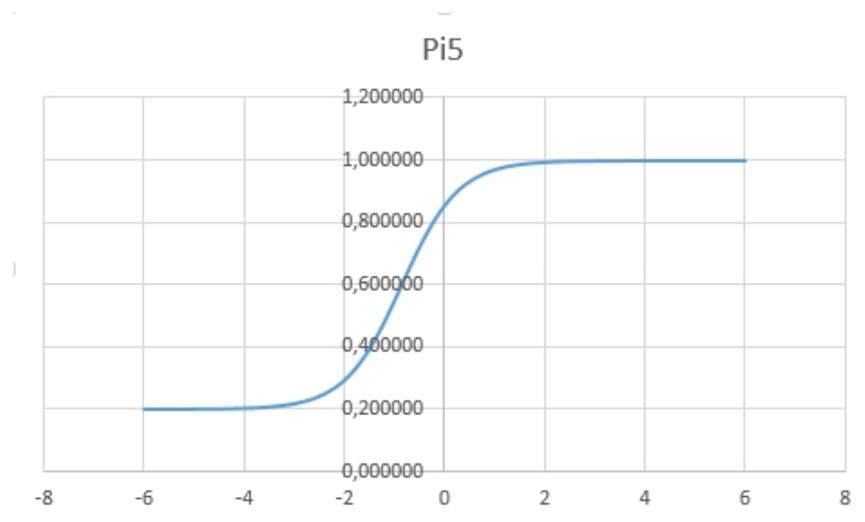


Figura 5.11: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 05 informando o valor $c = 0,200$.

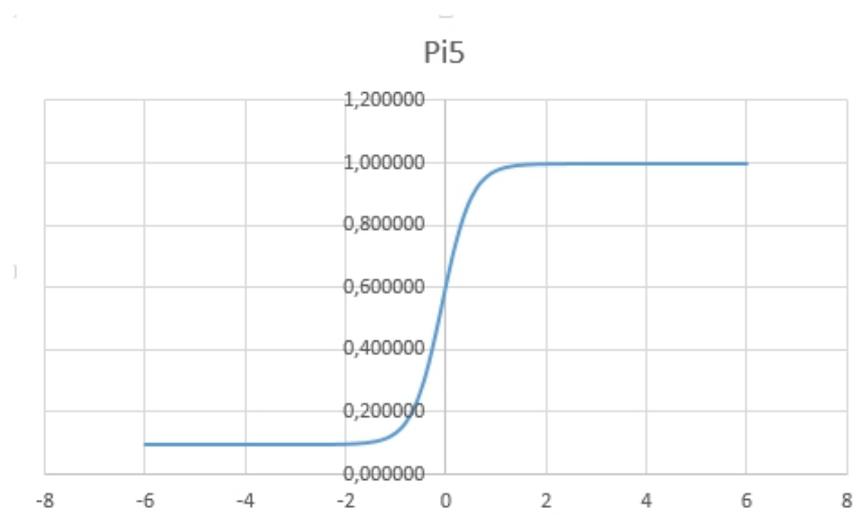


Figura 5.12: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 05 calculando o valor para (c).

• Item 06

Tabela 5.6: Classificação do item 06 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	0,179	0,081	0,200	<i>Média</i>
Calibrando o “c”	2,000	1,014	0,357	<i>Difícil</i>

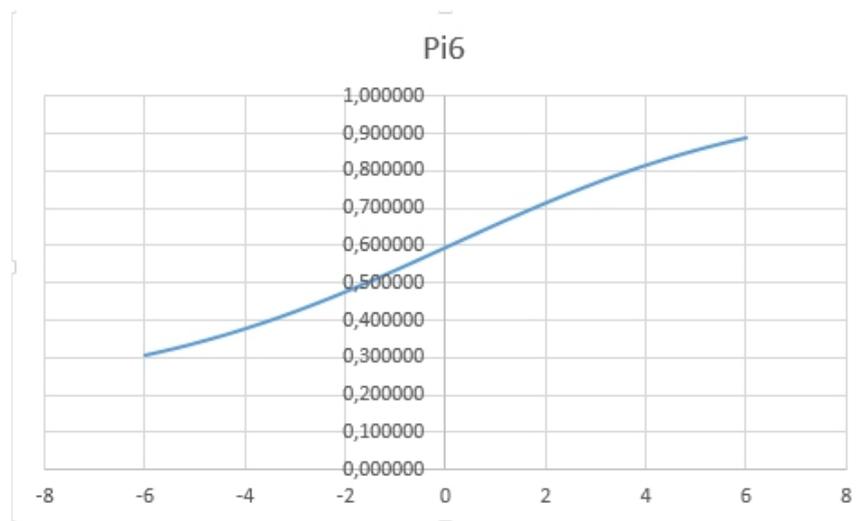


Figura 5.13: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 06 informando o valor $c = 0,200$.

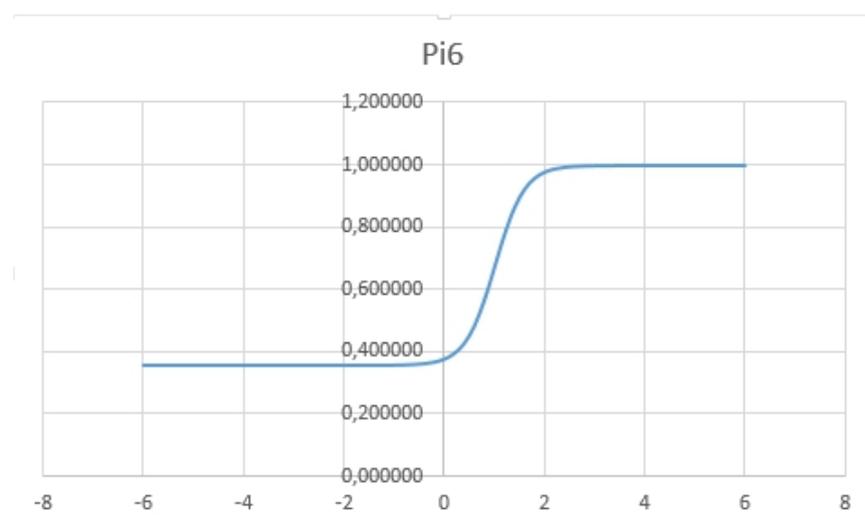


Figura 5.14: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 06 calculando o valor para (c).

• Item 07

Tabela 5.7: Classificação do item 07 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	0,130	3,923	0,200	<i>Muito Difícil</i>
Calibrando o “c”	0,720	2,241	0,205	<i>Difícil</i>

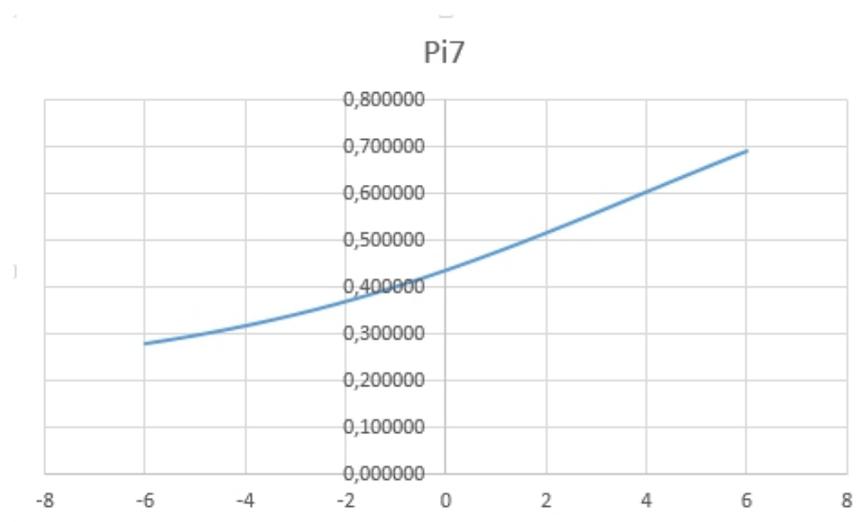


Figura 5.15: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 07 informando o valor $c = 0,200$.

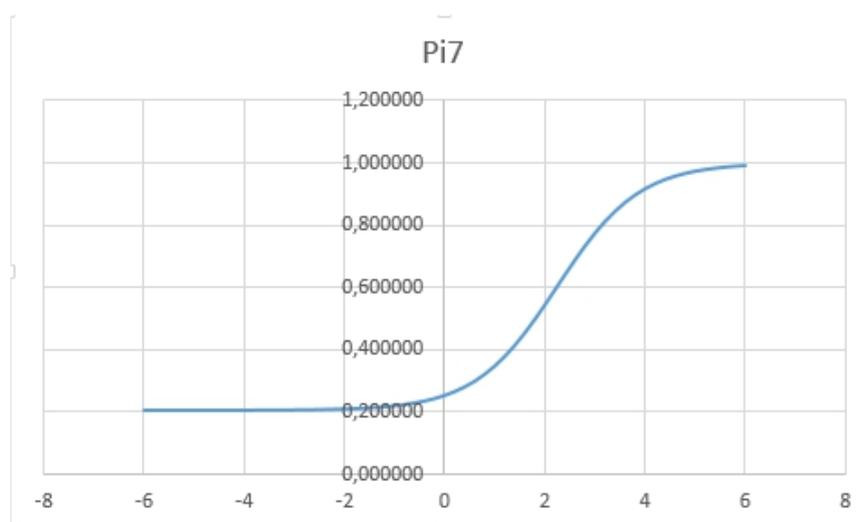


Figura 5.16: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 07 calculando o valor para (c).

• Item 08

Tabela 5.8: Classificação do item 08 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	0,430	0,902	0,200	<i>Média</i>
Calibrando o “c”	0,429	1,165	0,000	<i>Difícil</i>

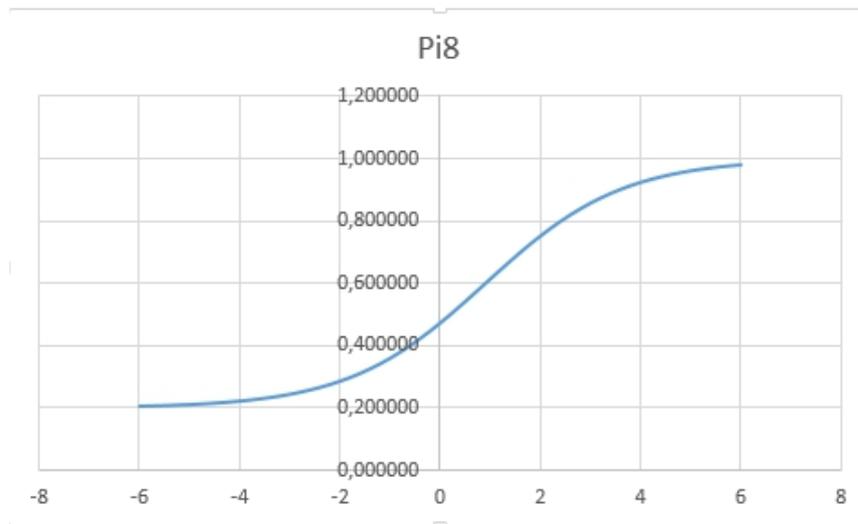


Figura 5.17: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 08 informando o valor $c = 0,200$.

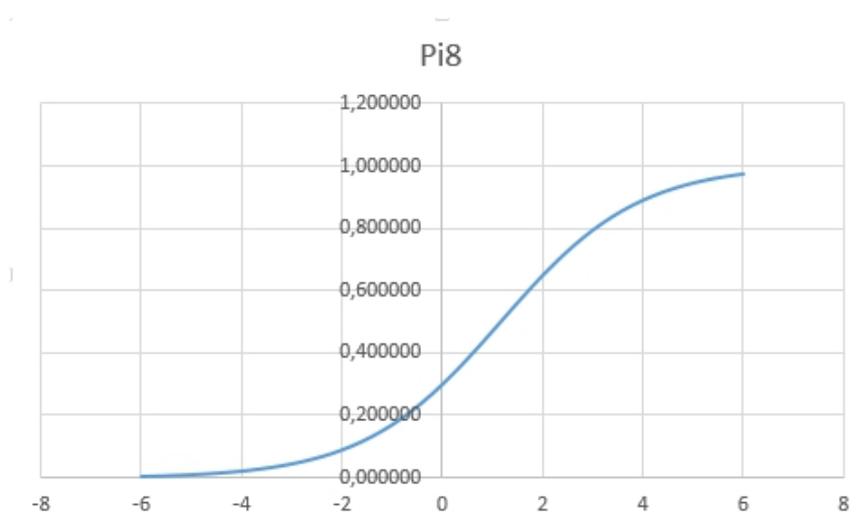


Figura 5.18: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 08 calculando o valor para (c).

• Item 09

Tabela 5.9: Classificação do item 09 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	1,091	-1,361	0,200	Fácil
Calibrando o “c”	0,782	-1,065	0,000	Fácil

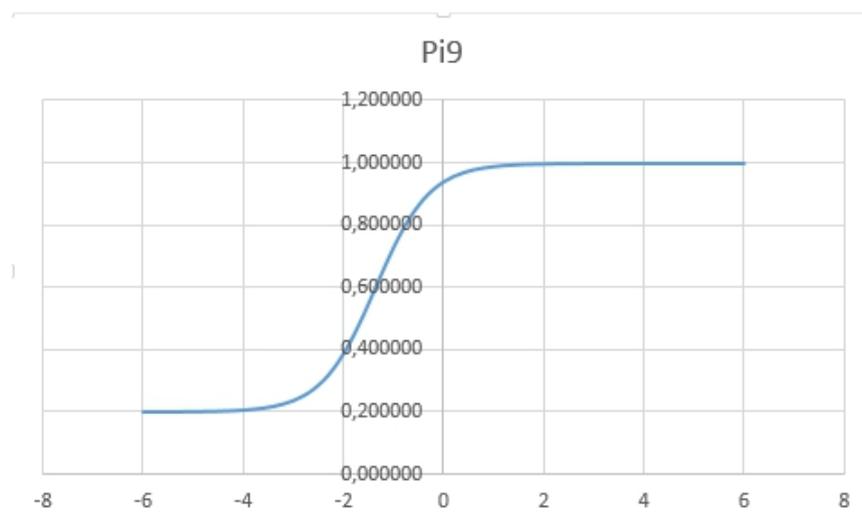


Figura 5.19: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 09 informando o valor $c = 0,200$.

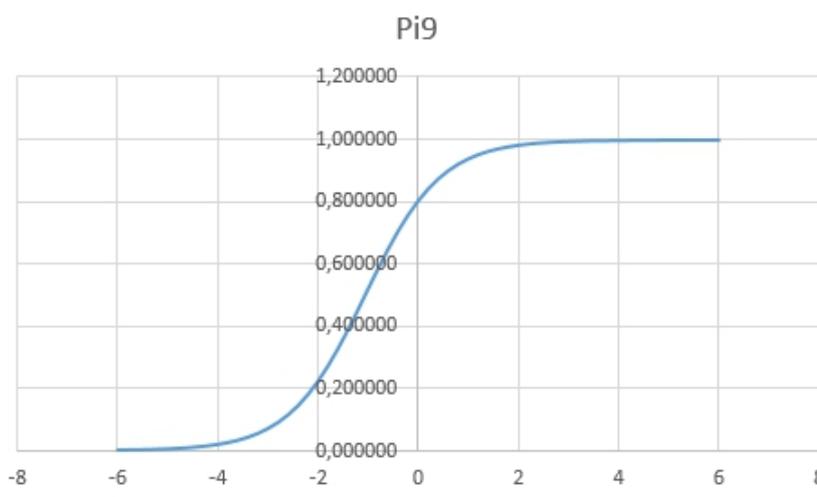


Figura 5.20: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 09 calculando o valor para (c).

• Item 10

Tabela 5.10: Classificação do item 10 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	0,282	5,000	0,200	<i>Muito Difícil</i>
Calibrando o “c”	2,000	5,000	0,054	<i>Muito Difícil</i>

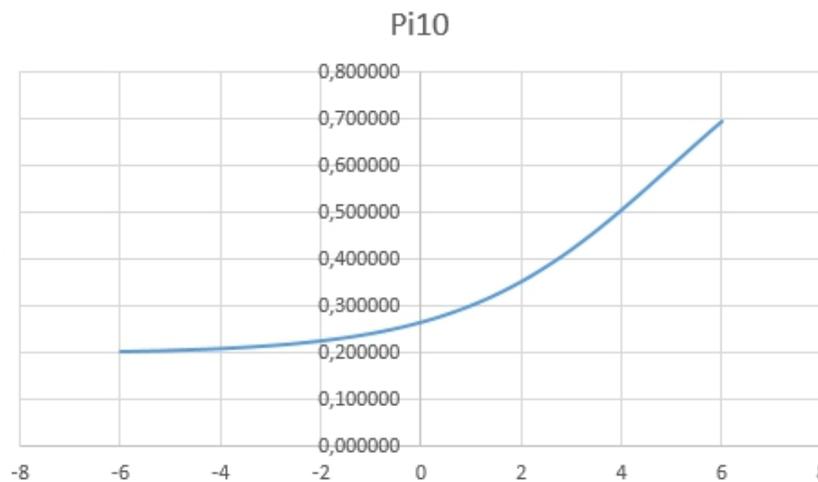


Figura 5.21: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 10 informando o valor $c = 0,200$.

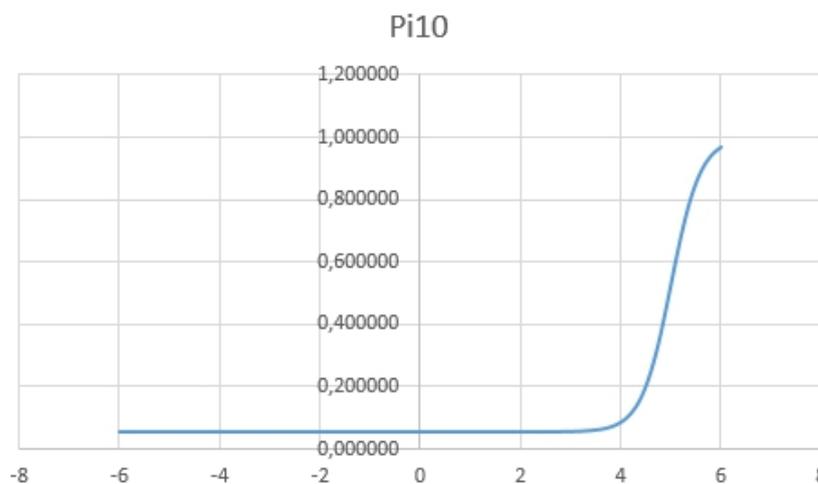


Figura 5.22: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 10 calculando o valor para (c) .

• Item 11

Tabela 5.11: Classificação do item 11 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	0,075	2,605	0,200	<i>Difícil</i>
Calibrando o “c”	2,000	2,036	0,383	<i>Difícil</i>

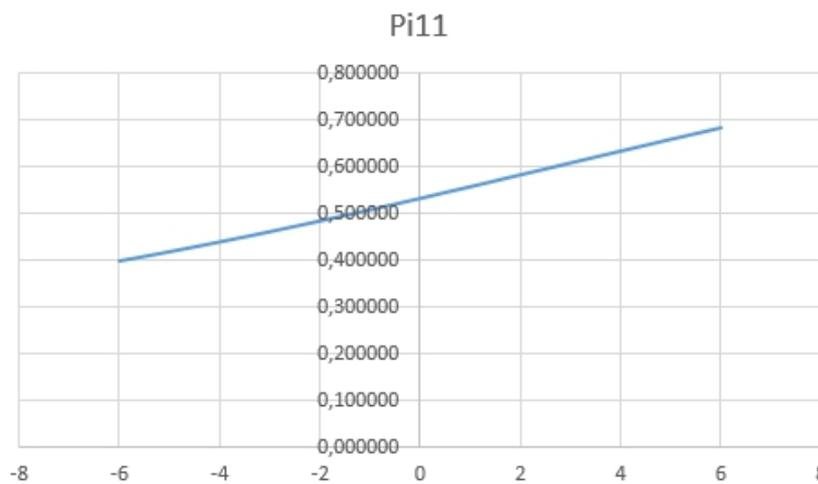


Figura 5.23: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 11 informando o valor $c = 0,200$.

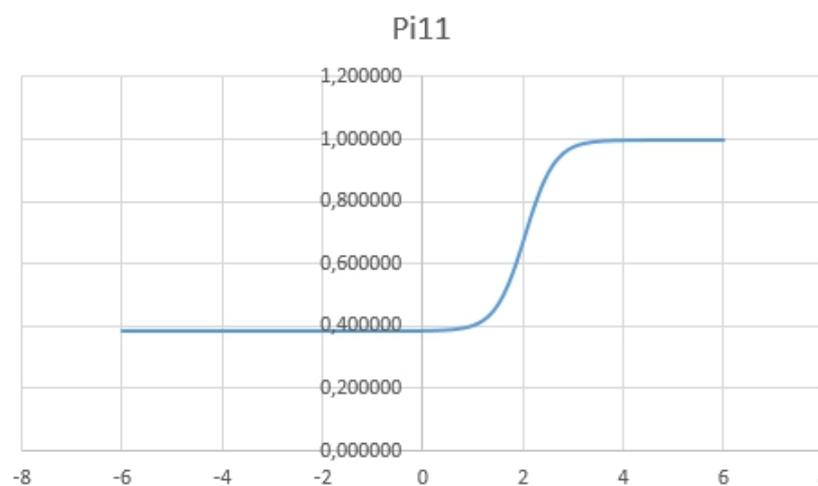


Figura 5.24: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 11 calculando o valor para (c).

• Item 12

Tabela 5.12: Classificação do item 12 de acordo com os parâmetros (a) discriminante, (b) dificuldade e (c) probabilidade de acerto ao acaso encontrados com a TRI.

Análise	(a)	(b)	(c)	Classificação do item
Informando o “c”	0,331	1,301	0,200	<i>Difícil</i>
Calibrando o “c”	2,000	0,935	0,134	<i>Média</i>

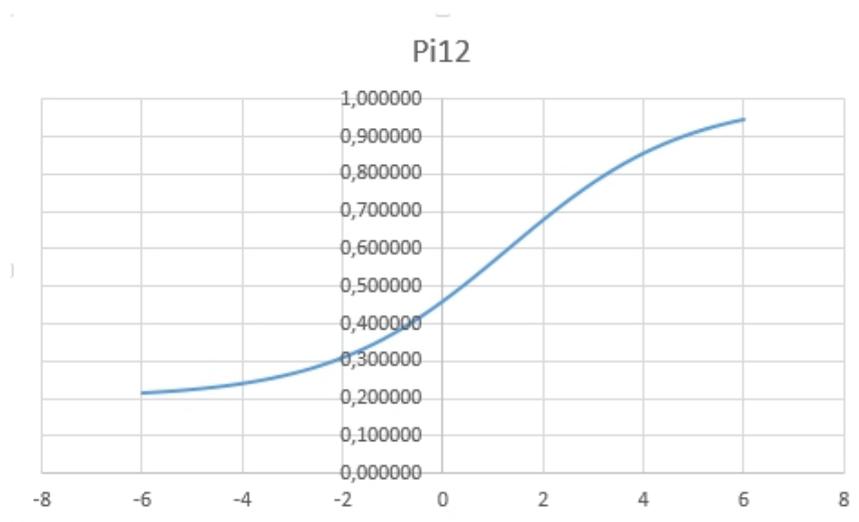


Figura 5.25: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 12 informando o valor $c = 0,200$.

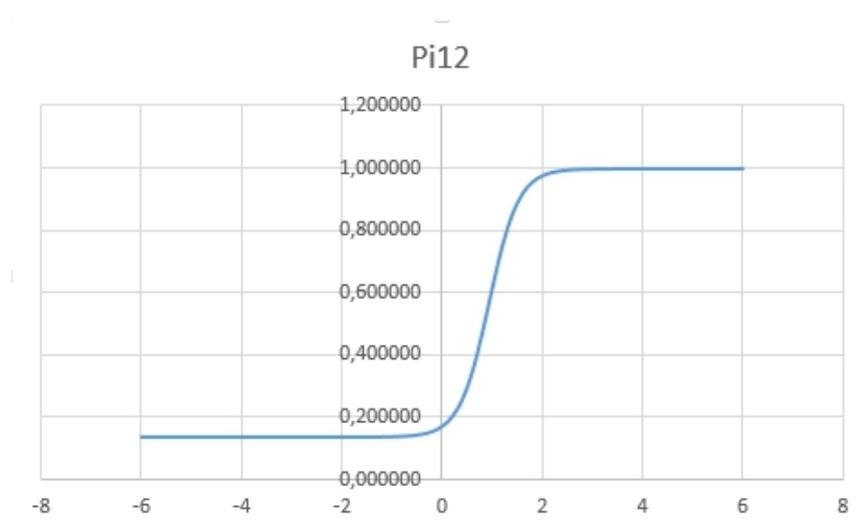


Figura 5.26: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 12 calculando o valor para (c) .

Podemos observar que nos itens 01, 03, 04, 05, 09, 10 e 11 apresentaram mesma classificação de nível de dificuldade mesmo em alguns casos tendo divergência nos outros parâmetros, já nos itens 02, 06, 07, 08 e 12 apresentaram classificações diferentes mas sempre vizinhas, ou seja, não houve uma discrepância muito grande nos casos em que a classificação não coincidiu.

Para diminuirmos ou até eliminarmos as divergências quanto à classificação dos itens se faz necessário a utilização de um processo mais confiável que o uso da experiência do elaborador, a TRI propõe que os itens sejam pré testados para que assim possam ser classificados, mas pela dificuldade no processo logístico da aplicação do pré teste utilizaremos neste trabalho a classificação por meio da Taxonomia de Bloom como veremos numa aplicação no próximo capítulo.

Capítulo 6

UMA APLICAÇÃO PARA O “MANUAL DE AVALIAÇÃO DE FÍSICA USANDO TRI”

Neste capítulo faremos uma análise completa de uma avaliação de Física aplicada à uma turma alunos de nível técnico. Discutiremos os parâmetros encontrados para cada item, o nível de dificuldade da avaliação bom como para os itens individualmente, a metodologia utilizada para a elaboração da avaliação, as falhas encontradas no processo de aprendizagem assim como as deficiências de cada aluno baseado nas habilidades da matriz de referência do ENEM (ver Apêndice A) [2].

6.1 Estrutura do teste

A Teoria de Resposta ao Item prega que uma avaliação deve ser bem balanceada quanto ao nível dos itens que a compõe, para isso deve contemplar cerca de 30% de itens considerados fáceis, 40% de itens médios e 30% itens difíceis, para a classificação desses itens a TRI propõe que os itens sejam pré-testados, portanto, aplicados previamente para que assim possam ser devidamente classificados. Para que o professor da educação básica possa pré-testar todos os itens que pretende utilizar em suas avaliações durante o ano letivo tornaria o processo inviável, no entanto utilizaremos as teorias encontradas nas Taxonomias de Bloom já abordadas neste trabalho para fundamentar a classificação de cada item.

A Taxonomia de Bloom nos dará o embasamento para que possamos classificar os itens como fácil, médio ou difícil e assim elaborar um teste que seja equilibrado e portanto adequado para uma análise de deficiências no aprendizado ou na metodologia adotada para ensinar o conteúdo proposto.

Assim, como já foi abordado no Capítulo 3 deste trabalho, o Domínio Cognitivo da Taxonomia de Bloom pode ser abordado em duas dimensões. Abaixo retomaremos cada nível das dimensões, já aplicando ao conhecimento do conteúdo abordado no teste (O conteúdo pode ser revisado no Apêndice B).

- **Dimensão Conhecimento:** Usa o aspecto SUBSTANTIVO.
 - **Conhecimento Factual:** Envolve a memorização de conceitos, nomenclaturas, teorias e fenômenos físicos. Ex.: Classificar um movimento em *Progressivo*, *Retrógrado*, *Acelerado* ou *Retardado*.
 - **Conhecimento Conceitual:** Está relacionado à aplicação do conteúdo em uma situação contextualizada. Ex.: Calcular a desaceleração mínima que deve ser imposta ao carro a partir de uma certa distância até parar diante de um semáforo com a luz vermelha acesa.

- **Dimensão Aspecto Cognitivo:** Usa o aspecto VERBO.
 - **Lembrar:** Recuperar fórmulas e conceitos como ponto material, referencial, movimento x repouso, posição, deslocamento, velocidade média e velocidade instantânea, aceleração média e aceleração instantânea e tipos de movimento, além de reconhecer a forma da trajetória de uma partícula.
 - **Entender:** Entender e interpretar situações problema que possam existir nos enunciados. A interpretação não se restringe à interpretação textual, mas também na compreensão do problema de física, lembrança dos conceitos e leis físicas envolvidos.
 - **Aplicar:** Uma vez entendido o problema, o estudante deve lembrar das equações/conceitos envolvidos, computar valores de grandezas físicas, manipulá-las, utilizando álgebra em problemas que envolvem cálculos. Em problemas que exigem apenas aplicação de um conceito, o estudante precisa, classificar/selecionar situações ou grandezas, para demonstrar e resolver problemas ou questionamentos propostos.
 - **Analisar:** Distinguir e classificar os diversos tipos de movimento com suas respectivas representações gráficas, bem como suas respectivas equações horárias. Analisar gráficos e formular equações a partir dos mesmos. Associar estruturas de uma declaração à equações matemáticas que permitem a resolução de problemas, como por exemplo, igualar as equações horárias do movimento de duas partículas ao enunciado que afirma que as mesmas possuem a mesma posição; ou ligar a mudança do sentido do movimento ao fato da velocidade ser nula, dentre outras situações. Desenvolver hipóteses para a formulação do problema que possam resultar em conclusões pertinentes à resolução do problema.

Os níveis da Taxonomia são de exigência acumulativa, portanto, para o aluno **Entender** precisa **Lembrar**, para o aluno **Aplicar** precisa **Entender** e **Lembrar** e para o aluno **Analisar** precisa **Aplicar**, **Entender** e **Lembrar**, fazendo com que quanto mais

abaixo na hierarquia for o nível ao qual a questão for classificada maior seu grau de dificuldade.

A Taxonomia é formada por 4 níveis de Dimensão Conhecimento e 6 níveis de Dimensão Aspecto Cognitivo, porém os níveis 3 (Procedural) e 4 (Metacognitivo) da primeira e os níveis 5 (Síntese) e 6 (Avaliação) da segunda não podem ser aplicados em itens (questões) cobrados à nível básico de ensino por exigir um conhecimento não trabalho na educação básica e nem cobrado pelo ENEM.

Para a análise e comparação das classificações dos itens feitas através da Taxonomia de Bloom e dos parâmetros obtidos pela TRI aplicamos uma avaliação com o tema “Cinemática Escalar e Movimentos Unidimensionais”, composta por 17 itens sendo 08 de respostas objetivas e 09 discursivas e foi aplicada a uma turma com 37 alunos do primeiro semestre do curso de Licenciatura em Física do Campus de Acaraú do Instituto Federal do Ceará para a disciplina de Física Geral I.

É importante destacar que a TRI postula que a distribuição de estudantes de acordo com o nível de habilidade tem a forma de uma gaussiana com a escala do nível de habilidade definida para ter média zero e desvio padrão unitário. A curva nos mostra também que, por exemplo, aproximadamente 34% dos indivíduos possuem habilidade entre 0,0 e 1,0, bem como 68% possuem habilidades entre $-1,0$ e $1,0$. Isso pode ser verificado integrando a curva acima de $-4,0$ a $4,0$, onde encontraremos um valor muito próximo de $1,0$, e integrando de $0,0$ a $1,0$ encontramos aproximadamente $0,34$. Portanto, é uma propriedade de distribuições que seguem uma curva gaussiana que para saber o percentual de indivíduos por intervalo de habilidades devemos apenas integrar no intervalo desejado. O desvio padrão é uma informação importante de ser obtida pois indica a média do quanto cada habilidade de afastou da habilidade média.

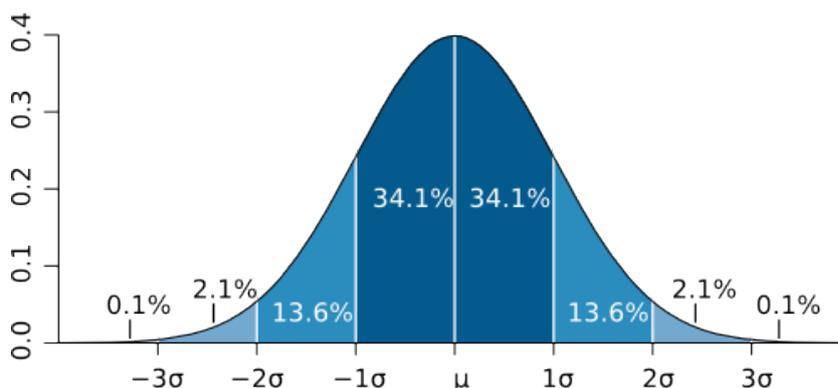


Figura 6.1: "Standard deviation diagram" por Mwtoews - Obra do próprio, based (in concept) on figure by Jeremy Kemp, on 2005-02-09. Licenciado sob CC BY 2.5, via Wikimedia Commons

Tendo em vista a análise sobre esse postulado da TRI, vamos definir que indi-

víduos com habilidade mediana possuem habilidade entre $-0,5$ a $0,5$. Indivíduos com baixo nível de proficiência, possuem habilidades entre $-1,5$ e $-0,5$ assim com estudantes com alto nível de habilidade possuem habilidades entre $0,5$ e $1,5$. Os extremos, ou seja, indivíduos que possuem habilidade abaixo de $-1,5$ ou habilidade acima de $1,5$, tem habilidade muito baixa ou muito alta, respectivamente. Portanto, classificamos os indivíduos em 5 níveis de habilidades e, como as dificuldades dos itens estão na mesma escala das habilidades dos indivíduos, dividiremos os níveis em 5 graus a saber: *muito fácil* ($b < -1,5$), *fácil* ($-1,5 < b < -0,5$), *média* ($-0,5 < b < 0,5$), *difícil* ($0,5 < b < 1,5$) e *muito difícil* ($b > 1,5$). Em questões muito fáceis/difíceis, aproximadamente 6,7% dos indivíduos erram/acertam. Itens fáceis (difíceis) quase 70% da turma acerta (erra) em nossa definição e também com base no postulado da TRI para a distribuição gaussiana para as habilidades.

No que diz respeito à discriminação do item, consideramos itens bons aqueles com discriminação entre $0,5$ e $1,5$. Itens com baixa discriminação (abaixo de $0,5$) não contribuem muito para a definição da habilidade do individuo. Por outro lado, discriminações acima de $1,5$ podem causar distorções no cálculo da habilidade [1] pois para pequenas diferenças de habilidades elas indicam grandes diferenças na probabilidade de acerto ao item, ou seja, alunos com valores de habilidades próximas à dificuldade do item possuem probabilidades bem distintas de responderem o item corretamente.

Tabela 6.1: Tabela de classificação da habilidade do aluno e da dificuldade do item pela TRI e pela Taxonomia de Bloom.

Nível de	$\theta < -1,5$	$-1,5 < \theta < -0,5$	$-0,5 < \theta < 0,5$	$0,5 < \theta < 1,5$	$\theta > 1,5$
Habilidade do ALuno	<i>Muito Baixo</i>	<i>Baixo</i>	<i>Médio</i>	<i>Alto</i>	<i>Muito Alto</i>
Dificuldade do Item	<i>Muito Fácil</i>	<i>Fácil</i>	<i>Médio</i>	<i>Difícil</i>	<i>Muito Difícil</i>
Taxonomia de Bloom	<i>Nível 1 Domínio A</i>	<i>Nível 1 Domínio B</i>	<i>Níveis 2 e 3 Domínios A e B</i>	<i>Nível 4 Domínio A</i>	<i>Nível 4 Domínio B</i>

A correspondência na tabela acima foi feita com base no postulado da TRI e com as descrições da Taxonomia de Bloom. No entanto, ela só serve como parâmetro de avaliação, ou melhor, como uma referência para um diagnóstico mais avançado de um processo de avaliação da aprendizagem.

6.2 Processo de análise do teste

Para classificar o nível de dificuldade dos itens primeiramente foi usada a Taxonomia de Bloom e após sua aplicação de acordo com os parâmetros da TRI. Com relação à TRI, foram feitas duas análises, uma informando o parâmetro de probabilidade de acerto ao acaso de 20%, portanto, 0,2 para os itens de múltipla escolha e 0,0 para os dissertativos, a outra fazendo com que o programa *PARAM* calibrasse este parâmetro. O *PARAM* utiliza o método de *Newton-Raphson* para a determinação dos parâmetros.

Todos os itens do teste estão ligadas à Competência de Área 6, habilidade H20 - *Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes* de acordo com a Matriz de Referência do ENEM(Ver Apêndice A) [2].

Analisamos usando Taxonomia de Bloom e por meio da Teoria da Resposta ao Item com o objetivo de comparar os resultados.

6.2.1 O Teste

- **Item 01**

Imagine um ônibus escolar parado no ponto de ônibus e um aluno sentado em uma de suas poltronas. Quando o ônibus entra em movimento, sua posição no espaço se modifica: ele se afasta do ponto de ônibus. Dada esta situação, podemos afirmar que a conclusão ERRADA é que:

- a) o aluno que está sentado na poltrona, acompanha o ônibus, portanto também se afasta do ponto de ônibus.*
- b) podemos dizer que um corpo está em movimento em relação a um referencial quando a sua posição muda em relação a esse referencial.*
- c) o aluno está parado em relação ao ônibus e em movimento em relação ao ponto de ônibus.*
- d) neste exemplo, o referencial adotado é o ônibus.*
- e) para dizer se um corpo está parado ou em movimento, precisamos relacioná-lo a um ponto ou a um conjunto de pontos de referência.*

Análise:

Taxonomia de Bloom

Neste item o estudante precisa apenas *Lembrar* que o movimento depende do referencial e envolve o Conhecimento Factual, portanto é classificada como *Muito Fácil*. Na questão temos instrução, enunciado da situação problema e alternativas. Não temos suportes.

Tabela 6.2: Classificação do item 01 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual	X			
B. Conhecimento conceitual				

TRI

Tabela 6.3: Parâmetros encontrados para o item 01 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	1,335	-1,309	0,200
Calibrando o “c”	1,055	-1,469	0,000

O item se mostrou com boa discriminação apesar de ser considerada fácil. Neste item percebemos que as análises por meio da Taxonomia e TRI são correspondentes.

Observemos também que o nível de dificuldade é muito próximo do “Muito Fácil” ($< -1,5$) e, de fato, considerando a dimensão do conhecimento o item é considerado *MUITO FÁCIL* pela taxonomia e pela TRI.

Gráfico

É possível observar pelos gráficos abaixo que não é necessário que o aluno tenha habilidades elevadas para que a probabilidade de acerto do item seja alto, um aluno com habilidade 0 já possui uma probabilidade de acerto do item de quase 1,000 ou 100%.

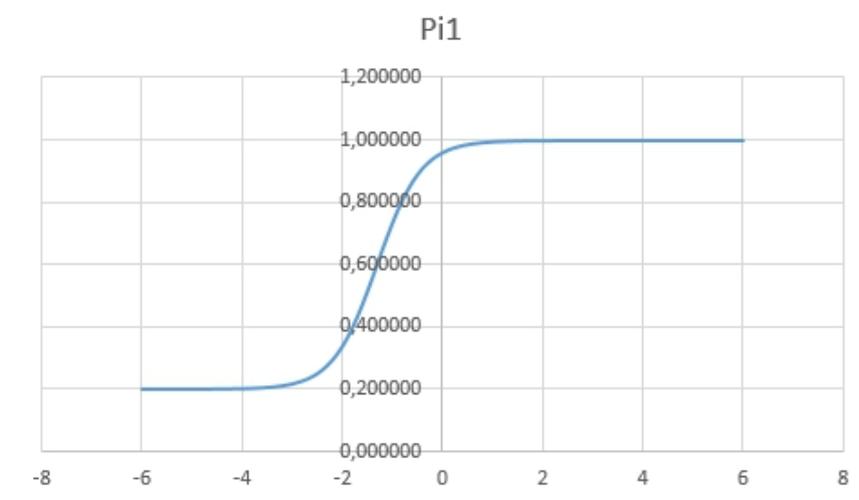


Figura 6.2: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 01.

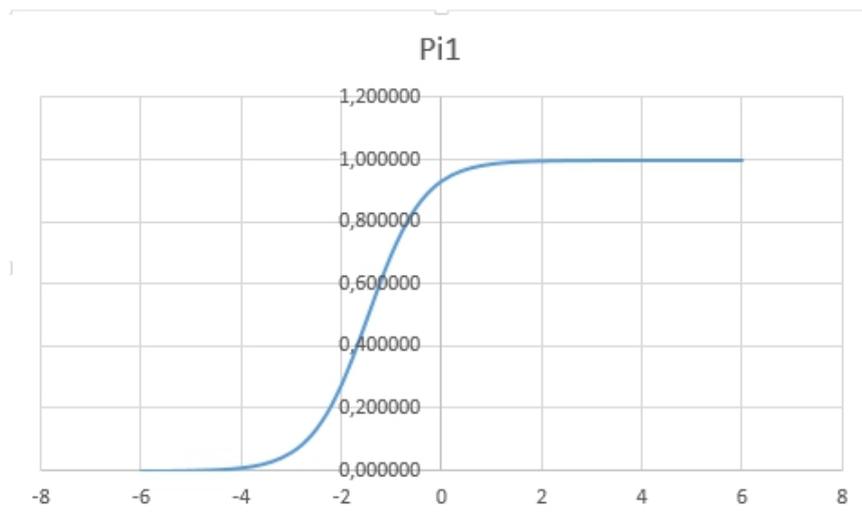


Figura 6.3: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 01.

• **Item 02**

Considere os pares de posições iniciais e finais, respectivamente, ao longo do eixo x . Qual dos pares corresponde a um deslocamento negativo?

- a) $-3m, 5m$
- b) $-3m, -7m$
- c) $-7m, -3m$
- d) $3m, 7m$
- e) $7m, 7m$

Análise:

Taxonomia de Bloom

O estudante precisa *Lembrar* que o deslocamento é dado pela posição final subtraída pela posição inicial. Item *Fácil, nível 1* da taxonomia quanto ao processo cognitivo e *A* quanto ao processual. No item temos instrução, enunciado da situação problema e alternativas. Não temos suportes¹ neste item. É importante destacar que lembrar a definição de deslocamento já presume uma subtração simples entre duas grandezas, ficando a *Aplicação* da definição restrita à subtração entre dois números. Portanto, para este caso em particular, não foi considerado que o item envolve o nível 3 da Taxonomia de Bloom (*Aplicar*), segundo sua definição.

¹Suportes são recursos visuais, gráficos e textuais, tais como: gravuras, figuras, mapas, desenhos, tabelas, gráficos, fotos, imagens, textos, entre outros. Nunca devem ser usados em caráter decorativo, mas como material de consulta e análise.

Tabela 6.4: Classificação do item 02 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual	X			
B. Conhecimento conceitual				

TRI

Tabela 6.5: Parâmetros encontrados para o item 02 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	2,000	-1,790	0,200
Calibrando o “c”	2,000	-2,129	0,000

Esse item foi considerado *Fácil* nas duas análises, portanto também houve concordância entre TRI e Bloom. É importante destacar que, apesar do item ser *Muito Fácil* segundo a TRI, ela mostrou-se com um poder alto de discriminação. Portanto, estudantes que a erraram são em sua grande maioria estudantes com baixos níveis de habilidade. Observando o desempenho dos três estudantes que a erraram podemos observar que dois destes acertaram um único item. Todos os três estudantes ficaram com habilidade abaixo de $-2,0$, ou seja com um nível de proficiência muito baixo em relação à turma.

Considerando também a dimensão do conhecimento, notamos ainda uma concordância entre os resultados observados por Taxonomia e TRI.

Gráfico

O item apresenta um grau de dificuldade ainda menor que o anterior. Pelo gráfico observamos que um aluno com habilidade considerada *média* de 0 já possui uma probabilidade de acerto do item de praticamente 1,000 ou 100%, contudo uma discriminação alta visto que alunos com habilidade -2 já possuem uma probabilidade de acertar o item de aproximadamente 40% (determinando uma probabilidade para o acerto ao acaso) e 60% (calibrando o acerto ao acaso) de acertar o item.

Comparando as análises feitas com o valor determinado e o valor calibrado da probabilidade de acerto ao acaso podemos perceber uma diferença considerável no parâmetro dificuldade do item medido pela TRI, isso pode ter ocorrido devido a alta discriminação do item e aos baixos valores de dificuldade fazendo com que a imposição da probabilidade do acerto ao acaso em 20% provoque uma variação significativa na dificuldade, mesmo assim os valores obtidos para esse parâmetro se encontram no intervalo que considera o item de nível *Muito Fácil*.

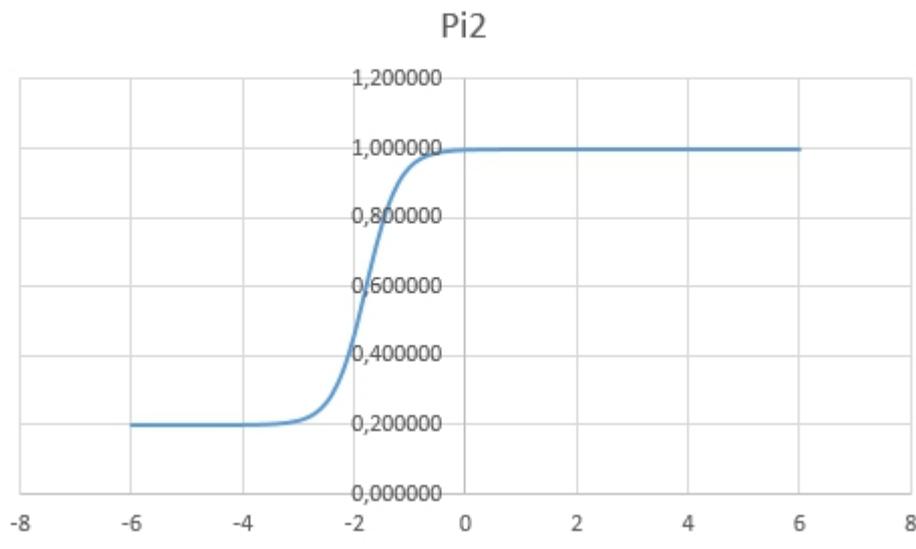


Figura 6.4: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 02 informando o “c”.

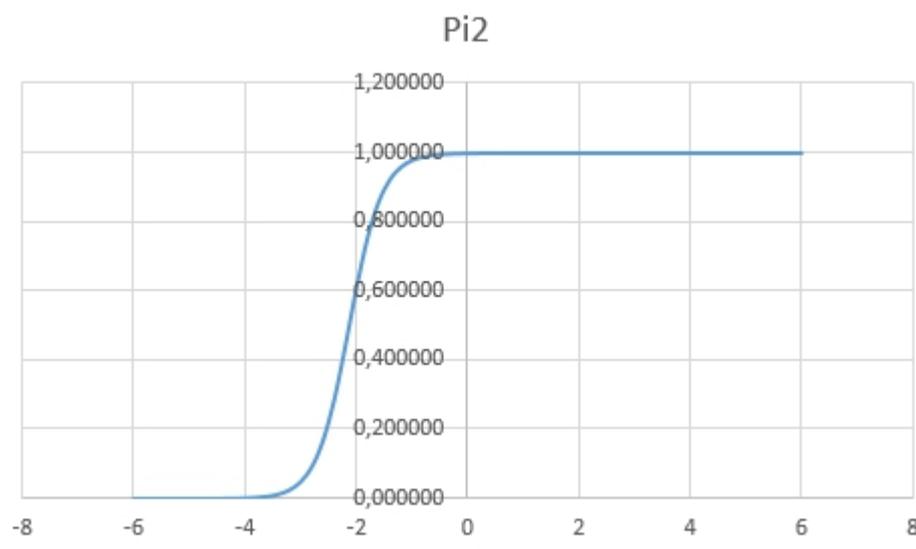


Figura 6.5: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 02 calibrando o “c”.

• **Item 03**

Um passageiro, viajando de metrô, fez o registro de tempo entre duas estações e obteve os valores indicados na tabela.

	Chegada	Partida
Vila Maria	0:00 min	1:00 min
Felicidade	5:00 min	6:00 min



Supondo que a velocidade média entre duas estações consecutivas seja sempre a mesma e que o trem pare o mesmo tempo em qualquer estação da linha, de 15 km de extensão, é possível estimar que um trem, desde a partida da Estação Bosque até a chegada à Estação Terminal, leva aproximadamente

- 20 min.
- 25 min.
- 30 min.
- 35 min.
- 40 min.

Análise:

Taxonomia de Bloom

O estudante precisa *Lembrar* o cálculo da velocidade média. Precisa também *Entender* o significado de velocidade média para *Aplicar* (resolver o problema) no trecho inteiro. Além disso, é preciso *computar* o tempo em cada estação, sabendo que é preciso excluir a estação de partida e a de chegada. Esse item seria de nível *Difícil*, possuindo *nível 3* quanto ao processo cognitivo e *B* quanto ao conhecimento envolvido já que existe uma correlação com a matemática na razão entre do valores de deslocamento e tempo, segundo a taxonomia.

Tabela 6.6: Classificação do item 03 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				
B. Conhecimento conceitual			X	

TRI

Tabela 6.7: Parâmetros encontrados para o item 03 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	0,234	1,884	0,200
Calibrando o “c”	0,320	1,416	0,000

Neste item houve consenso entre as duas análises. Tanto por Bloom quanto pela TRI o item tem nível *Difícil*, apesar de pela TRI a classificação está bem próxima

do “Muito Difícil”. Entretanto, é importante observar que o item possui baixo poder de discriminação, isso significa que estudantes com baixo nível de habilidades ou nível mediano, acertaram o item de forma similar a estudantes de nível alto também erraram. Isso está relacionado ao detalhe que muitos alunos esquecem que é o de excluir os tempos das estações de partida e chegada. Observando as resoluções, vários estudantes marcaram o item c), esquecendo-se de computar o tempo parado nos terminais. O detalhe aumentou as chances de estudantes de alto nível errarem, o que contribuiu para que o item se tornasse *Difícil* na análise por meio da TRI. A curva abaixo representa a curva característica do item.

Gráfico

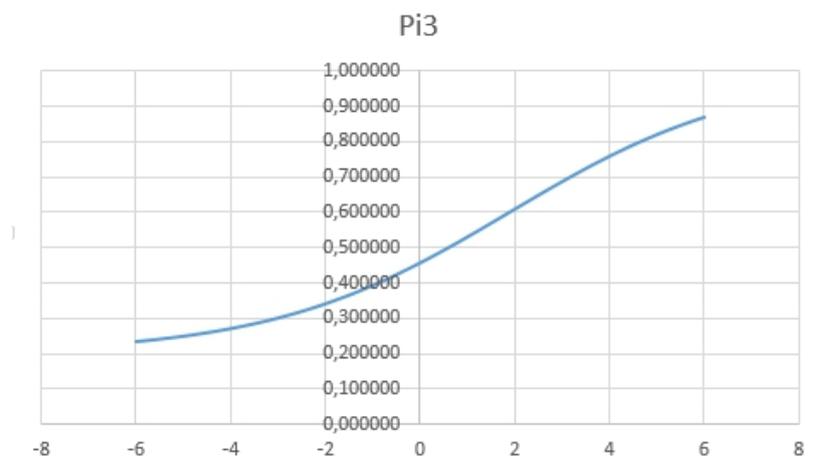


Figura 6.6: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 03.

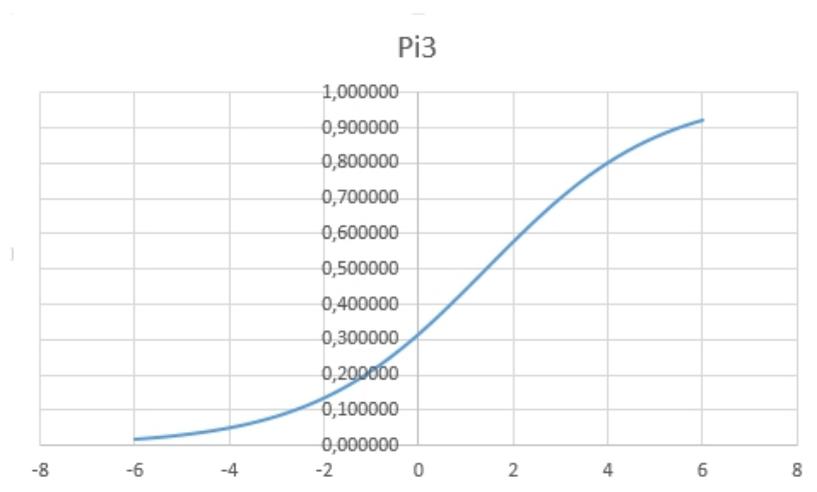


Figura 6.7: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 03.

As curvas acima estão mostrando que, mesmo o estudante com habilidade de $-1,0$ tem 40% (quando informado a probabilidade de acerto ao acaso) e 20% (quando calibrada a probabilidade de acerto ao acaso) de probabilidade de acertar o item e o melhor estudante, com habilidade $3,0$ possui quase 30% de chances de errar nas duas análises. Esse tipo de item, portanto, não se mostrou adequado para uma avaliação de conhecimento.

• **Item 04**

Depois de percorrer uma estrada retilínea por 8,0km a uma velocidade média de 70km/h, você para por falta de combustível e caminha 2,0km por meia hora até encontrar um posto de gasolina. Qual a velocidade média do início da viagem até o posto?

- a) 37 km/h
- b) 16 km/h
- c) 17 km/h
- d) 21 km/h
- e) 32 km/h

Análise:

Taxonomia de Bloom

O estudante precisa *Lembrar* o cálculo da velocidade média, saber diferenciar velocidade média de média aritmética das velocidades, *Interpretar* o problema de forma correta de modo a *Calcular* a distância percorrida e o tempo gasto em cada trecho e em seguida deve *Aplicar* o calculo da velocidade média. O item tem *nível 4* e *A* das dimensões do processo cognitivo e do conhecimento, respectivamente, ou seja, seria *Difícil*.

Tabela 6.8: Classificação do item 04 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				X
B. Conhecimento conceitual				

TRI

Tabela 6.9: Parâmetros encontrados para o item 04 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	0,269	1,369	0,200
Calibrando o “c”	0,362	1,058	0,000

Apesar da concordância entre a análise segundo Bloom e a análise de acordo com a TRI em relação ao nível de dificuldade, para este teste em particular, o item não se mostrou adequado, por apresentar também uma discriminação muito pequena. Dois fatores podem ter contribuído para a baixa discriminação. O primeiro é que, observando as respostas, muitos estudantes marcaram a resposta *A* (17 dos 37 estudantes marcaram esta alternativa. 13 estudantes acertaram o item) que corresponde à média aritmética das velocidades nos dois trechos. Dentre esses 17 estudantes, alguns tiveram bom desempenho, indicando que responderam no impulso, contribuindo para a baixa discriminação. O outro fator é que um dos estudantes de nível alto ($\theta = 0,97$) resolveu item corretamente mas marcou a alternativa errada por errar no arredondamento, ou seja, possui nível alto, mas marcou o item *C* no lugar do item correto *B*. Inclusive, esse mesmo estudante acertou o item 5 que possui a mesma forma de resolução, mas sem utilização de números. Uma sugestão de edição para esse item seria retirar as alternativas *A* e *C*, substituindo por outros valores. Isso pode estimular o estudante, durante a prova, a não marcar suas respostas por impulso, sem pensar no problema.

Gráfico

As curvas abaixo nos mostram uma baixa discriminação possibilitando que alunos com habilidades bem distintas tenham probabilidades próximas de acerto.

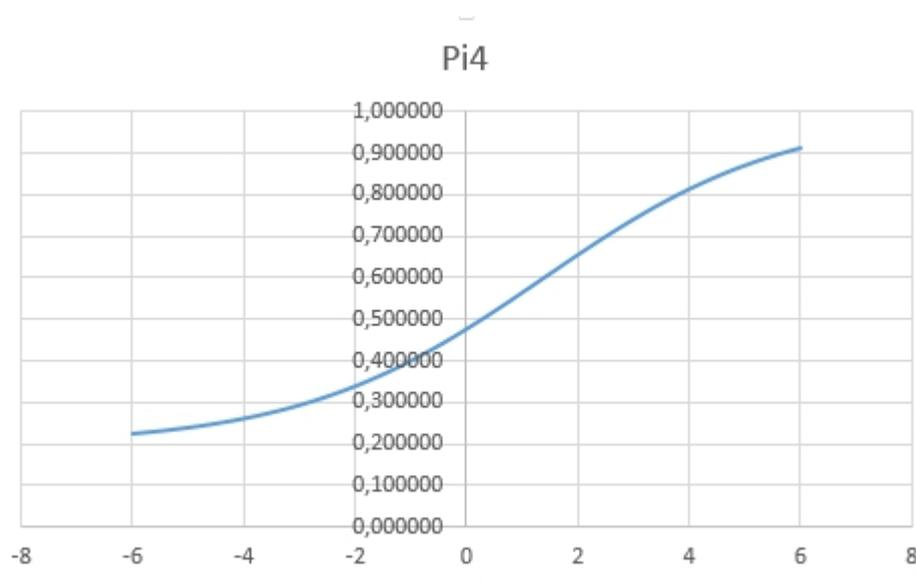


Figura 6.8: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 04 informando o “c”.

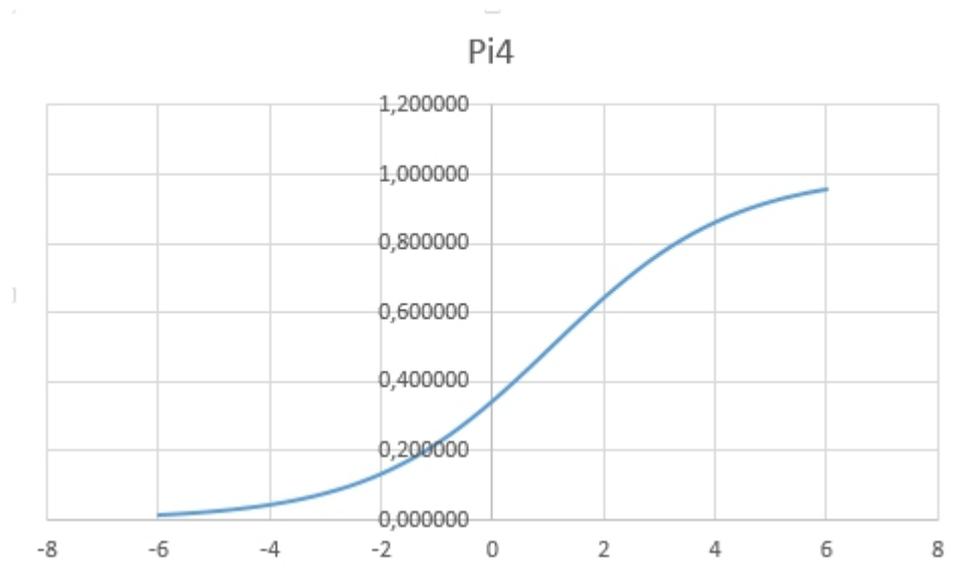


Figura 6.9: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 04 calibrando o “c”.

• **Item 05**

Um carro percorre metade de um percurso retilíneo com velocidade v_1 e a outra metade com velocidade v_2 . Qual a velocidade média no percurso completo?

- a) $2v_1v_2/(v_1 + v_2)$
- b) $(v_1 + v_2)/2$
- c) $(v_1 + v_2)/v_1v_2$
- d) $(v_1 + v_2)/2(v_1 + v_2)$
- e) *O resultado depende do valor do percurso.*

Análise:

Taxonomia de Bloom

A análise deste item se assemelha à do item anterior. A diferença é que ele torna-se um pouco mais difícil por não trabalhar com valores e sim com incógnitas que devem ser manipuladas da mesma forma que os números e, portanto, exige uma abstração maior. Classificada como *Muito Difícil* por ser de *nível 4* pelo processo cognitivo e *B* pela dimensão de conhecimento segundo a taxonomia.

Tabela 6.10: Classificação do item 05 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				
B. Conhecimento conceitual				X

TRI

Tabela 6.11: Parâmetros encontrados para o item 05 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	0,173	5,000	0,200
Calibrando o “c”	2,000	5,000	0,189

Neste item houve concordância entre TRI e Bloom. Entretanto, itens com alto nível de dificuldade e alta discriminação possuem pouca informação, pois são acertados por poucas pessoas da amostra de indivíduos que realizaram o teste. Dos 37 estudantes, somente 7 acertaram contribuindo para a alta dificuldade. Dois dos 7 possuem nível muito baixo, nenhum com nível baixo e os demais com nível médio para cima. Esse fato contribuiu para que o valor de acerto por acaso tenha ficado em praticamente 20%. Dos 6, metade possui nível alto, e apenas 01 muito alto, e 01 de nível médio de habilidade. Estatisticamente e segundo a TRI, é mais provável que os dois indivíduos de muito baixo nível de habilidade tenham acertado por acaso, e ainda que o item tenha um alto grau de discriminação.

Algumas informações interessantes nas respostas foram observadas. No item anterior, dos 37 estudantes 13 acertaram, e isso corresponde mais do que o dobro de acertos em relação a este item, embora o procedimento de resolução seja praticamente o mesmo. Curiosamente, 27 de todos os estudantes marcaram a alternativa *B* (a mesma corresponde à média aritmética das velocidades), inclusive, destes 27, 8 estudantes acertaram o item 04 (13 estudantes acertaram o 04 ao todo).

Lembrando que estamos descartando a hipótese de “cola” durante a prova, mas isso é algo que pode ter ocorrido e não temos dimensão do impacto na análise, mas acreditamos que não seja tão grande.

Gráfico

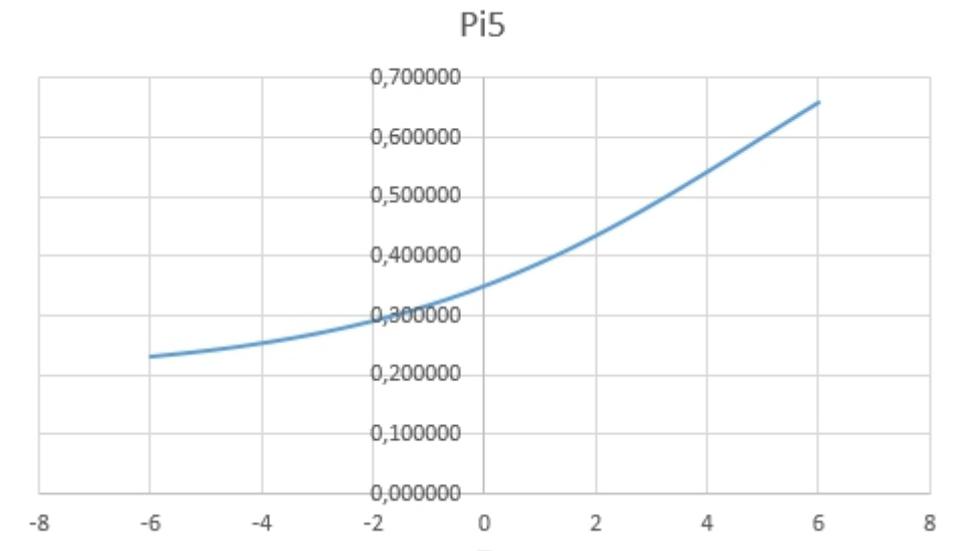


Figura 6.10: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 05.

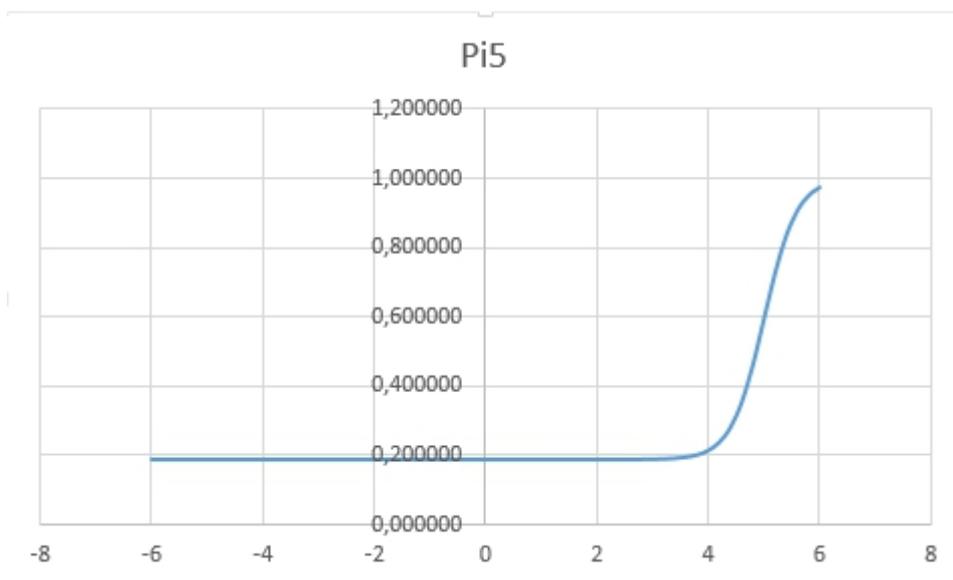


Figura 6.11: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 05.

Pelas características do item podemos observar uma diferença enorme entre os discriminantes nas duas análises, isso ocorreu devido o item possuir um alto valor de dificuldade o tornando um item considerado não adequado para avaliar a habilidade de um aluno, haja vista que exige um valor muito alto para este parâmetro.

• **Item 06**

As equações a seguir fornecem a posição $x(t)$ de uma partícula em quatro casos (x em metros, t em segundos e $t > 0$): (1) $x = 3t^2$; (2) $x = -4t^2$; (3) $x = 2/t^2$; (4) $x = -2$. Em que caso(s) a velocidade instantânea é constante?

- a) (1) e (4)
- b) somente o (4)
- c) somente o (2)
- d) somente o (1)
- e) (1), (3) e (4)

Análise:

Taxonomia de Bloom

OBS: Para este item a resposta correta é a alternativa *A* (10 estudantes marcaram a alternativa correta). No entanto, alguns estudantes marcaram a alternativa *D* (10 estudantes), pois consideraram que na equação (4) não há velocidade, pois a posição é constante. Isto foi relatado por alguns alunos em sala de aula, durante a correção da avaliação. Então consideramos corretas as respostas de quem marcou a alternativa *A* ou a *D*.

Pois bem, este item exige que o estudante *Lembre* da forma (ou grau) da equação do movimento com velocidade constante, assim permitindo sua *Comparação*, *Identificação* e *Classificação* que são ações referentes ao *Nível 2* da Taxonomia de Bloom. Classificaria como questão *Média*, ou mais exatamente, no *Nível 2* quanto ao processo cognitivo e *B* quanto à dimensão do conhecimento da taxonomia.

Tabela 6.12: Classificação do item 06 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				
B. Conhecimento conceitual		X		

TRI

Tabela 6.13: Parâmetros encontrados para o item 06 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	0,493	-0,317	0,200
Calibrando o “c”	2,000	0,530	0,307

A primeira observação é a respeito do acerto ao acaso calculado pela TRI que deu acima de 30%. Isso deve-se ao fato de termos considerado correto quem marcou

A ou D. A técnica, portanto, foi capaz de identificar esse fato, mesmo com a amostra sendo relativamente muito pequena. O item foi classificado como *Médio* por Taxonomia, mas por TRI a questão ficou de nível *Difícil*, mas beirando o nível *Médio*. Note que 20 estudantes, de um total de 37 (54%) acertaram o item. Então esperaríamos um item de nível *Médio*, entre $-0,5$ e $0,5$. Mas como alguns acertaram por acaso isso faz com que o parâmetro discriminante e o dificuldade tenham seus valores elevados.

Gráfico

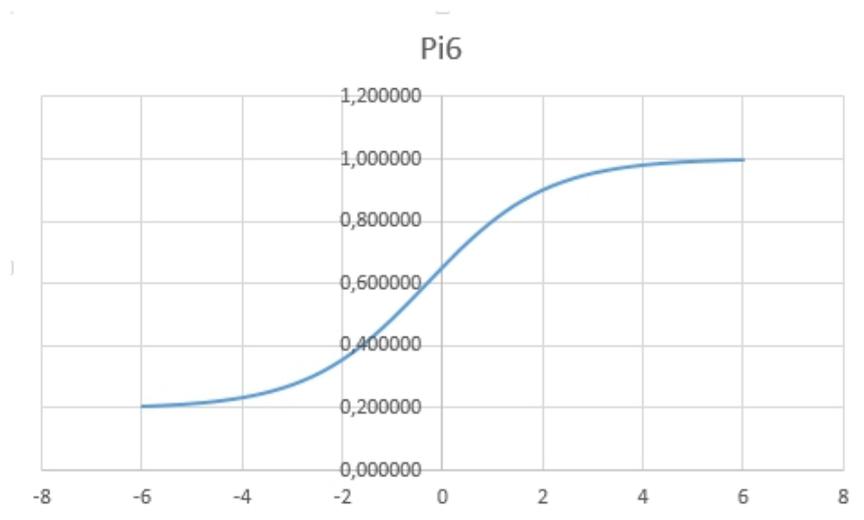


Figura 6.12: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 06.

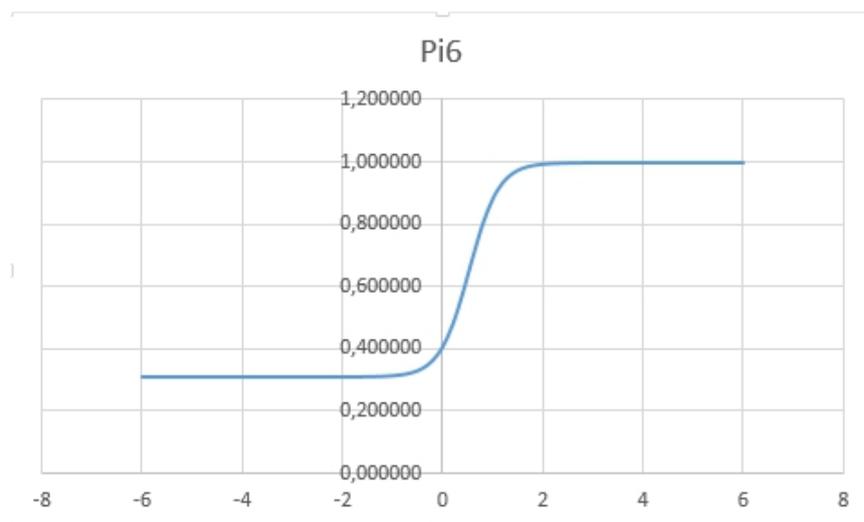


Figura 6.13: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 06.

Analisamos inicialmente definindo valores para o parâmetro de acerto por acaso

($c = 0,200$). Em seguida analisamos sem atribuir os valores para c nos itens de múltipla escolha, calculado pela TRI. Se por um lado definir o valor de c pode ocorrer de o gráfico nos fornecer valores imprecisos como considerar que um bom aluno possa ter acertado o item “chutando”, por outro lado não definir os valores para c também pode interferir positivamente ou negativamente pois temos poucos dados para dar uma precisão maior.

• **Item 07**

Em que caso(s) do item 06 a velocidade é no sentido negativo do eixo x ?

- a) (2) e (4)
- b) somente o (4)
- c) somente o (2)
- d) (1) e (3)
- e) (3) e (4)

Análise:

Taxonomia de Bloom

OBS: A resposta correta deste item, na verdade, não está nas alternativas. A resposta deve ser (2) e (3), pois para o caso (3) a velocidade instantânea, como derivada da posição em função do tempo, é $v = -\frac{4}{t^3}$. Como t é positivo, a velocidade será negativa. Consideraremos correto quem marcou a alternativa C .

O aluno deverá *Lembrar* a equação geral do movimento para interpretar qual fator se refere à velocidade e assim inferir em qual movimento ela é negativa em relação ao eixo x . Assim, de acordo com a Taxonomia de Bloom, o item está no nível 2 (Entender) quanto ao processo cognitivo e B quanto à dimensão do conhecimento da taxonomia, portanto classificado como *MÉDIO*.

Tabela 6.14: Classificação do item 07 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				
B. Conhecimento conceitual		X		

TRI

Tabela 6.15: Parâmetros encontrados para o item 07 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	0,687	0,231	0,200
Calibrando o “c”	2,000	0,763	0,219

Curiosamente este item apresentou duas interpretações quanto ao nível por meio da Taxonomia e também utilizando TRI. Quando analisamos a questão deixando o parâmetro acerto ao acaso ser calculado a partir das respostas dos indivíduos, a questão caiu na classificação de difícil, em desacordo com uma das análises por Taxonomia. E ao fixarmos os valores de c dos itens, o que ocorreu foi um decréscimo na dificuldade e na discriminação da questão, corroborando com a taxonomia. De toda forma, podemos dizer que a análise por meio da TRI e por Bloom ficaram muito próximas, uma vez que o nível de dificuldade está muito próximo de 0,5, valor que separa as classificações médio e difícil.

Gráfico

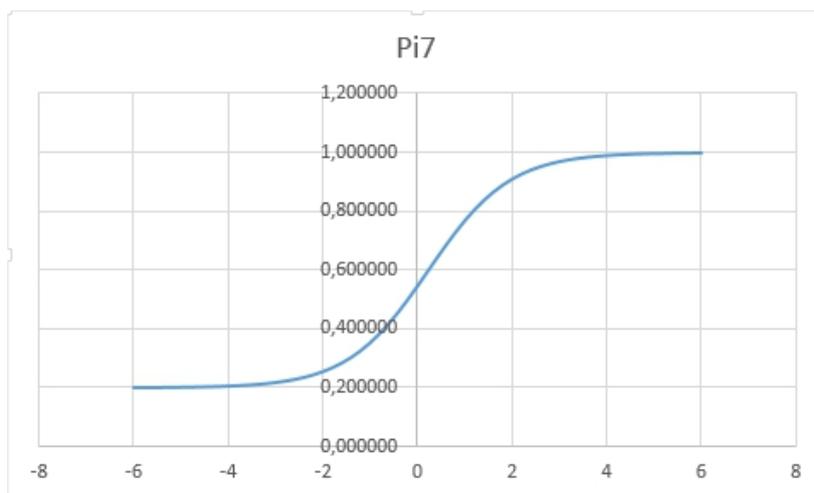


Figura 6.14: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 07.

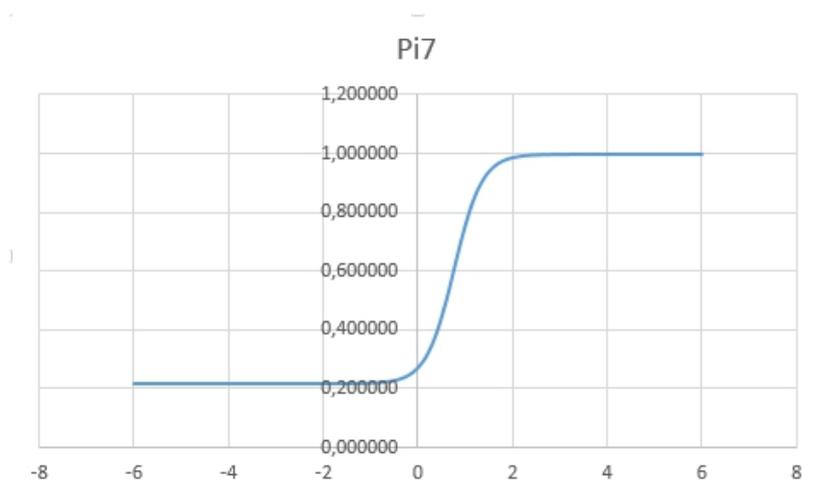
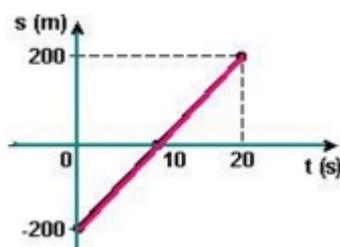


Figura 6.15: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 07.

É importante destacar que na primeira análise $c = 0,219$ e na segunda $c = 0,200$. Essa redução no valor de c , naturalmente deve reduzir os valores de dificuldade e/ou discriminação, uma vez que, estatisticamente, quando se considera a probabilidade de acerto ao acaso maior significa que é mais provável que menos indivíduos tenham acertado com consciência a resposta, logo, gera uma redução nos parâmetros a e b .

• **Item 08**

O gráfico mostra a variação da posição de uma partícula em função do tempo.



Analisando o gráfico, é correto afirmar:

- a) *É nulo o deslocamento da partícula de 0 a 15 s.*
- b) *A velocidade da partícula é negativa entre 0 e 10 segundos.*
- c) *A aceleração da partícula vale 20m/s^2 .*
- d) *A velocidade da partícula é nula no instante 10 s.*
- e) *A velocidade da partícula é constante e vale 20 m/s .*

Análise:

Taxonomia de Bloom

No próprio comando do item encontramos o verbo *Analisar* que faz com que seja classificado no *nível 4* no processo cognitivo da taxonomia, já que o aluno deve *Relembrar* os conceitos e equações, *Interpretar* o gráfico, *Computar* os cálculos e *Atribuir* uma classificação e *nível A* na dimensão do conhecimento. Item classificado como *DIFÍCIL*.

Tabela 6.16: Classificação do item 08 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				X
B. Conhecimento conceitual				

TRI

Tabela 6.17: Parâmetros encontrados para o item 08 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	0,161	2,685	0,200
Calibrando o “c”	0,245	1,799	0,000

A análise por meio da TRI indicou que o item é *MUITO DIFÍCIL*, ou seja, de acordo com a metodologia sugerida, a análise foi compatível com a análise por meio da Taxonomia de Bloom.

Gráfico

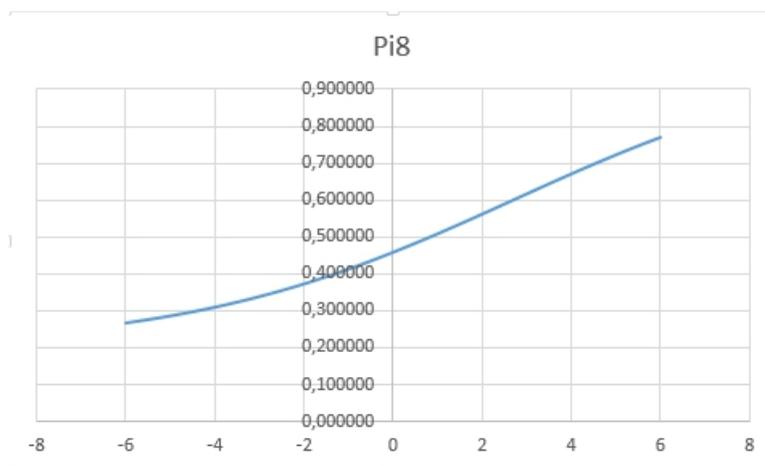


Figura 6.16: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 08.

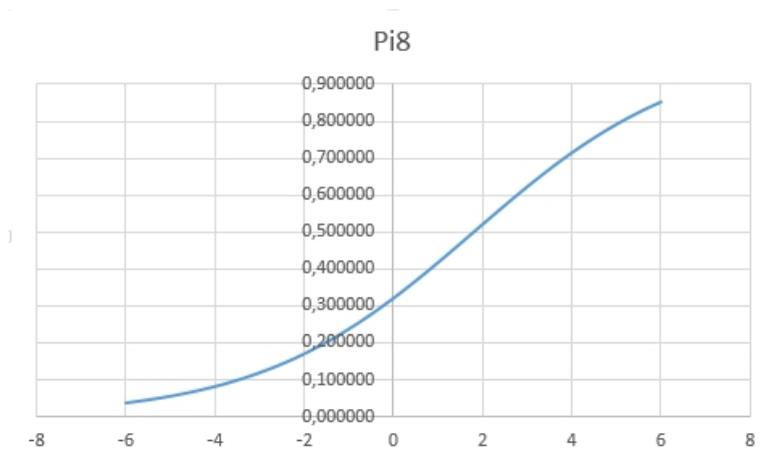


Figura 6.17: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 08.

O valor da discriminação desse item ficou em um patamar muito baixo. Dos 13 indivíduos que acertaram o item, alguns ficaram com nível baixo de habilidade e muito dos que erraram possuem nível alto de habilidade. A grande maioria dos estudantes que erraram, marcaram a alternativa D (18 dos 37 estudantes). Isso indica que muitos erraram por desatenção, achando que o gráfico é da velocidade em função do tempo apesar de explicitamente a questão indicar que o gráfico é da posição em função do tempo. Percebemos que, como os estudantes geralmente leem todas as alternativas, eles marcam algumas vezes por impulso sem refletir mais no item. Mais uma vez valeria a pena reutilizar esse item substituindo a alternativa D por outra afirmativa incorreta.

• **Item 09**

A posição de uma partícula que se move ao longo do eixo x é dada em centímetros por $x = 9,75 + 1,50t^3$, onde t está em segundos.

- a) Qual a velocidade média durante o intervalo de tempo de $t = 2,00s$ a $t = 3,00s$?*
- b) Qual a velocidade instantânea em $t = 2,00s$, $t = 2,75s$ e $t = 3,00s$?*
- c) Plote o gráfico da posição em função do tempo e indique as suas respostas graficamente.*
- d) Plote os gráficos da velocidade e aceleração em função do tempo.*

Análise:

Taxonomia de Bloom

Neste item não são dadas alternativas. Cada comando deve ser *Analisado* e *Resolvido*, envolve a *Lembrança* de fórmulas, conceitos e/ou representações gráficas, bem como a *Aplicação* dos mesmos. Todos possuem *Nível 4* da Taxonomia de Bloom quando aos processos cognitivos e *Nível A* na dimensão do conhecimento, ou seja, são *DIFÍCEIS*.

Tabela 6.18: Classificação dos comandos a , b , c e d do item 09 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				X
B. Conhecimento conceitual				

TRI

Tabela 6.19: Parâmetros encontrados para o comando A do item 09 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	0,946	0,409	0,000
Calibrando o “c”	1,346	0,586	0,068

Tabela 6.20: Parâmetros encontrados para o comando B do item 09 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	2,000	0,686	0,000
Calibrando o “c”	2,000	0,674	0,000

Tabela 6.21: Parâmetros encontrados para o comando C do item 09 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	1,230	1,842	0,000
Calibrando o “c”	1,310	1,702	0,000

Tabela 6.22: Parâmetros encontrados para o comando D do item 09 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	2,000	2,145	0,000
Calibrando o “c”	2,000	1,991	0,000

Em todos os comandos deste item o parâmetro de dificuldade ficou em *DIFÍCIL* ou *MUITO DIFÍCIL*, corroborando com a análise por meio da Taxonomia.

Gráfico

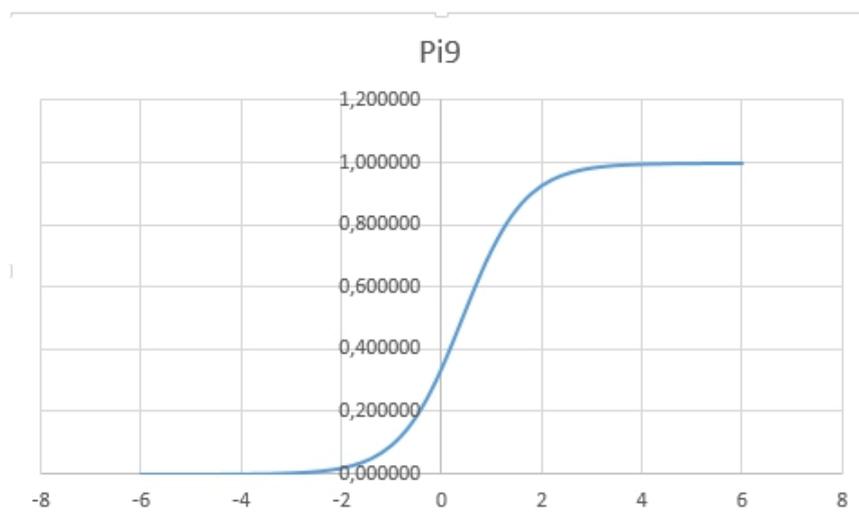


Figura 6.18: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando A do Item 09.

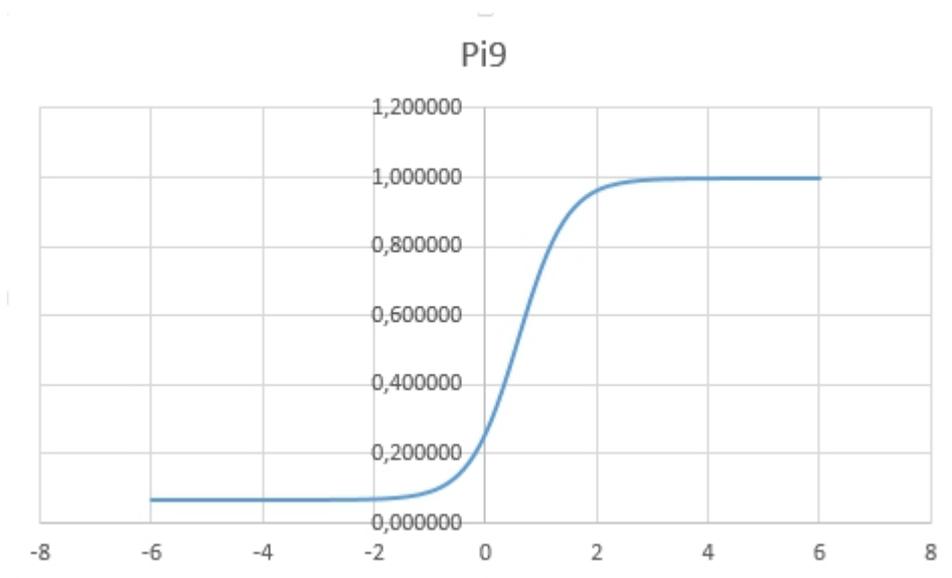


Figura 6.19: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando A do Item 09.

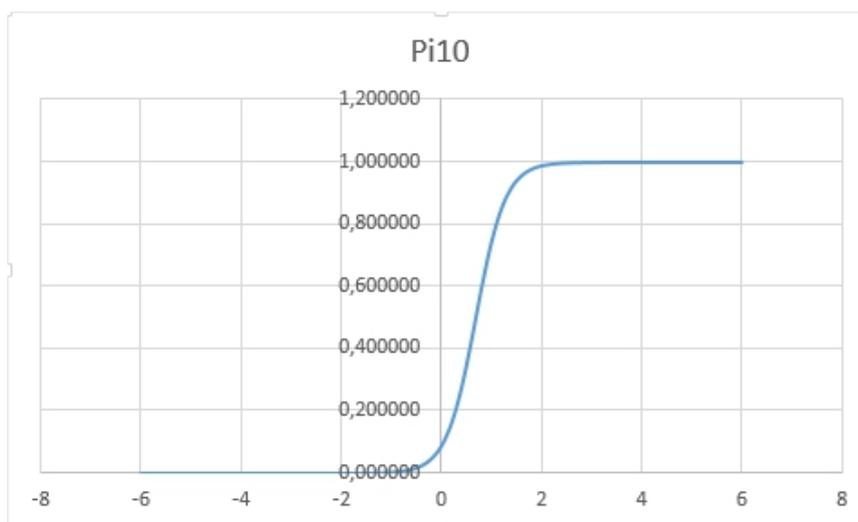


Figura 6.20: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando B do Item 09.

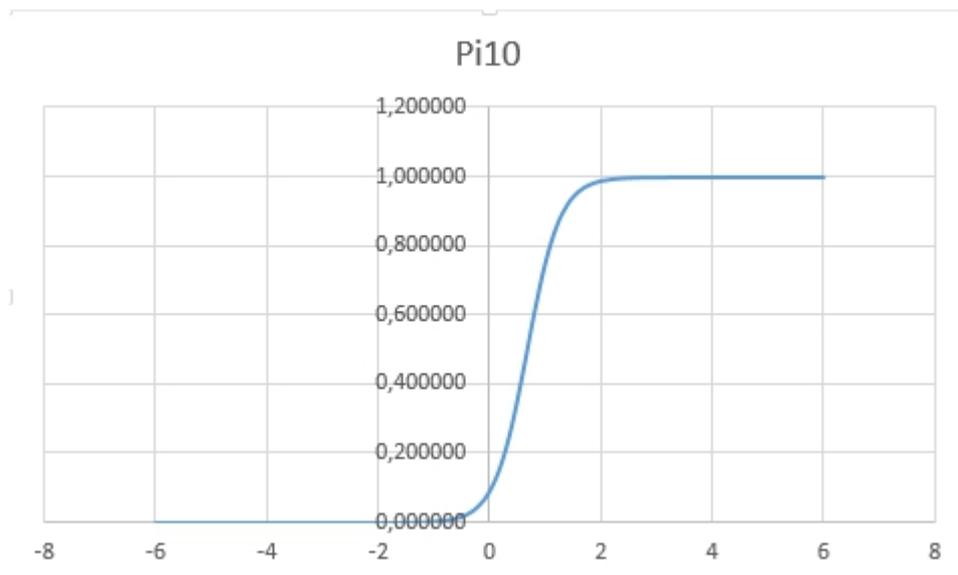


Figura 6.21: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando B do Item 09.

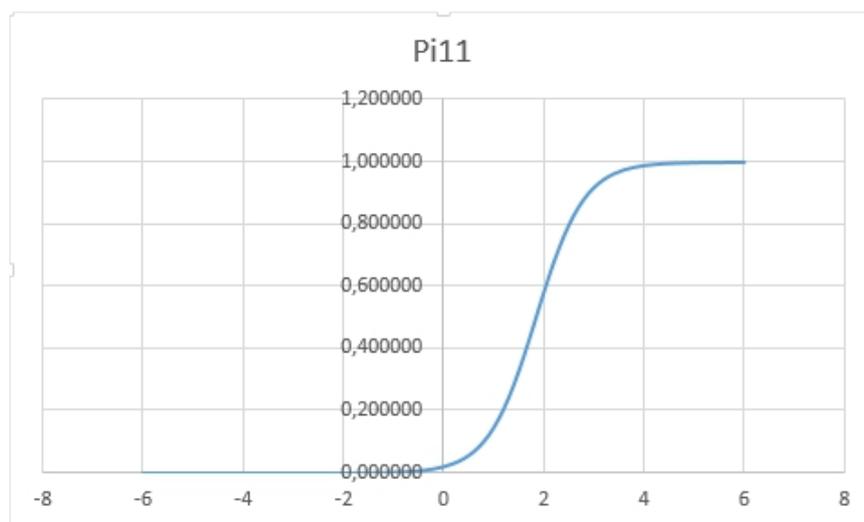


Figura 6.22: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando C do Item 09.

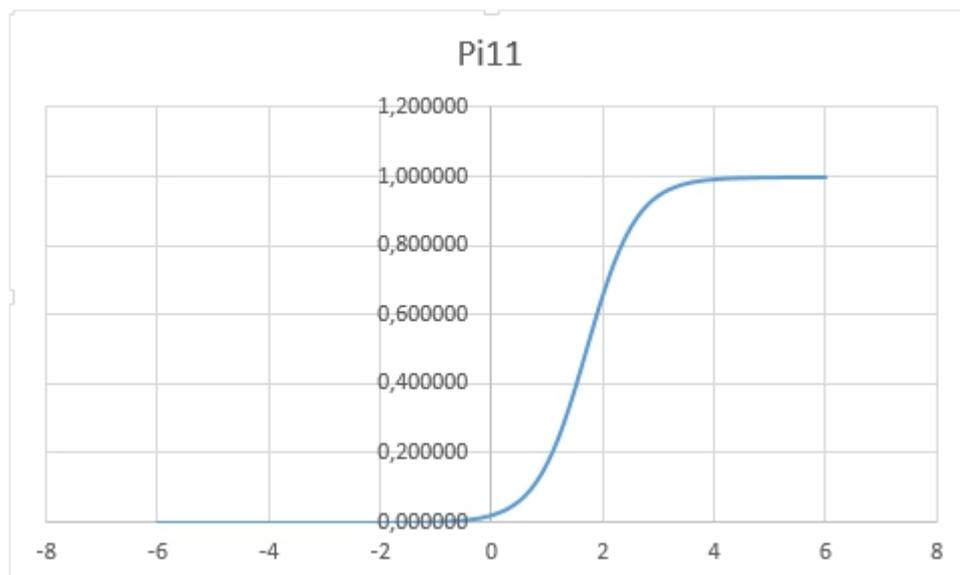


Figura 6.23: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando C do Item 09.

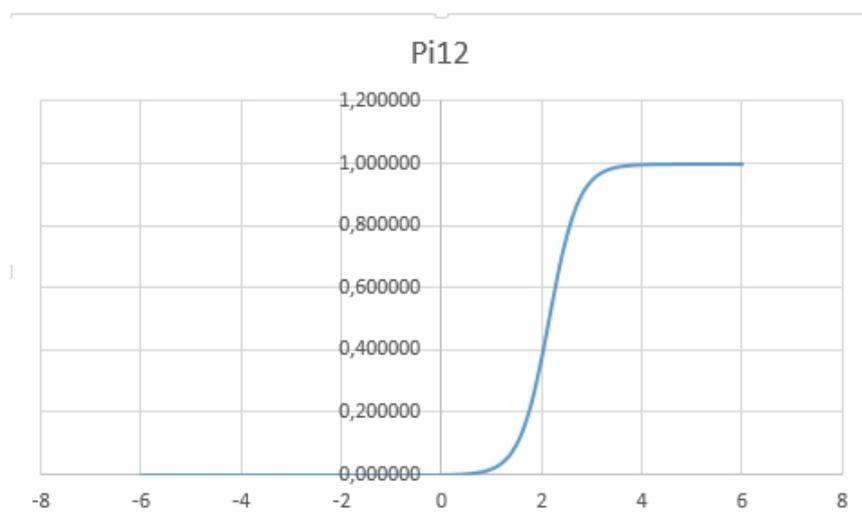


Figura 6.24: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando D do Item 09.

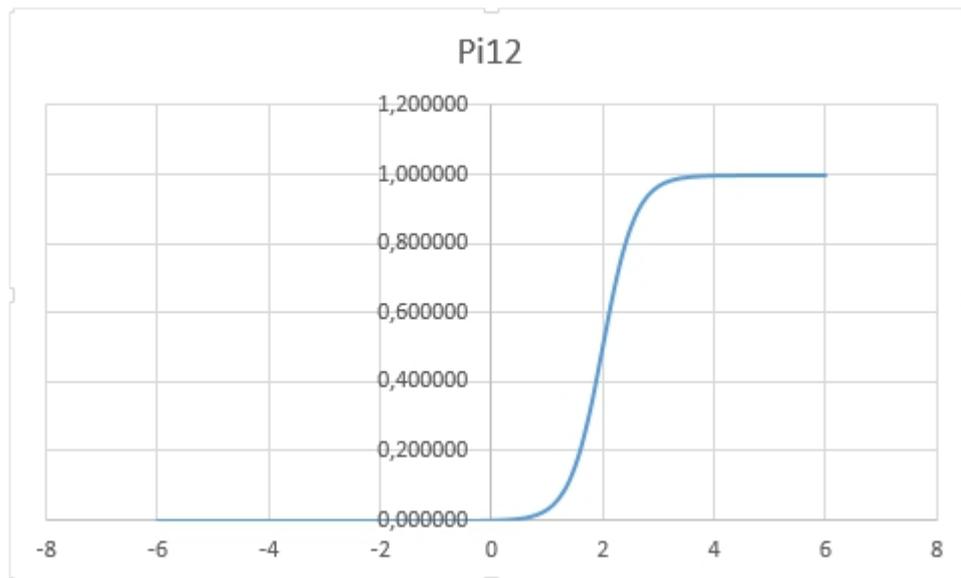


Figura 6.25: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando D do Item 09.

Itens discursivos possuem um potencial maior de diferenciar bons estudantes de estudantes ruins, ou seja, quase sempre possuem boa discriminação. Por outro lado, as dificuldades quase sempre ficam no nível difícil ou muito difícil o que, para uma análise estatística da TRI não é muito interessante, pois para uma medida mais precisa no nível de habilidade dos indivíduos é preciso que o teste esteja em nível médio próximo ao nível da turma. Testes nos quais quase todos erram ou quase todos acertam não produzem resultados precisos.

• **Item 10**

Se a posição de uma partícula é dada por $x = 20t + 5t^3$, onde x está em metros e t em segundos.

- a) Em quais instantes a velocidade da partícula é zero?*
- b) Em que instantes a aceleração da partícula é zero?*
- c) Para que intervalos de tempo a aceleração é negativa?*

Análise:

Taxonomia de Bloom

Neste item não são dadas alternativas. Cada comando deve ser *Analisado* e *Resolvido*, envolve a *Lembrança* de fórmulas, conceitos e/ou representações gráficas, bem como a *Aplicação* dos mesmos. Todos possuem *Nível 4* da Taxonomia de Bloom quando aos processos cognitivos e *Nível A* na dimensão do conhecimento, ou seja, são *DIFÍCEIS*.

Tabela 6.23: Classificação dos comandos *a*, *b* e *c* do item 10 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				X
B. Conhecimento conceitual				

TRI

Tabela 6.24: Parâmetros encontrados para o comando A do item 10 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	1,596	1,431	0,000
Calibrando o “c”	1,368	1,596	0,000

Tabela 6.25: Parâmetros encontrados para o comando B do item 10 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	2,000	1,496	0,000
Calibrando o “c”	2,000	1,363	0,000

Tabela 6.26: Parâmetros encontrados para o comando C do item 10 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	2,000	2,145	0,000
Calibrando o “c”	2,000	1,991	0,000

Em todos os comandos deste item o parâmetro de dificuldade ficou em *DIFÍCIL* ou *MUITO DIFÍCIL*, corroborando com a análise por meio da Taxonomia.

Gráfico

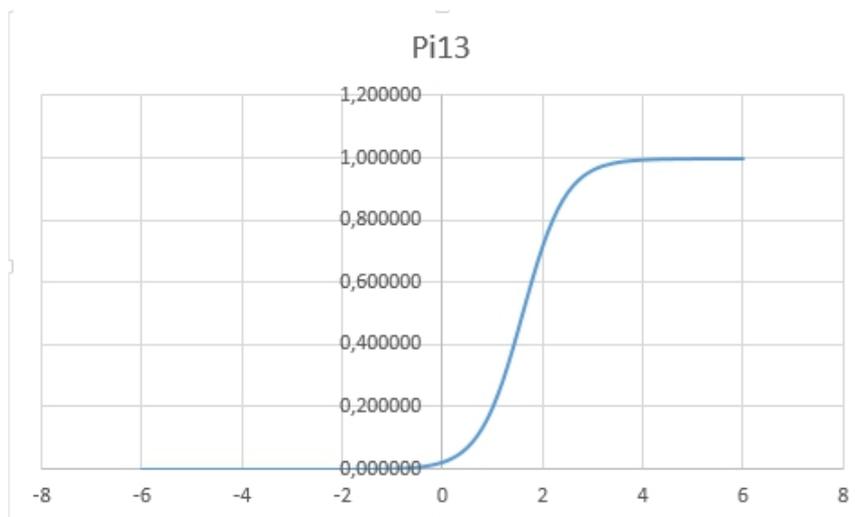


Figura 6.26: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando A do Item 10.

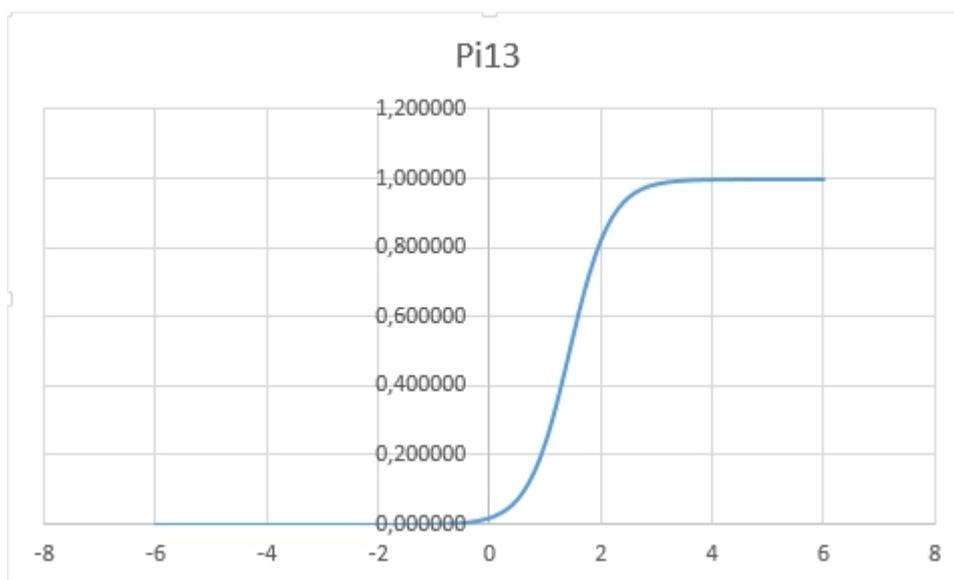


Figura 6.27: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando A do Item 10.

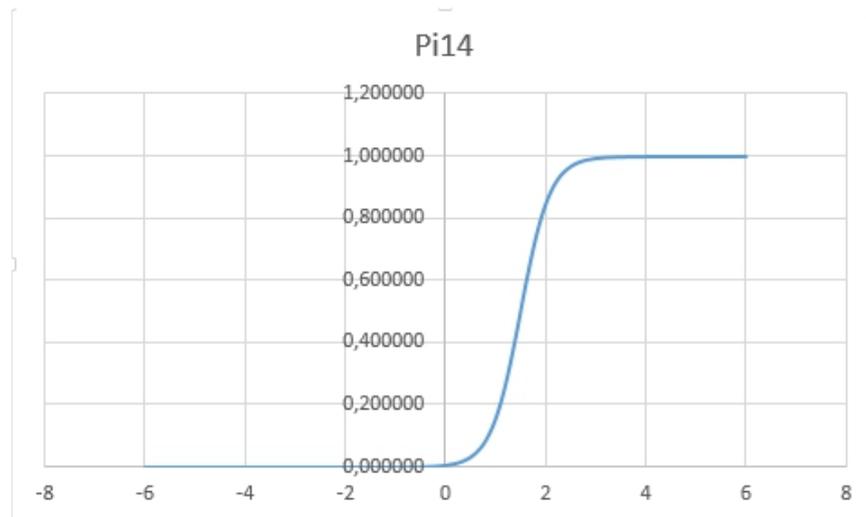


Figura 6.28: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando B do Item 10.

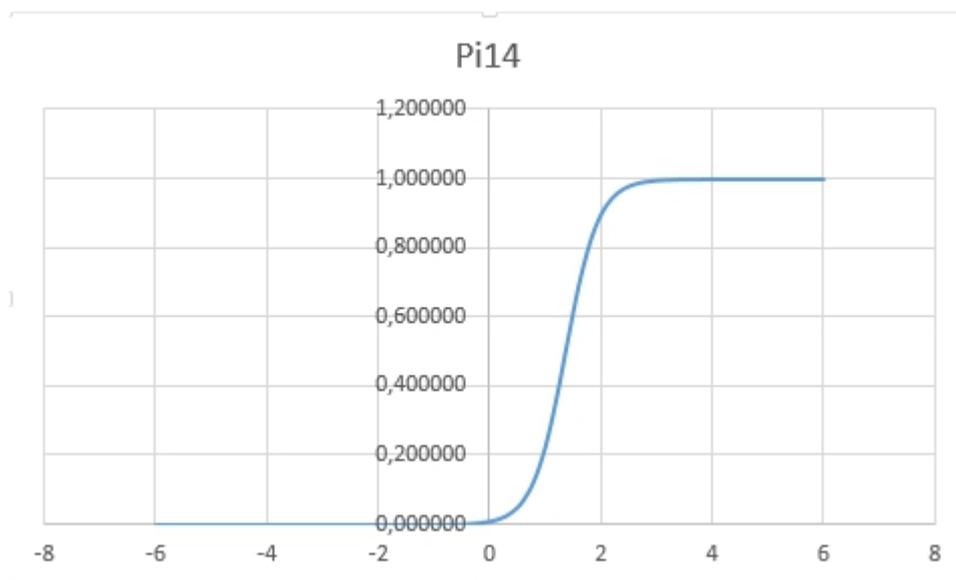


Figura 6.29: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando B do Item 10.

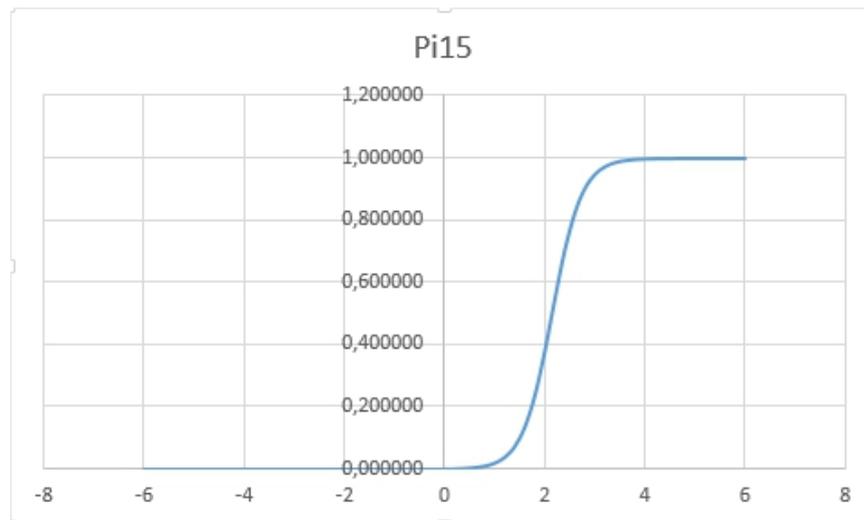


Figura 6.30: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando C do Item 10.

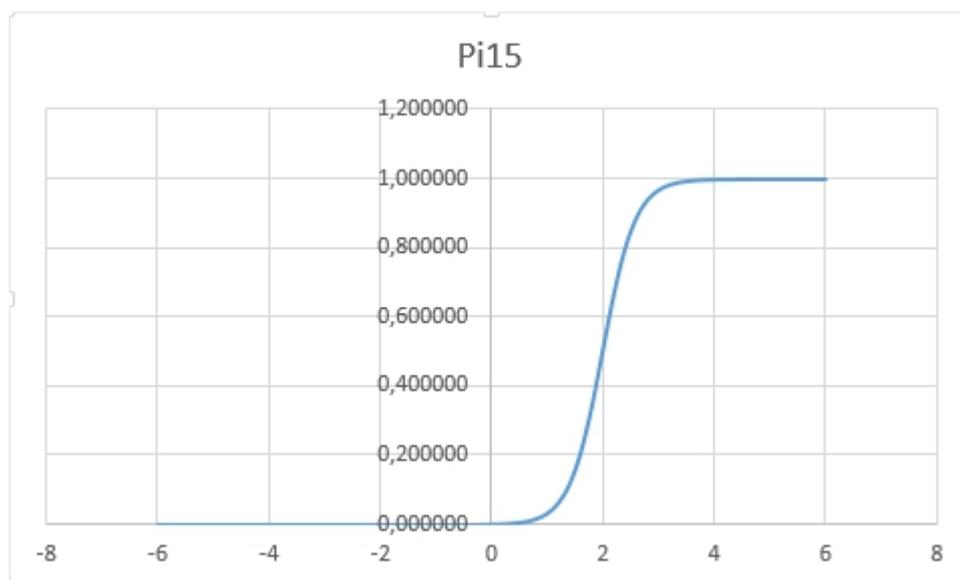


Figura 6.31: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o comando C do Item 10.

Por possuírem características e parâmetros semelhantes a análise deste item é a mesma do item anterior, mostrando que ambos possuem um bom grau de informação mas para alunos com habilidade mais alta, ou seja, para $\theta > 1,0$.

- **Item 11**

Uma chave cai verticalmente de uma ponte que está a 45 metros acima da água. A chave atinge um barco de brinquedo que está se movendo com velocidade constante

e se encontrava a 12m do ponto de impacto quando a chave foi solta. Qual é a velocidade do barco?

Análise:

Taxonomia de Bloom

O item é classificado no *nível 4* no processo cognitivo da taxonomia, já que o aluno deve *Relembrar* os conceitos e equações, *Computar* os cálculos e *Resolver* o problema e *nível B* na dimensão do conhecimento. Item classificado como *MUITO DIFÍCIL*.

Tabela 6.27: Classificação do item 11 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				
B. Conhecimento conceitual				X

TRI

Tabela 6.28: Parâmetros encontrados para o item 11 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	0,355	5,000	0,000
Calibrando o “c”	2,000	5,000	0,054

Quanto ao nível de dificuldade os resultados das análises ficaram compatíveis, mas é preciso notar que o nível de discriminação do item ficou bem diferente quando fixamos o valor de *c* para todos os itens.

Gráfico

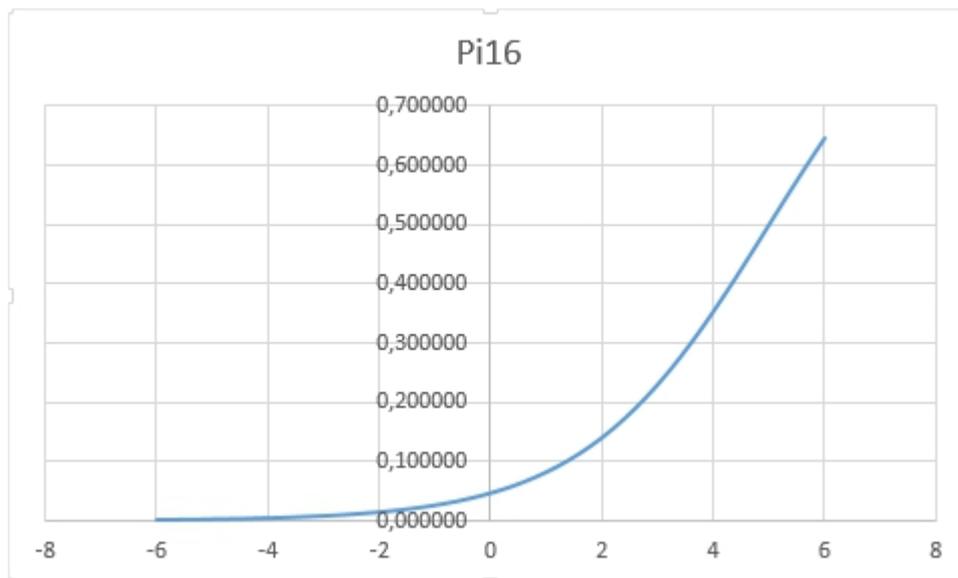


Figura 6.32: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 11.

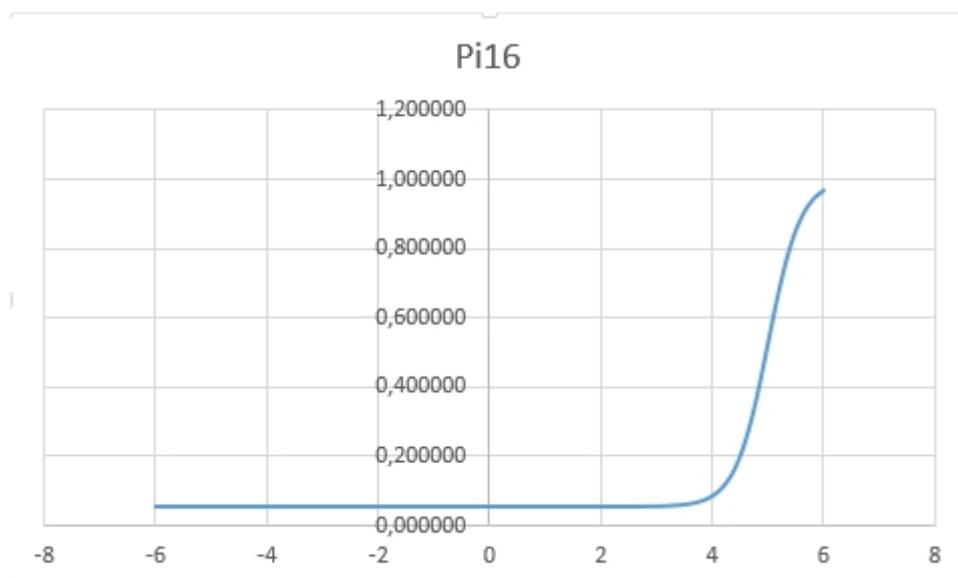


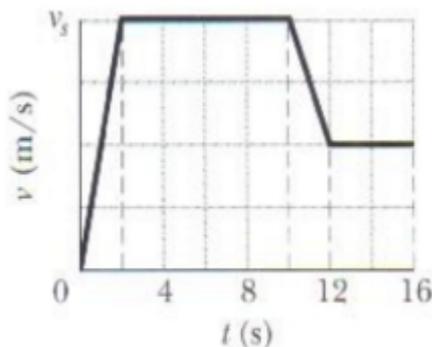
Figura 6.33: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 11.

O nível de dificuldade ficou muito alto em ambas as análises, pois poucos acertaram este item. No segundo caso, portanto, um único indivíduo com nível relativamente baixo, acertando o item, pode produzir uma grande diferença no valor da discriminação. Analisando o teste notamos que apenas dois indivíduos acertaram o item, um com nível médio e outro de nível alto. Portanto, o resultado para os parâmetros neste item não pode

ser considerado válido, uma vez que o erro na medida é muito grande. De toda forma, a presença desse item no teste não produz interferências significativas já que somente dois estudantes a acertaram.

• **Item 12**

Que distância percorre em 16s um corredor cujo gráfico velocidade-tempo é mostrado na figura? A escala vertical $v_s = 8,0m/s$.



Análise:

Taxonomia de Bloom

Este item exige que o estudante *Lembre* que a distância percorrida em um gráfico da velocidade contra o tempo é numericamente igual à área. Em seguida, é preciso *Aplicar* o conceito e *Calcular* o valor, observando a unidade de medida correta para a distância percorrida de acordo com o gráfico. *Nível 4* da Taxonomia de Bloom para os processos cognitivos e *Nível B* para a dimensão do conhecimento, portanto **MUITO DIFÍCIL**.

Tabela 6.29: Classificação do item 12 de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Dimensão do conhecimento	Dimensão dos processos cognitivos			
	1 - Lembrar	2 - Entender	3 - Aplicar	4 - Analisar
A. Conhecimento factual				
B. Conhecimento conceitual				X

TRI

Tabela 6.30: Parâmetros encontrados para o item 12 de acordo com a TRI.

Análise	Discriminação (a)	Dificuldade (b)	Probabilidade de acerto ao acaso (c)
Informando o “c”	0,288	5,000	0,000
Calibrando o “c”	2,000	5,000	0,081

Quanto ao nível de dificuldade os resultados das análises ficaram compatíveis, mas é preciso notar que o nível de discriminação do item ficou bem diferente quando fixamos o valor de c para todos os itens.

Gráfico

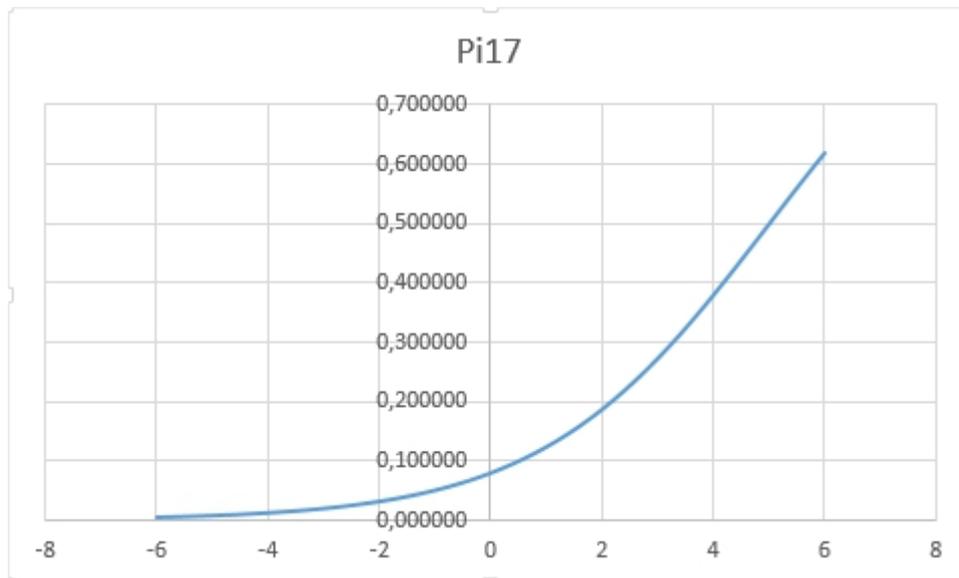


Figura 6.34: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 12.

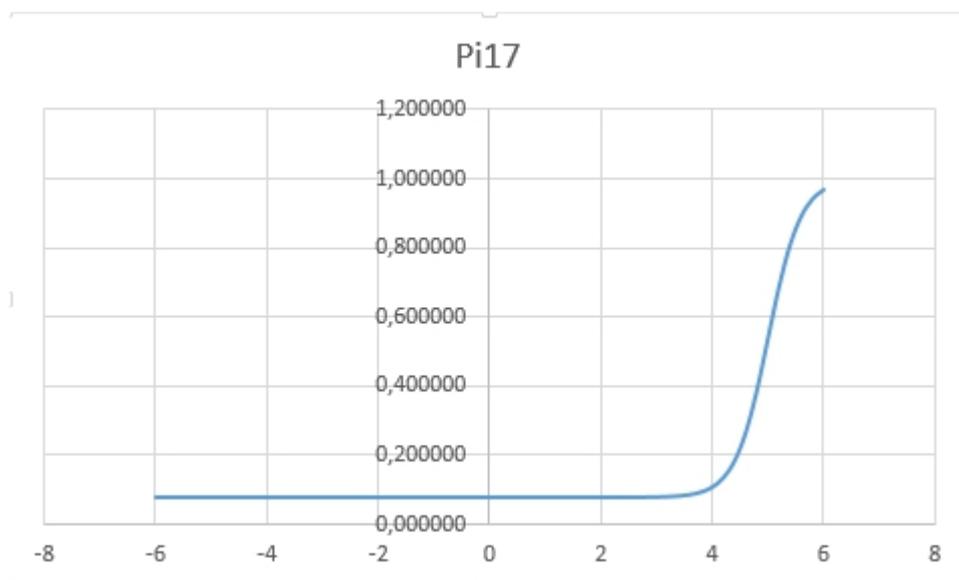


Figura 6.35: Gráfico obtido pela Função de Resposta do Item dada pela equação 2.7 para o Item 12.

A análise desse item é semelhante ao anterior diferenciando-se pelo fato de apenas três estudantes terem acertado este item.

Segundo a análise por meio da taxonomia as questões ficaram assim distribuídas:

Parte objetiva da avaliação:

- 03 itens fáceis.
- 02 item médios.
- 03 itens difíceis.

Parte subjetiva da avaliação:

- 04 itens ramificadas em 09 perguntas, todos difíceis.

Nas tabelas abaixo comparamos a classificação de cada item feita pela Taxonomia de Bloom com a obtida para o parâmetro b da TRI.

Dimensão do processo cognitivo (Nível)	1		2		3		4	
Dimensão do conhecimento	A	B	A	B	A	B	A	B
Habilidade ou dificuldade	b < -1,5	-1,5 < b < -1,0	-1,0 < b < -0,5	-0,5 < b < 0,0	0,0 < b < 0,5	0,5 < b < 1,0	1,0 < b < 1,5	1,5 < b
Classificação do Item	MF	F	F	M	M	D	D	MD
01 - Taxonomia								
01 - TRI	---							
02 - Taxonomia								
02 - TRI	--							
03 - Taxonomia								
03 - TRI	----							
04 - Taxonomia								
04 - TRI	----							
05 - Taxonomia								
05 - TRI	--							
06 - Taxonomia								
06 - TRI	----							
07 - Taxonomia								
07 - TRI	----							
8 - Taxonomia								
08 - TRI	--							

Dimensão do processo cognitivo (Nível)	1		2		3		4	
Dimensão do conhecimento	A	B	A	B	A	B	A	B
Habilidade ou dificuldade	b < -1,5	-1,5 < b < -1,0	-1,0 < b < -0,5	-0,5 < b < 0,0	0,0 < b < 0,5	0,5 < b < 1,0	1,0 < b < 1,5	1,5 < b
Classificação do Item	MF	F	F	M	M	D	D	MD
09 a - Taxonomia								
09 a - TRI	----							
09 b - Taxonomia								
09 b - TRI	----							
09 c - Taxonomia								
09 c - TRI	--							
09 d - Taxonomia								
09 d - TRI	--							
10 a - Taxonomia								
10 a - TRI	----							
10 b - Taxonomia								
10 b - TRI	----							
10 c - Taxonomia								
10 c - TRI	--							
11 - Taxonomia								
11 - TRI	--							
12 - Taxonomia								
12 - TRI	--							

Figura 6.36: Tabela comparativa entre a classificação do item pela Taxonomia de Bloom e pela TRI para itens de múltipla escolha.

Como podemos observar a maioria dos itens recebeu a mesma classificação ou muito próxima nos dois métodos, salvo aquele item que apresentou deficiência ou traços de erros interferindo assim no resultado, principalmente no apresentado pela TRI. O resultado da tabela apresenta forte correlação entre as análises por Taxonomia e TRI. A aplicação da TRI em avaliações acadêmicas, portanto, fornece resultados para a dificuldade das questões em um teste com boa concordância com as análises pedagógicas que indicam também o nível de dificuldade dos mesmos itens. Esse resultado é importante na

medida em que um tipo de análise corrobora com a outra, mesmo que tenham naturezas diferentes.

A TRI por ser uma metodologia estatística tem como prerrogativa o fato de ser mais precisa quanto maior for a amostragem utilizada, portanto para populações pequenas não é aconselhado seu uso para a determinação da nota ou habilidade do aluno ao ponto de substituir a TCT, porém para uma análise de desempenho e de evolução no aprendizado ou até para obter um diagnóstico de um grupo de respondentes, por menor que seja, ela demonstrou resultados bastante satisfatórios já que é possível determinar a habilidade de cada aluno bem como a dificuldade dos itens com um grau de fundamentação bem maior que na TCT.

A Taxonomia de Bloom mostrou-se uma ferramenta pedagógica poderosa no auxílio da montagem de um teste visto que a logística das avaliações corriqueiras de um ano letivo dificulta a aplicação dos pré-testes com o intuito de classificar os itens quanto ao nível de dificuldade para que os mesmos possam ser utilizados em testes com uma boa distribuição de níveis de dificuldade. Apesar de sua subjetividade, conseguimos traçar uma estratégia baseada na utilização de verbos para cada nível de conhecimento, sugerida por diversos autores, e assim montar uma tabela que permita ao professor classificar os itens com um certo grau de facilidade e precisão, fato comprovado pelos resultados obtidos e comparados aos da TRI.

Capítulo 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação é uma fase do processo de ensino-aprendizagem muito importante pois permite, quando bem produzida, diagnosticar o desempenho do respondente, bem como a eficácia da metodologia utilizada para a abordagem do conteúdo.

Na Física existe um tabu, que vem sendo combatido pelos professores da área, que prega que a física é matemática, ou seja, física se resume em equações, gráficos e cálculos, na realidade a matemática serve como ferramenta de sustentação para dar base aos conceitos e teorias. As avaliações ainda são reflexo desse pensamento, a maioria dos testes aplicados avaliam mais as habilidades e competências que envolvem manipulação com números.

Neste trabalho tivemos a oportunidade de analisar e discutir diversas situações envolvendo avaliações que usam a TRI, primeiramente foi aplicado um teste que foi analisado por meio das duas grandes teorias que dividem a psicometria, a TCT e a TRI, foi possível perceber que apesar da complexidade da logística necessária para sua aplicação e das equações que envolvem suas análises, a TRI se mostrou mais eficiente na disposição de informações não só em relação ao respondente quanto também à análise dos itens, permitindo que possam indicar as deficiências tanto no aprendizado do aluno quanto na metodologia aplicada pelo professor. Apesar do resultado ter sido bastante satisfatório é importante ressaltar que pelo fato de a TRI utilizar modelos estatísticos, existe a necessidade da utilização de um tamanho significativo da amostragem para uma maior precisão dos resultados impedindo assim que esses valores possam ser relevantes ao ponto de substituir de fato os resultados apresentados pela TCT, mas nos permitem com um embasamento maior diagnosticar falhas no aprendizado, deficiências de conhecimento ou má aplicação de estratégia de ensino nas turmas avaliadas.

Podemos extrair a comparação entre a TCT e a TRI apresentada na tabela abaixo:

TRI	Teoria Cássica de Testes
Faz comparações entre traço latente de indivíduos de populações diferentes quando são submetidos a testes ou questionários que tenham alguns itens comuns e permite, ainda, a comparação de indivíduos da mesma população submetidos a testes totalmente diferentes.	Não possibilita fazer comparações entre traço latente de indivíduos de populações diferentes quando são submetidos a testes ou questionários que tenham alguns itens comuns ou a comparação de indivíduos da mesma população submetidos a testes totalmente diferentes.
Elementos centrais são os itens.	Elementos centrais são os testes ou questionários como um todo.
Permite um tratamento para um conjunto de dados faltantes, utilizando para isso somente os dados respondidos.	Não permite um tratamento para um conjunto de dados faltantes.
Segue o princípio da invariância, isto é, os parâmetros dos itens não dependem do traço latente do respondente e os parâmetros dos indivíduos não dependem dos itens apresentados.	Depende intrinsecamente do objeto medido, itens que os compõe e do instrumento utilizado.

Na aplicação do segundo teste a Taxonomia de Bloom se mostrou bastante eficiente no auxílio à elaboração para uma boa distribuição de nível de cobrança assim como nas habilidades e competências, sendo comprovado sua eficácia quando os itens foram classificados pela TRI de acordo com o parâmetro dificuldade obtido. Apesar de em alguns casos ter destoado do que apresentou o resultado, podemos considerar que a taxonomia dá uma boa sustentação teórica na elaboração de avaliações com itens que não foram pré testados. Mesmo com a subjetividade na classificação dos níveis dos itens de acordo com a taxonomia, conseguimos traçar uma estratégia interessante a ponto de diminuir essa subjetividade e proporcionar ao professor uma maior segurança na classificação do item por meio da taxonomia. Ainda é necessário um estudo mais aprofundado e uma repetição na aplicação de testes afim de aprimorar o uso da taxonomia e diminuir mais ainda a margem de subjetividade apresentada por ela.

Esta segunda aplicação também nos mostra que mesmo com baixas amostragens é possível obter resultados que nos permitam fazer um estudo quanto ao nível de aprendizado da turma como um todo ou de cada estudante individualmente, apesar de não

ser recomendável seu uso para a aferição de notas visto que sua compreensão difícil para pessoas leigas no assunto e que a reduzida quantidade de dados não fornece um valor de proficiência tão preciso quanto o necessário.

A complexidade dos cálculos e na interpretação dos resultados são fatores que, a princípio, podem afastar do professor a iniciativa de usar a Teoria de Resposta ao Item nas suas avaliações, mas mesmo não substituindo a métrica da Teoria Clássica de Medidas pela TRI, ela se mostrou uma ferramenta bastante útil tanto para o professor como para a instituição pois permite comparar a proficiência dos alunos em um determinado assunto e a qualidade do item quanto à dificuldade e a sua capacidade de discriminação entre estudantes de habilidades diferentes, possibilitando ao professor e à instituição a escolha de estratégias de ensino para solucionar um baixo rendimento de um grupo ou de um indivíduo. O produto desenvolvido durante o curso tem como objetivo eliminar a necessidade de que os cálculos sejam feitos pelo professor ficando a cargo da planilha e do programa executá-los, assim o professor pode se concentrar na interpretação dos resultados e na escolha de estratégias para aumentar a eficiência dos alunos nos conteúdos.

Apesar de os resultados terem sido muito satisfatórios como a verificação na primeira aplicação que a TRI fornece melhores resultados e com um grau de informação maior como observado no histograma da figura 5.2 que mostra o resultado da TRI seguindo a distribuição Gaussiana enquanto o histograma das notas obtidas pela TCT não segue a mesma curva dificultando a análise de cada estudante com o resultado geral da turma e na segunda aplicação que na grande maioria dos itens tivemos uma concordância da classificação feita pela taxonomia com a feita pela TRI como observado na tabela da Figura 6.37, salvo em alguns casos que foram justificados por características intrínsecas do item ou falha na elaboração, algumas questões como a divergência em alguns itens na classificação feita pela Taxonomia de Bloom e a TRI, a possibilidade da classificação feita pela Taxonomia ser diferente para diferentes pessoas, o parâmetro de “acerto ao acaso” em alguns itens terem divergido bastante quando foi indicado de quando foi calibrado, surgiram durante a aplicação dos testes e a utilização das teorias que não puderam ser esclarecidas neste trabalho por necessitarem de uma pesquisa mais aprofundada nestes quesitos e a aplicação de outros testes, abrindo a possibilidade para o desenvolvimento de outros trabalhos envolvendo o tema.

Apêndice A

UMA REVISÃO DA MATRIZ DE REFERÊNCIA DO NOVO ENEM 2009 APLICADA À FÍSICA

O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Educação e Cultura (MEC), cuja missão é promover estudos, pesquisas e avaliações sobre o Sistema Educacional Brasileiro com o objetivo de subsidiar a formulação e implementação de políticas públicas para a área educacional a partir de parâmetros de qualidade e equidade, bem como produzir informações claras e confiáveis aos gestores, pesquisadores, educadores e público em geral, é assim que se define o próprio Inep. Para gerar seus dados e estudos educacionais, o Inep realiza levantamentos estatísticos e avaliativos em algumas etapas da educação básica, assim como na modalidade de jovens e adultos. No intuito de auxiliar os estudantes na orientação dos seus estudos criou a Matriz de Referência do Enem 2009. Nela estão contidas informações e orientações sobre o que se cobrado na prova do Enem.

É possível encontrar a matriz na íntegra no site do MEC¹, mas faremos uma análise mais criteriosa das competências e habilidades que fazem referência à disciplina de física, portanto estão suprimidas desta análise as competências 4, 7 e 8 e as habilidades 11, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30. No Anexo A encontra-se o fragmento da matriz correspondente ao que será analisado neste capítulo.

A.1 Eixos Cognitivos

A matriz de referência traz alguns eixos que serão comuns a todas as áreas de conhecimento, os eixos cognitivos, isso serve para avaliar a visão global que o aluno tem.

De acordo com o Site do Enem[20] na matriz de referência do Enem 2009, dentro desse eixo será avaliada a capacidade que o estudante tem para **dominar linguagens** como a língua portuguesa, interpretar as linguagens matemáticas, artística, científica e

¹<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=841-matriz-1&category_slug=documentos-pdf&Itemid=30192>

ainda o seu grau de conhecimento das línguas estrangeiras (inglês e espanhol); **a capacidade de compreender fenômenos**, que através do conhecimento de várias áreas consegue-se criar mecanismos que façam a compreensão dos fenômenos naturais e de produção tecnológica; **capacidade de enfrentar situações e problemas**, que compreende a capacidade de selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações de diferentes formas e tomar decisões; **capacidade de construir argumentação** relacionando informações que estejam representadas de diferentes formas para construir uma arguição consistente e apresentar de forma lógica e coesa; **capacidade de elaborar propostas** com base no conhecimento adquirido de forma solidária, respeitando os valores humanos considerando as diversidades socioculturais.

A.1.1 *Dominar linguagens (DL)*

Segundo a Matriz de Referência do ENEM[2] este eixo exige do aluno dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.

Portanto tem como objetivo verificar a capacidade do aluno em compreender textos verbais ou visuais como gráficos, imagens, tabelas, tirinhas, entre outros, para que possa responder corretamente o comando do item. Na física muitos itens trazem informações organizadas em tabelas ou até interpretadas em imagens de fenômenos físicos que o aluno deve reconhecer ao identificar elementos dos mesmos.

A.1.2 *Compreender fenômenos (CF)*

Para a Matriz de Referência do ENEM[2] neste eixo o aluno deve construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.

Compreender como os fenômenos físicos interferem na sociedade e como os acontecimentos históricos assim como os marcos sócio-culturais estão relacionados com as descobertas científicas fazem parte da avaliação proposta deste eixo cognitivo.

A.1.3 *Enfrentar situações-problema (SP)*

Encontramos na Matriz de Referência do ENEM[2] que faz parte da cobrança neste eixo selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.

Neste eixo o aluno é desafiado à usar os conhecimentos adquiridos para solucionar problemas ou aplicar em situações que possam ser beneficiadas pelo uso da ciência.

A.1.4 *Construir argumentação (CA)*

De acordo com a Matriz de Referência do ENEM[2] neste eixo o aluno deve ser capaz de relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.

Com base em dados coletados e conceitos apreendidos o aluno deve ter condições de argumentar e defender ponto de vista diante de diferentes circunstâncias aplicadas ao cotidiano.

A.1.5 *Elaborar propostas (EP)*

Por fim a Matriz de Referência do ENEM[2] define este eixo como sendo a capacidade de recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.

Neste eixo é trabalhado com o aluno o lado solidário e humanitário em que deve ter condições de aplicar seus conhecimentos em prol do bem comum e da preservação de recursos naturais bem como de propor soluções para problemas recorrentes ao mau uso destes recursos.

Podemos observar que os dois últimos eixos cognitivos são mais fortemente cobrados na Produção Textual, portanto na Redação, já os primeiros são cobrados nos itens de múltipla escolha. Percebemos também um cobrança acumulativa de um eixo para outro mostrando assim que itens que envolvem exclusivamente o eixo 1 podem ser classificados como fáceis, o eixo 2 médios e o eixo 3 difíceis, já que para que o aluno *Compreenda fenômenos* ele deve *Dominar linguagens* e para que o aluno possa *Enfrentar situações-problema* ele deve *Dominar linguagens* e *Compreender fenômenos*.

A.2 **Competências e Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**

Para o MEC[2] **Competências** significam modalidades da inteligência que cada ser humano usa para estabelecer as relações com as coisas que desejamos conhecer e quanto às **Habilidades**, essas são já as Competências adquiridas, estando elas ligadas diretamente ao “saber fazer”, a execução.

Aqui trataremos das Competências e das Habilidades, que especificamente envolvem a Física. Estes dois conceitos são os principais parâmetros de avaliação que o ENEM se propõe a verificar de um respondente, é baseado na competência e na habilidade presentes no item que o aluno demonstra o nível de proficiência que possui no tema e situação proposto pelo item.

A.2.1 *Competência de Área 1*

Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

- **H1-** Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.
- **H2-** Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.
- **H3-** Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.
- **H4-** Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

A.2.2 *Competência de Área 2*

Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

- **H5-** Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.
- **H6-** Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.
- **H7-** Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

A.2.3 *Competência de Área 3*

Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

- **H8-** Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.
- **H9-** Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

- **H10-** Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevenindo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.
- **H12-** Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

A.2.4 *Competência de Área 5*

Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

- **H17-** Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.
- **H18-** Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.
- **H19-** Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

A.2.5 *Competência de Área 6*

Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

- **H20-** Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.
- **H21-** Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.
- **H22-** Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.
- **H23-** Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

A.3 Objetos de conhecimento associados às Matrizes de Referência da Disciplina de Física

- **Conhecimentos básicos e fundamentais** - Noções de ordem de grandeza. Notação Científica. Sistema Internacional de Unidades. Metodologia de investigação: a procura de regularidades e de sinais na interpretação física do mundo. Observações e mensurações: representação de grandezas físicas como grandezas mensuráveis. Ferramentas básicas: gráficos e vetores. Conceituação de grandezas vetoriais e escalares. Operações básicas com vetores.
- **O movimento, o equilíbrio e a descoberta de leis físicas** - Grandezas fundamentais da mecânica: tempo, espaço, velocidade e aceleração. Relação histórica entre força e movimento. Descrições do movimento e sua interpretação: quantificação do movimento e sua descrição matemática e gráfica. Casos especiais de movimentos e suas regularidades observáveis. Conceito de inércia. Noção de sistemas de referência inerciais e não inerciais. Noção dinâmica de massa e quantidade de movimento (momento linear). Força e variação da quantidade de movimento. Leis de Newton. Centro de massa e a ideia de ponto material. Conceito de forças externas e internas. Lei da conservação da quantidade de movimento (momento linear) e teorema do impulso. Momento de uma força (torque). Condições de equilíbrio estático de ponto material e de corpos rígidos. Força de atrito, força peso, força normal de contato e tração. Diagramas de forças. Identificação das forças que atuam nos movimentos circulares. Noção de força centrípeta e sua quantificação. A hidrostática: aspectos históricos e variáveis relevantes. Empuxo. Princípios de Pascal, Arquimedes e Stevin: condições de flutuação, relação entre diferença de nível e pressão hidrostática.
- **Energia, trabalho e potência** - Conceituação de trabalho, energia e potência. Conceito de energia potencial e de energia cinética. Conservação de energia mecânica e dissipação de energia. Trabalho da força gravitacional e energia potencial gravitacional. Forças conservativas e dissipativas.
- **A Mecânica e o funcionamento do Universo** - Força peso. Aceleração gravitacional. Lei da Gravitação Universal. Leis de Kepler. Movimentos de corpos celestes. Influência na Terra: marés e variações climáticas. Concepções históricas sobre a origem do universo e sua evolução.
- **Fenômenos Elétricos e Magnéticos** - Carga elétrica e corrente elétrica. Lei de Coulomb. Campo elétrico e potencial elétrico. Linhas de campo. Superfícies equipotenciais. Poder das pontas. Blindagem. Capacitores. Efeito Joule. Lei de Ohm. Resistência elétrica e resistividade. Relações entre grandezas elétricas:

tensão, corrente, potência e energia. Circuitos elétricos simples. Correntes contínua e alternada. Medidores elétricos. Representação gráfica de circuitos. Símbolos convencionais. Potência e consumo de energia em dispositivos elétricos. Campo magnético. Ímãs permanentes. Linhas de campo magnético. Campo magnético terrestre.

- **Oscilações, ondas, óptica e radiação** - Feixes e frentes de ondas. Reflexão e refração. Óptica geométrica: lentes e espelhos. Formação de imagens. Instrumentos ópticos simples. Fenômenos ondulatórios. Pulsos e ondas. Período, frequência, ciclo. Propagação: relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda. Ondas em diferentes meios de propagação.
- **O calor e os fenômenos térmicos** - Conceitos de calor e de temperatura. Escalas termométricas. Transferência de calor e equilíbrio térmico. Capacidade calorífica e calor específico. Condução do calor. Dilatação térmica. Mudanças de estado físico e calor latente de transformação. Comportamento de Gases ideais. Máquinas térmicas. Ciclo de Carnot. Leis da Termodinâmica. Aplicações e fenômenos térmicos de uso cotidiano. Compreensão de fenômenos climáticos relacionados ao ciclo da água.

Apêndice B

CONCEITOS DA CINEMÁTICA ESCALAR E MOVIMENTOS RETILÍNEOS

Neste capítulo serão tratados os conceitos físicos envolvidos na avaliação utilizada para coleta de dados e verificação dos resultados obtidos por meio da aplicação das teorias da Taxonomia de Bloom e da TRI.

O assunto escolhido para ser objeto de avaliação dos alunos foi a *Cinemática Escalar e os Movimentos Retilíneos* que faz parte da *Mecânica*, que é o ramo da Física que estuda os fenômenos, as causas e as consequências nos movimentos de corpos de tamanhos e velocidades terrestres.

A Mecânica é dividida em três áreas:

- Cinemática: estuda os movimentos sem suas causas.
- Dinâmica: estuda os movimento e suas causas.
- Estática: estuda os corpos em equilíbrio estático.

B.1 Cinemática

Para que possamos compreender melhor o estudo que envolve a Cinemática, podemos considerar que nela apenas descrevemos os movimentos através de razões, funções matemáticas e gráficos que demonstram o comportamento das grandezas que envolvem o movimento relacionadas umas às outras.

Dividiremos o estudo da cinemática da seguinte forma, primeiramente estudaremos as definições de expressões e conceitos que aparecerão nas teorias que a envolvem fazendo uma espécie de dicionário da cinemática, visto que algumas expressões não são conhecidas pelos alunos que estudam este assunto pela primeira vez ou até mesmo são usados no dia a dia de forma controversa com sua definição científica, em seguida estudaremos os movimentos retilíneos, primeiramente o uniforme e em seguida o uniformemente variado.

B.1.1 *Conceitos da Cinemática Escalar*

Visto que os alunos que estudam a cinemática pela primeira vez são de 9º ano do Ensino Fundamental ou de 1ª série do Ensino Médio, muitos conceitos e expressões que são abordadas na cinemática não são de seu conhecimento ou tem seu uso distorcido por vícios de linguagem ou até regionalismo, para que isso não venha a atrapalhar o estudo dos movimentos listaremos aqui alguns desses termos e os definiremos corretamente.

- **Referencial** - O primeiro e talvez mais importante dos conceitos, pois ele dá condições que outros conceitos possam ser definidos e que grandezas físicas possam ser mensuradas. Referencial é tudo aquilo que usamos para medir, comparar ou classificar, pode ser um lugar, um objeto, uma pessoa, ou algo que nos dê condições de indicar um valor para representar uma medida.

Para que possamos classificar algo como pequeno ou grande, longe ou perto, rápido ou demorado, temos que definir um referencial.

Exemplo: Durante muitos anos acreditava-se que o Sol girava em torno da Terra, pois o referencial que tínhamos, ou seja o ponto de vista, era da Terra e víamos o Sol nascer de um lado e se pôr do outro nos levando a concluir que o mesmo circundava a Terra, hoje sabemos que num outro referencial a Terra gira em torno do Sol, por uma simples mudança de referencial podemos mudar toda a interpretação e análise de um fenômeno. Nos conceitos seguintes veremos outras aplicações para o termo referencial.

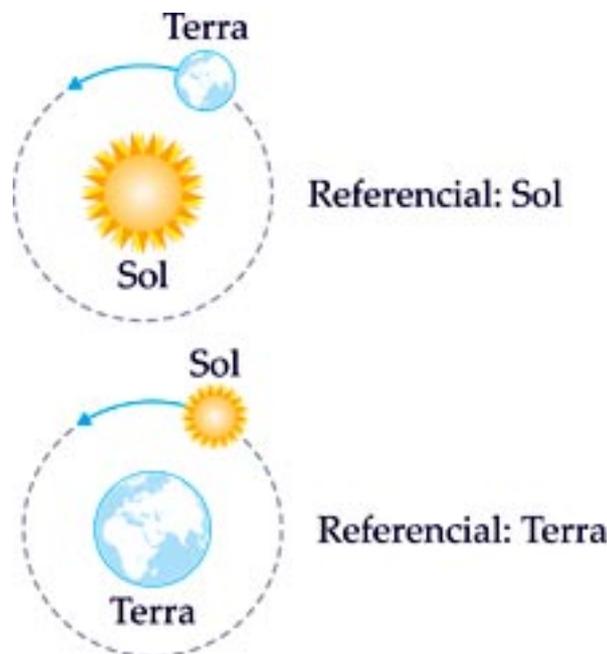


Figura B.1: Movimentos em referenciais diferentes.

- **Ponto Material** - Objetos que possuem massa, porém dimensões desprezíveis para um dado referencial.

Exemplo: Uma formiga se movendo em uma sala de aula, um automóvel numa viagem em uma estrada, um avião indo de uma cidade à outra, são exemplos de situações em que as dimensões dos objetos analisados não interferem no estudo dos seus movimentos.

- **Corpo Extenso** - É um conceito que se opõe ao anterior, pois se trata de corpos que também possuem massa mas tem dimensões consideráveis para o referencial considerado.

Exemplo: Um caminhão cegonha ao atravessar uma ponte, um pneu ao rolar numa rampa, são exemplos que as dimensões dos objetos estudados devem ser consideradas para efeitos de análise do movimento e de cálculo de grandezas envolvidas.

- **Móvel** - objeto em análise que se move ou pode entrar em movimento.

Exemplo: Carro, moto, avião, pessoas, blocos e outros.

- **Trajatória** - É o “desenho” do percurso observado pelo observador que se encontra num dado referencial.

Exemplo: Um ponto de uma das hélices de um helicóptero durante sua subida tem trajetória circular para o piloto e helicoidal para uma pessoa que se encontra observando o mesmo do chão.

- **Instante (t)** - é a marcação de tempo do instrumento de medida utilizado no momento em que o fenômeno físico ocorre.

Algumas unidades usadas para medir o instante são:

$$[t] = s, \text{min}, h, \text{dia}, \dots$$

Podemos destacar uma:

- Segundos (s): Usada no Sistema Internacional de Unidades (SI).

Para efetuarmos transformações entre as unidades usaremos os padrões:

- 1 ano = 12 meses.
- 1 mês = 30 dias.
- 1 dia = 24 horas.
- 1 hora = 60 minutos.



Figura B.2: Trajetória circular das hélices de um helicóptero.

– 1 minuto = 60 segundos.

Exemplo: A ultrapassagem entre os dois móveis ocorreu no vigésimo segundo de movimento, ou seja, no instante $t = 20s$.

- **Intervalo de tempo (Δt)** - corresponde a duração de um fenômeno, a variação dos instantes de início e fim, portanto, a diferença entre o instante inicial e o final de um acontecimento.

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (\text{B.1})$$

Exemplo: Calcule o intervalo de tempo de duração de uma aula de física sabendo que inicia às 07h20min e termina às 08h10min.

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$\Delta t = 08h10min - 07h20min$$

$$\boxed{\Delta t = 50min}$$

- **Posição ou Espaço (S)** - é a distância que o móvel se encontra ao referencial no momento observado.

Algumas unidades usadas para medir a posição são:

$$[S] = m, km, cm, mm, \dots$$

Podemos destacar duas:

- Metro (m): Usada no Sistema Internacional de Unidades (SI).
- Quilômetro (km): Unidade mais adequada para movimentos de carros, aviões,...

Utilizamos a Tabela 5.5 na transformação de unidades de comprimento.

Tabela B.1: Unidades de medida de comprimento.

Múltiplos			Unidade padrão	Submúltiplos		
quilômetro	hectômetro	decâmetro	metro	decímetro	centímetro	milímetro
km	hm	dam	m	dm	cm	mm
10^3m	10^2m	10^1m	10^0m	$10^{-1}m$	$10^{-2}m$	$10^{-3}m$

Exemplo: Na figura abaixo percebemos o móvel (a bola), ocupando três posições diferentes durante seu movimento.

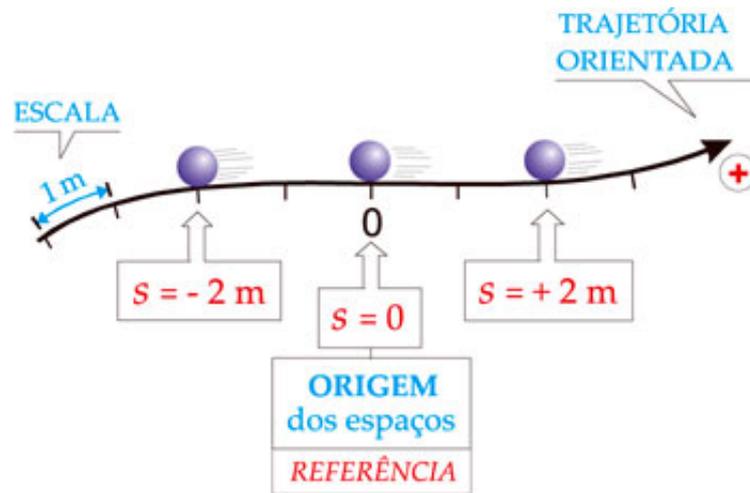


Figura B.3: Posições ocupadas por um móvel durante o movimento.

- **Deslocamento** (ΔS) - também chamado de variação do espaço, o deslocamento representa o quanto o móvel se moveu ou a diferença entre as posições ocupadas em dois momentos do movimento, a posição posterior menos a anterior.

$$\Delta S = S_2 - S_1 \quad (\text{B.2})$$

Exemplo: Observando a Figura 5.8 percebemos que o deslocamento total do móvel da posição $S_1 = +2m$ à posição $S_2 = -2m$ é de:

$$\Delta S = S_2 - S_1$$

$$\Delta S = -2 - (+2)$$

$$\Delta S = -2 - 2$$

$$\boxed{\Delta S = -4m}$$

Como o valor encontrado é negativo, classificamos esse movimento como **RETRÓ-GRADO**, no caso de deslocamento positivo classificaríamos como **PROGRESSIVO**.

- **Movimento x Repouso** - Esses conceitos serão vistos juntos pois além de se contrapor, dependem do referencial adotado. O móvel é tido como em movimento quando sua posição em relação ao referencial adotado muda ao passar do tempo, caso contrário estará em repouso.

É importante notar que um mesmo corpo pode ser considerado em movimento ou em repouso ao mesmo tempo, bastando para isso adotar referenciais diferentes.

Exemplo: Uma pessoa sentada no banco do passageiro de um carro que trafega em uma rodovia está em repouso em relação ao carro, porém encontra-se em movimento para os objetos fixos ao chão como postes, árvores, casas e outros.

- **Velocidade média** (v_m) - é um conceito matemático, a velocidade média é uma razão entre o deslocamento do móvel (ΔS) e o intervalo de tempo gasto (Δt) usado para deslocar-se.

$$v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} \tag{B.3}$$

As unidades usadas para medir velocidade média consistem na relação entre uma unidade de comprimento e uma unidade de tempo.

$$[v_m] = \frac{[\Delta S]}{[\Delta t]}$$

$$[v_m] = \frac{m}{s}; \frac{km}{h}; \frac{cm}{min}; \dots$$

Podemos destacar duas:

- Metro por segundo ($\frac{m}{s}$): Usada no Sistema Internacional de Unidades (SI).
- Quilômetro por hora ($\frac{km}{h}$): Unidade mais adequada para movimentos de carros, aviões,...

Assim, para que possamos transformar uma unidade em outra basta efetuarmos a transformação de cada medida, deslocamento e tempo, em seguida dividimos os valores encontrados para obtermos a velocidade na unidade desejada. Mas para as unidades destacadas temos uma regra prática:

$$\frac{m}{s} \begin{array}{c} \xrightarrow{x3,6} \\ \xleftarrow{:3,6} \end{array} \frac{km}{h}$$

Exemplo: Um automóvel parte do $km10$ de uma rodovia às $7h$ e pretende chegar ao seu destino que se encontra no $km100$ da mesma rodovia às $8h30min$. Qual a velocidade média que o motorista deve manter para conseguir seu objetivo?

Usando a Equação (5.3), temos:

$$\begin{aligned} v_m &= \frac{\Delta S}{\Delta t} \\ v_m &= \frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1} \\ v_m &= \frac{100km - 10km}{8,5h - 7h} \\ v_m &= \frac{90km}{1,5h} \\ \boxed{v_m = 60km/h} \end{aligned}$$

- **Velocidade instantânea (v)** - é a velocidade do móvel num dado instante.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} \tag{B.4}$$

Exemplo: Este recurso é utilizado em muitos fotossensores para verificar se os veículos estão dentro do limite de velocidade da via, duas faixas de sensores, muito próximas uma da outra, acionam e interrompem um cronômetro que com a distância entre elas determinam através da razão distância por tempo resultam na velocidade com que o móvel trafega num dado instante.

- **Aceleração média (a_m)** - corresponde à taxa com que uma velocidade varia num intervalo de tempo, portanto, representa o ganho ou perda de velocidade por unidade de tempo.

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \tag{B.5}$$

As unidades usadas para medir aceleração média consistem na relação entre uma unidade de velocidade e uma unidade de tempo.

$$[v_m] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]}$$

$$[v_m] = \frac{[\Delta S]}{[\Delta t]} \cdot \frac{1}{[\Delta t]}$$

$$[v_m] = \frac{m}{s^2}; \frac{km}{h^2}; \frac{cm}{min^2}; \dots$$

Podemos destacar:

- Metro por segundo ao quadrado ($\frac{m}{s^2}$): Usada no Sistema Internacional de Unidades (SI).
- **Aceleração instantânea (a)** - corresponde à aceleração que o móvel está submetida num dado instante.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \tag{B.6}$$

Exemplo: Quando o motorista de um automóvel pisa no acelerador ele fornece uma aceleração que varia de acordo com a intensidade com que pressiona o pedal.

O movimento pode ser classificado de acordo com a aceleração da seguinte forma:

Tabela B.2: Classificação do movimento quanto à aceleração.

Aceleração (a)	Velocidade (v)	
	v > 0	v < 0
a > 0	ACELERADO	RETARDADO
a < 0	RETARDADO	ACELERADO
a = 0	UNIFORME	UNIFORME

B.1.2 *Movimento Uniforme (MU)*

A palavra movimento faz referência à grandeza velocidade, ou seja, para que o corpo esteja em movimento o mesmo deve possuir velocidade $v \neq 0$, para que seja uniforme a velocidade deve ser constante, portanto os princípios para que o movimento seja uniforme são:

- $v \neq 0$;
- $v \rightarrow \text{constante}$.

Como consequências dos princípios do movimento uniforme temos:

- $a_m = 0$;
- $v = v_m$.

B.1.3 *Funções Horárias.*

- **Espaço.**

Partindo das consequências temos que:

$$v = v_m$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$v = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$

considerando $t_0 = 0$ para o início da marcação do tempo.

$$v = \frac{s - s_0}{t}$$

$$v \cdot t = s - s_0$$

$$\boxed{s(t) = s_0 + v \cdot t} \tag{B.7}$$

A relação obtida anteriormente é denominada de *Função horária do espaço*, ela tem como objetivo fornecer a posição do móvel em cada instante do movimento, bastando para isso conhecer a posição inicial do movimento e a velocidade que o corpo possui.

- **Velocidade.**

A velocidade no MU é constante, portanto não depende do tempo, o seu valor é mesmo durante todo o movimento.

$$\boxed{v = k} \tag{B.8}$$

Podendo o k ser positivo (movimento progressivo) ou negativo (movimento retrógrado).

- **Aceleração.**

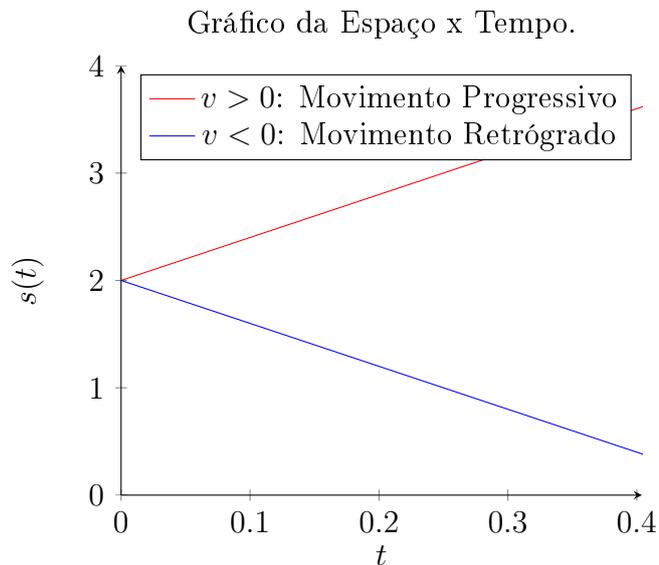
O móvel que está em um MU é caracterizado por sua velocidade ser constante, portanto, por não possuir aceleração, assim, a aceleração independe do tempo e possui um valor nulo para todo o movimento.

$$\boxed{a = 0} \tag{B.9}$$

B.1.2 Gráficos

- **Espaço x tempo (s x t).**

O gráfico da posição pelo tempo é regido pela função $s(t)$. Por ser uma função do primeiro grau, o gráfico fornecido tem um formato de uma reta que pode assumir as características apresentadas a seguir:



Podemos retirar algumas informações importantes do gráfico, como:

- o ponto onde o gráfico cruza o eixo $s(t)$ corresponde à posição inicial s_0 ocupada pelo móvel.
- a tangente do ângulo de inclinação da reta corresponde à velocidade do movimento do corpo.

- **Velocidade x tempo (v x t).**

Como a velocidade é constantes no Movimento Uniforme, o gráfico que corresponde à sua função com o tempo tem o padrão de uma reta horizontal, podendo ser acima do eixo do tempo, para velocidade positiva, ou abaixo, para velocidade negativa.

No gráfico da v x t a área da região delimitada entre dois instantes de tempo e o eixo do tempo é numericamente igual ao deslocamento efetuado pelo móvel neste intervalo de tempo.

$$\boxed{\Delta s = \text{Área}} \quad (\text{B.10})$$

- **Aceleração x Tempo (a x t).**

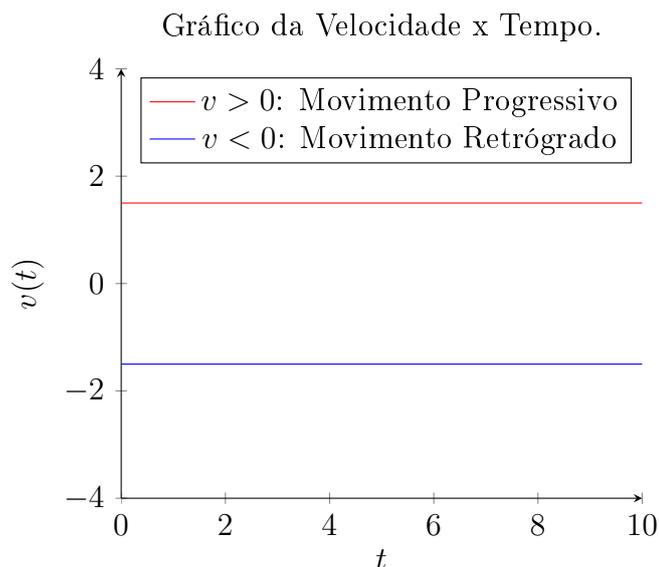


Figura B.4: Velocidade constante.

Como a aceleração não depende do tempo e tem um valor já definido para esse movimento ($a = 0$), o gráfico correspondente ao seu comportamento com o tempo está representado abaixo:

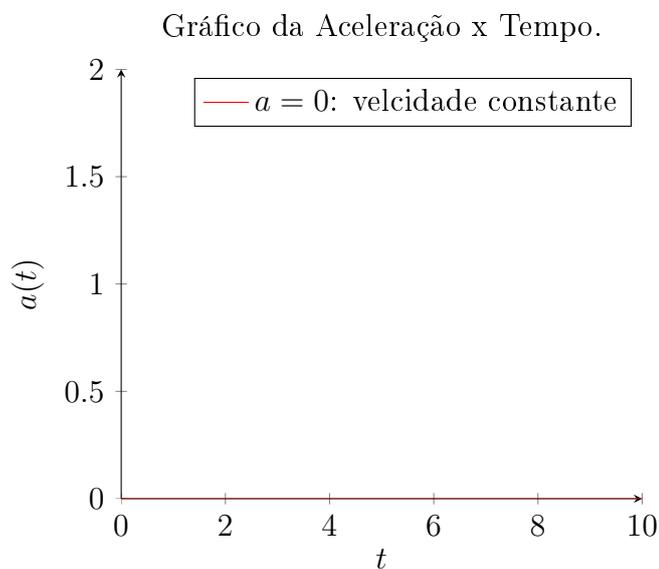


Figura B.5: Aceleração nula.

B.1.3 *Movimento Uniformemente Variado (MUV)*

O Movimento Uniformemente Variado é caracterizado pela aceleração $a \neq 0$, ou seja, a velocidade escalar do móvel varia, porém a uma taxa constante, assim, a aceleração que o móvel possui assume um valor constante durante o movimento.

Podemos destacar como princípios do MUV:

- $v \neq 0$;
- $v \rightarrow$ variável;
- $a \rightarrow$ constante.

Como consequências dos princípios do MUV temos:

- $v_m = \frac{v_0+v}{2}$;
- $a \neq 0$;
- $a = a_m$.

B.1.4 *Funções Horárias.*

• Velocidade.

Começaremos pela velocidade por ser a primeira grandeza constante neste movimento:

$$a = a_m$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

considerando $t_0 = 0$;

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$a \cdot t = v - v_0$$

$$\boxed{v(t) = v_0 + a \cdot t} \tag{B.11}$$

Determinamos assim a *Função Horária da Velocidade*, que tem como papel descrever o comportamento da velocidade do móvel em cada instante do movimento.

• Espaço.

Considerando os princípios e consequências para o MUV, temos:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

e

$$v_m = \frac{v_0 + v}{2}$$

então;

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{v_0 + v}{2}$$

$$\frac{s - s_0}{t - t_0} = \frac{v + v_0}{2}$$

considerando $t_0 = 0$ e usando $v = v_0 + a.t$;

$$\frac{s - s_0}{t} = \frac{(v_0 + a.t) + v_0}{2}$$

$$s - s_0 = \frac{(2.v_0 + a.t).t}{2}$$

$$s - s_0 = v_0.t + \frac{a}{2}.t^2$$

$$\boxed{s(t) = s_0 + v_0.t + \frac{a}{2}.t^2} \quad (\text{B.12})$$

A relação obtida acima é denominada *Função Horária do Espaço* por se tratar da relação que descreve os valores das posições ocupadas pelo móvel para cada instante do movimento.

- **Aceleração.**

A aceleração no MUV não é nula, mas é constante, podendo assumir valores positivos (se $v < 0$ o movimento será classificado como ACELERADO e se $v < 0$, RETARDADO) ou negativos (se $v > 0$ o movimento será classificado como ACELERADO e se $v > 0$, RETARDADO).

$$\boxed{a = k} \quad (\text{B.13})$$

B.1.2 *Gráficos*

- **Velocidade x tempo (v x t).**

A função que descreve o comportamento dos valores da velocidade para cada instante é do primeiro grau, sendo portanto representada por gráficos na forma de reta que pode ser crescente para $a > 0$ ou decrescente para $a < 0$.

Podemos destacar algumas informações importantes do gráfico:

- o ponto onde o gráfico cruza o eixo $v(t)$ corresponde à velocidade inicial v_0 que o móvel possuía no início da observação do movimento.
- a tangente do ângulo de inclinação da reta corresponde à aceleração do movimento do corpo.

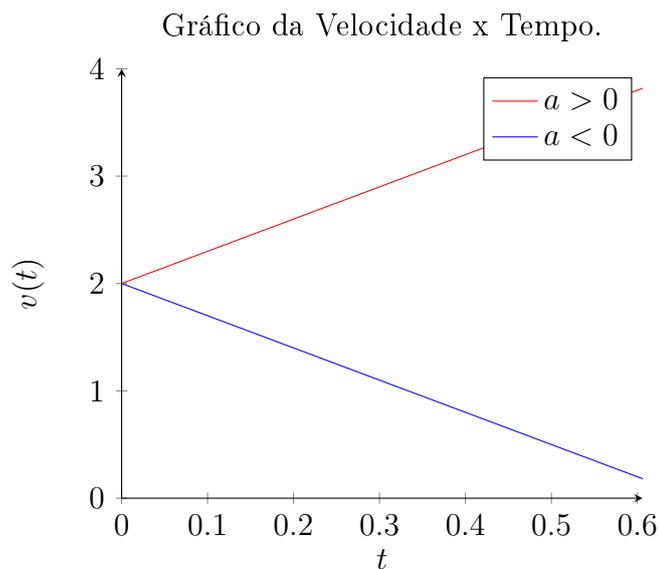


Figura B.6: Aceleração constante.

- a área da região limitada por dois instantes do movimento e o eixo do tempo corresponde ao deslocamento efetuado pelo móvel no intervalo de tempo destacado.

$$\Delta s = \text{Área}$$

- **Espaço x tempo (s x t).**

A função que descreve as posições ocupadas pelo corpo para cada instante do movimento é quadrática, gerando portanto um gráfico cujo formato é de uma parábola:

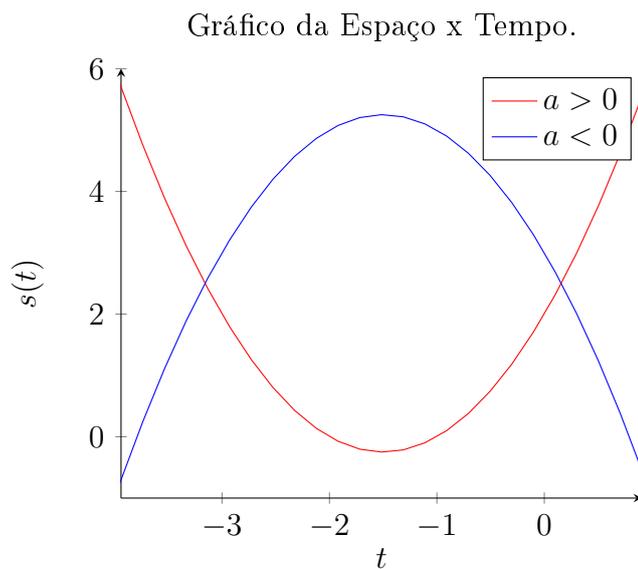


Figura B.7: Aceleração constante.

Informações importantes que podemos obter pela leitura do gráfico:

- o ponto onde o gráfico cruza o eixo $s(t)$ corresponde à posição inicial s_0 ocupada pelo móvel no início da observação do movimento.
- a inclinação da reta tangente a cada ponto do gráfico corresponde à velocidade no instante do ponto analisado.
- os pontos que o gráfico cruza o eixo do tempo correspondem aos instantes em que o móvel se encontra na origem dos espaços.

• **Aceleração x tempo (a x t).**

No MUV a aceleração não depende do tempo pois é um valor constante durante todo o movimento, assim o gráfico é uma reta horizontal podendo assumir valores positivos ou negativos.

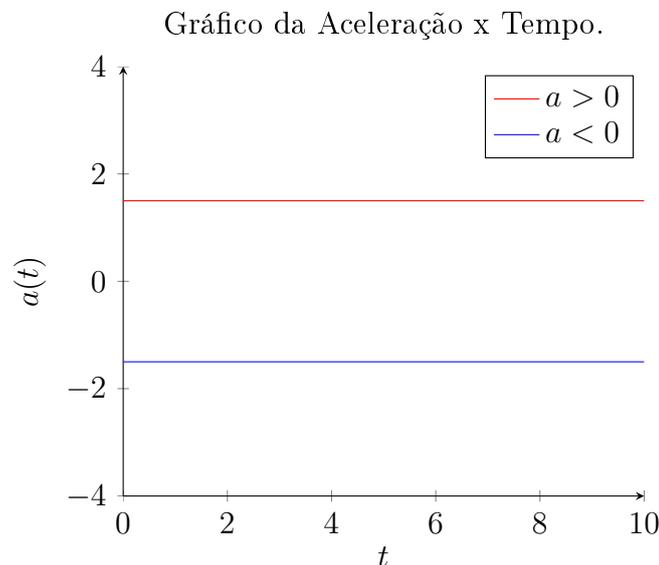


Figura B.8: Aceleração constante.

B.1.3 *Equação de Torricelli.*

A equação de Torricelli é uma equação da cinemática capaz de relacionar duas variáveis do movimento uniformemente variado (a velocidade e a posição) sem a necessidade do tempo, desenvolvida por Evangelista Torricelli.

Para que possa ser determinada, a equação parte das funções horárias da velocidade e da posição com o intuito de eliminar o fator tempo:

Sabendo que,

$$v = v_0 + a.t$$

isolamos o tempo,

$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

substituindo na função horária da posição $s = s_0 + v_0.t + \frac{a}{2}.t^2$,

$$s - s_0 = v_0.\left(\frac{v - v_0}{a}\right) + \frac{a}{2}.\left(\frac{v - v_0}{a}\right)^2$$

$$\Delta s = \frac{v.v_0 - v_0^2}{a} + \frac{a}{2}.\frac{v^2 - 2.v.v_0 + v_0^2}{a^2}$$

$$\frac{2.a.\Delta s}{2.a} = \frac{2.v.v_0 - 2.v_0^2}{2.a} + \frac{v^2 - 2.v.v_0 + v_0^2}{2.a}$$

$$2.a.\Delta s = 2.v.v_0 - 2.v_0^2 + v^2 - 2.v.v_0 + v_0^2$$

$$2.a.\Delta s = -v_0^2 + v^2$$

$v^2 = v_0^2 + 2.a.\Delta s$

(B.14)

B.1.4 *Movimento Relativo*

Como já vimos nos conceitos da cinemática muitos são considerados relativos pois dependem de um referencial, a velocidade é um exemplo. Um mesmo objeto está ao mesmo tempo parado e em movimento, basta para isso ser analisado em referenciais diferentes, o mesmo acontece com o valor da velocidade, muda a depender do referencial adotado.

Muitas situações como perseguições, ultrapassagens, encontros, colisões, dentre outras podem ser analisadas utilizando os conceitos de movimento relativo.

A palavra movimento refere-se à grandeza velocidade, portanto, o corpo está em repouso quando sua velocidade $v = 0$, o móvel está em um movimento uniforme quando sua velocidade é constante ou num movimento variado quando ela muda pra cada instante analisado, assim podemos por analogia deduzir que:

- **Caso os móveis estejam se movendo no mesmo sentido:**

$$v_{rel} = |v_A - v_B| \tag{B.15}$$

- **Caso os móveis estejam se movendo em sentidos contrários:**

$$v_{rel} = v_A + v_B \tag{B.16}$$

- **Para calcular o do tempo de encontro usamos:**

$$v_{rel} = \frac{\Delta s_{rel}}{\Delta t} \tag{B.17}$$

onde:

- v_{rel} : é a velocidade de um móvel em relação a outro. Exemplo: Dois carros trafegam em uma rodovia no mesmo sentido com velocidades $v_A = 80km/h$ e $v_B = 100km/h$. A velocidade de A em relação à B é:

$$v_{A,B} = |v_A - v_B|$$

$$v_{A,B} = |80 - 100|$$

$$\boxed{v_{A,B} = 20km/h}$$

- Δs_{rel} : é a distância que separa os móveis, ou seja, é o quanto um deles precisa se aproximar ou se afastar do outro para acontecer o que for determinado, como um encontro, uma ultrapassagem, uma colisão e assim por diante.
- Δt : é o intervalo de tempo do início da observação até o momento em que ocorre a ultrapassagem ou a colisão, o encontro,...

Apêndice C

O PRODUTO



Sumário

Sumário	2
I A Avaliação da aprendizagem em Física	7
1 Classificação dos objetivos cognitivos - Taxonomia de Bloom	8
2 Objetos do conhecimento em Física	12

3	Abordagem contextualizada e interdisciplinar	15
4	Elaboração de questões: orientações técnicas	19
II	Análise dos resultados da aprendizagem em Física	28
5	Teoria de Resposta ao Item (TRI)	29
6	Preparação dos dados	35
7	Software para análise dos dados pela TRI	42
8	Formatação e gráficos dos resultados	45
9	Interpretação de resultados	49

III APÊNDICE	53
REFERÊNCIAS	70

Apresentação

“Julgue seu sucesso pelas coisas que você teve que renunciar para conseguir.”

–Dalai Lama

A avaliação é um dos pontos mais polêmicos da educação. Por anos tem se discutido a forma correta de avaliar, os critérios que devem ser levados em consideração, as ferramentas que devem ser usadas para medir o conhecimento, dentre outras coisas.

Usaremos a Teoria de Resposta ao Item (TRI) como instrumento de medida em avaliações, pois trata-se de uma ferramenta estatística que possibilita a aná-

lise do desempenho do estudante de acordo com suas habilidades, as quais são identificadas pelo padrão de respostas que muda para cada respondente (discutiremos mais sobre a teoria no capítulo 05) e, baseado na matriz de referência do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), discutiremos os pontos de deficiência dos estudantes avaliados. Pode-se também avaliar que habilidades mais se destacam ou quais devem ser aprimoradas para se obter um melhor desempenho em avaliações futuras.

Neste manual trataremos de um procedimento o qual permitirá ao professor ou à instituição de ensino medir e analisar os resultados obtidos na avaliação para que se possa intervir de maneira mais eficaz no sentido de reduzir as falhas detectadas no processo de ensino-aprendizagem.

Parte I

A AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM EM FÍSICA

7 | 71

Capítulo 1

*Classificação dos
objetivos cognitivos -
Taxonomia de Bloom*

Para elaborar uma avaliação considerada adequada para uso da Teoria de Resposta ao Item (TRI) é necessário que seja formada por itens (é importante salientar que “item” é o termo normalmente designado para as questões) de nível fácil, médio e difícil para

uma determinada turma, na proporção 30%, 40% e 30%, respectivamente. Para garantir isso as questões devem ser pré-testadas e classificadas pela quantidade de acertos nos testes feitos previamente. Como a nossa intenção nesse manual é tornar o processo mais prático, pré-testar as questões antes de aplicá-las nas avaliações tornaria o processo lento e trabalhoso. Uma alternativa seria classificar as questões através da Taxonomia de Bloom.

“A Taxonomia de Bloom é um instrumentos cuja finalidade é auxiliar a identificação e a declaração dos objetivos ligados ao desenvolvimento cognitivo” [FERRAZ & BETHOLT], ou seja, engloba a aquisição do conhecimento, competência e atitudes, visando facilitar o planejamento do processo de avaliação.

“A Taxonomia de Bloom do Domínio Cognitivo é estruturada em níveis de complexidade crescente – do mais simples ao mais complexo – e isso significa que, para adquirir uma nova habilidade pertencente ao próximo nível, o aluno deve ter dominado e adquirido a habilidade do nível anterior.” [FERRAZ & BETHOLT]

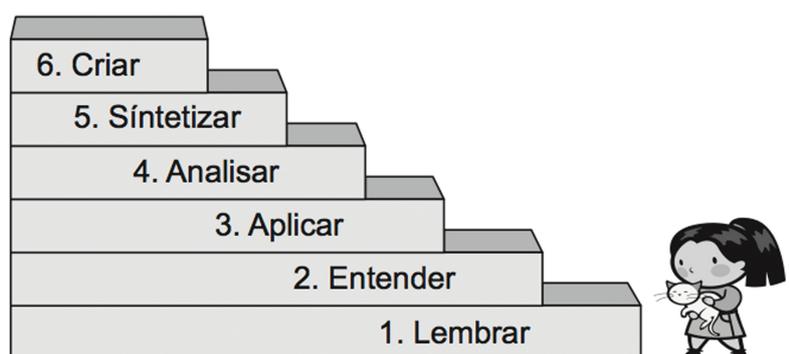


Figura 1.1: *Categorias do domínio cognitivo proposto por Bloom, Englehart, Furst, Hill e Krathwolh, que ficou conhecido como Taxonomia de Bloom.*

Como produziremos testes com itens de múltipla escolha (falaremos mais adiante sobre os tipos de itens) usaremos da categoria 1 à 4 da Figura 1.1, pois os itens 5 e 6 adequam-se melhor em itens dissertativos. Os itens que abordem exclusivamente a categoria 1 serão consideradas de nível fácil, os que abordem as categorias 2 e 3 de nível médio e as de categoria 4 de nível difícil. Vale reforçar que as categorias são cumulativas, ou seja, para entender, o aluno deve lembrar,

para aplicar o aluno deve entender e lembrar, e para analisar o aluno deve saber aplicar, deve entender e lembrar.

Exemplo:

Para um teste de 20 itens,

- 06 serão de nível fácil (*Lembrar*);
- 08 serão de nível médio (*Aplicar e Entender*) e
- 06 serão de nível difícil (*Analisar*).

Capítulo 2

Objetos do conhecimento em Física

Neste capítulo trataremos de como está organizada a Física no Ensino Médio, os assuntos e a divisão entre 1^a, 2^a e 3^a séries.

“A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permi-

tam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos.”[PCN 1998]

Para uma maior relação com as outras áreas de conhecimento, as competências da Física estão relacionadas à **investigação e compreensão** dos fenômenos físicos, à utilização da **linguagem física e de sua comunicação** e à **contextualização histórico social**.

O ensino de Física está organizado de acordo com seis temas estruturadores:

- Movimentos: variações e conservações
- Calor, ambiente e usos de energia
- Som, imagem e informação
- Equipamentos elétricos e telecomunicações
- Matéria e radiação

- Universo, Terra e vida

De acordo com o [PCN 1998], *cada disciplina ou área de saber abrange um conjunto de conhecimentos que não se restringem a tópicos disciplinares ou a competências gerais ou habilidades, mas constituem-se em sínteses de ambas as intenções formativas*, ou seja, o aluno não deve mais ser avaliado apenas por sua capacidade de memorização, mas também pela sua habilidade em solucionar problemas do cotidiano, em argumentar e formar opinião sobre os assuntos que o cerca.

Capítulo 3

*Abordagem
contextualizada e
interdisciplinar*

Uma das premissas do processo ensino-aprendizagem é a aplicabilidade do conhecimento na vida do estudante e essa tarefa deve ser articulada em conjunto com as outras disciplinas, visto que na prática os conhecimentos não são dissociados, por exemplo: uma

descoberta física se deu diante de um período da história que pode ter influenciado ideias e concepções; o desenvolvimento de uma ferramenta matemática pode ter auxiliado na compreensão da evolução de uma doença e conseqüentemente na elaboração de sua cura.

“Em termos gerais, a contextualização no ensino de ciências abarca competências de inserção da ciência e de suas tecnologias em um processo histórico, social e cultural e o reconhecimento e discussão de aspectos práticos e éticos da ciência no mundo contemporâneo.” [PCN 1998]

A contextualização contribui na percepção que na vida os assuntos são vinculados, facilitando assim o trabalho interdisciplinar mas não excluindo a possibilidade do trato individual dos assuntos.

O uso de temas estruturadores de ensino como **Terra, Universo e vida humana, Energia ou Tecnologia** possibilitam a abrangência de outras disciplinas relacionadas à física.

A contextualização e a interdisciplinaridade são fatores que também podem ser utilizados para tor-

nar os itens da avaliação fáceis ou difíceis de acordo com as categorias do domínio cognitivo proposto por Bloom.

Contextualização sócio-cultural**Ciência e tecnologia na história**

Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultado de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Ciência e tecnologia na cultura contemporânea

Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.

Contextualização sócio-cultural
Ciência e tecnologia na atualidade Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.
Ciência e tecnologia, ética e cidadania Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania.

Tabela 3.1: *Contextualização sócio-cultural*

Capítulo 4

*Elaboração de questões:
orientações técnicas*

“Uma das etapas mais importantes para uma boa avaliação é a elaboração dos itens, pois como o próprio nome diz, avaliar é verificar e analisar o que e como o aluno aprendeu por meio de uma ferramenta, que no nosso caso será um teste com itens de múltipla escolha.” [GOVERNO do ESTADO de MG]

Para que um item seja considerado adequado se-

gundo a TRI ele deve ser pré-testado para que possa ser classificado como fácil, média ou difícil. A intenção é que com o uso da Taxonomia de Bloom possamos elaborar itens que evitem o pré-teste e possam usar a mesma classificação.

Um item de múltipla escolha é formado por:

- *Instrução.*
- *Suporte (textos, desenhos, figuras,...)*
- *Enunciado da situação problema e comando da resposta.*
- *Alternativas de respostas (Distratores e Resposta correta)*

Segue alguns exemplos de itens seguindo a recomendação acima:

01. (ENEM 2014) É comum aos fotógrafos tirar fotos coloridas em ambientes iluminados por lâmpadas fluorescentes, que contêm uma forte composição de luz verde. A consequência desse fato na fotografia é que todos os objetos claros, principalmente os brancos, aparecerão esverdeados. Para equilibrar as cores, deve-se usar um filtro adequado para diminuir a intensidade da luz verde que chega aos sensores da câmera fotográfica. Na escolha desse filtro, utiliza-se o conhecimento da composição das cores-luz primárias: vermelho, verde e azul; e das cores-luz secundárias: amarelo = vermelho + verde, ciano = verde + azul e magenta = vermelho + azul.

Disponível em: <http://nautilus.fis.uc.pt>. Acesso em: 20 maio 2014 (adaptado).

Na situação descrita, qual deve ser o filtro utilizado para que a fotografia apresente as cores naturais dos objetos?

- a) Ciano.
- b) Verde.
- c) Amarelo.
- d) Magenta.

e) Vermelho.

Resposta correta: D

Objeto do conhecimento \ Conteúdo: Fenômenos ópticos: cores dos objetos

Competência: 1

Habilidade: 1

02. (ENEM 2014) As lentes fotocromáticas escurecem quando expostas à luz solar por causa de reações químicas reversíveis entre uma espécie incolor e outra colorida. Diversas reações podem ser utilizadas, e a escolha do melhor reagente para esse fim se baseia em três principais aspectos: (i) o quanto escurece a lente; (ii) o tempo de escurecimento quando exposta à luz solar; e (iii) o tempo de esmaecimento em ambiente sem forte luz solar. A transmitância indica a razão entre a quantidade de luz que atravessa o meio e a quantidade de luz que incide sobre ele.

Amostra	Tempo de escurecimento (segundo)	Tempo de esmaecimento (segundo)	Transmitância média da lente quando exposta à luz solar (%)
1	20	50	80
2	40	30	90
3	20	30	50
4	50	50	50
5	40	20	95

Durante um teste de controle para o desenvolvimento

de novas lentes fotocromáticas, foram analisadas cinco amostras que utilizam reagentes químicos diferentes. No quadro, são apresentados os resultados. Considerando os três aspectos, qual é a melhor amostra de lente fotocromática para se utilizar em óculos?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

Resposta correta: C

Objeto do conhecimento \ Conteúdo: Interação da radiação com a matéria.

Competência: 5

Habilidade: 17

03. (ENEM 2014) Para entender os movimentos dos corpos, Galileu discutiu o movimento de uma esfera de metal em dois planos inclinados sem atritos e com a possibilidade de se alterarem os ângulos de inclinação, conforme mostra a figura. Na descrição do experimento, quando a esfera de metal é abandonada para descer um plano inclinado de um determinado nível, ela sempre atinge, no plano ascendente, no máximo, um nível igual àquele em que foi abandonada.



Figura 4.1: Galileu e o plano inclinado. Disponível em www.fisica.ufpp.br. Acesso em: 21 ago. 2012 (adaptado).

Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera

a) manterá sua velocidade constante, pois o impulso resultante sobre ela será nulo.

- b) manterá sua velocidade constante, pois o impulso da descida continuará a empurrá-la.*
- c) diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois não haverá mais impulso para empurrá-la.*
- d) diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois o impulso resultante será contrário ao seu movimento.*
- e) aumentará gradativamente a sua velocidade, pois não haverá nenhum impulso contrário ao seu movimento.*

Resposta correta: A

Objeto do conhecimento\Conteúdo: Leis de Newton.

Competência: 6

Habilidade: 20

Os itens utilizam as tabelas, imagens ou textos para dar uma base de sustentação ao comando, possibilitando assim que o respondente possa analisar as opções adequadamente.

Parte II

ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APRENDIZAGEM EM FÍSICA

28 | 71

Capítulo 5

*Teoria de Resposta ao
Item (TRI)*

A Teoria de Resposta ao Item (TRI) tem como base a psicometria que visa medir o desempenho ou a opinião de um grupo de pessoas por meio de cálculos estatísticos.

Devido à complexidade das equações envolvidas vamos focar na compreensão e análise dos resultados por meio dos gráficos obtidos para cada item da

avaliação de cada respondente.

Uma grande vantagem da TRI quando comparada à Teoria Clássica de Medida (TCM) é a possibilidade de comparar resultados de avaliações diferentes aplicadas à populações distintas e acompanhar a evolução de um mesmo grupo quando submetidos à níveis diferentes de avaliações.

- Postulados básicos da TRI

1. o desempenho do sujeito numa tarefa pode ser predito a partir de um conjunto de variáveis hipotéticas, também chamadas de habilidade (θ).
2. a relação entre desempenho e os traços latentes pode ser descrita por uma equação matemática, chamada de *Curva Característica do Item – CCI*.

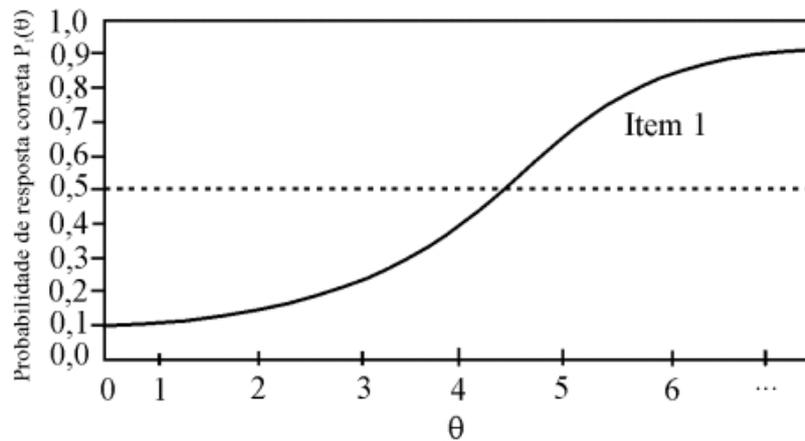


Figura 5.1: CCI para item 1

- Fatores determinantes para modelos matemáticos que tentam representar a probabilidade de um indivíduo fornecer uma resposta correta em função dos parâmetros do item e da(s) habilidade(s) do respondente.
 1. da natureza do item - dicotômicos ou não dicotômicos;

2. do número de populações envolvidas - apenas uma ou mais de uma;
 3. e da quantidade de traços latentes que está sendo medida - apenas um ou mais de um.
- Modelos para itens dicotômicos.
 - Podem ser utilizados tanto para a análise de itens de múltipla escolha dicotomizados quanto para a análise de itens abertos quando avaliados de forma dicotomizada.
 - São os mais utilizados e há basicamente três tipos que se diferenciam pelo número de parâmetros que utilizam para descrever o item, os modelos logísticos de 1, 2 e 3 parâmetros (ML1, ML2 e ML3), que consideram respectivamente:
 1. somente a dificuldade do item (b);
 2. a dificuldade (b) e a discriminação (a);

3. a dificuldade (b), a discriminação (a) e a probabilidade de resposta correta dada por indivíduos de baixa habilidade (c).

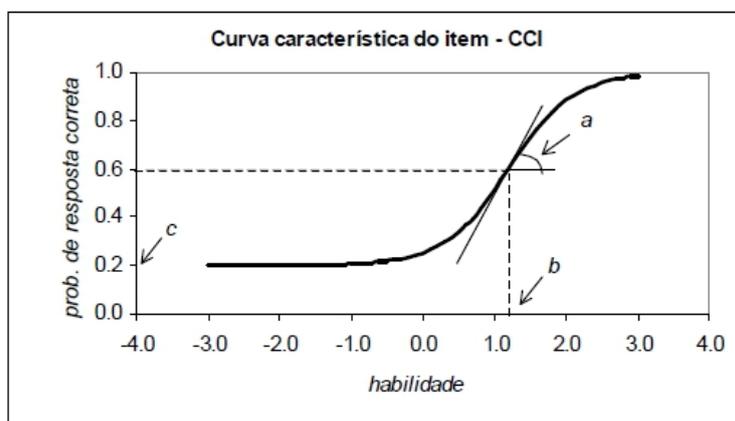


Figura 5.2: Exemplo de uma CCI

O modelo logístico de 3 parâmetros (ML3) é usado para quando queremos considerar a dificuldade do item (b) medido na mesma escala da habilidade, o parâmetro da discriminação do item (a) com valor proporcional à inclinação da Curva Característica

do Item - CCI num b específico e o parâmetro que representa a probabilidade de indivíduos com baixa habilidade responderem corretamente o item (c), o chamado acerto ao acaso.

Itens mais difíceis possuem um b maior e as com maior poder de discriminação entre os alunos possuem um maior valor de a , ou seja, para valores menores de a alunos com pouca habilidade possuem probabilidade de acerto próxima aos alunos com alto valor de habilidade, do contrário o item dividiria os alunos em dois grupos os que possuem habilidade para acertar o item ($\theta > b$) e os que não possuem habilidade para acertar o item ($\theta < b$).

O objetivo é transformar o valor obtido pela TRI para a habilidade (θ) compreendido entre os valores -3 e 3 de cada aluno em uma nota padronizada. Por exemplo, no ENEM a nota padronizada varia de 0 a 1000 .

Capítulo 6

Preparação dos dados

O modelo que usaremos para análise é o de item dicotomizados, ou seja, a resposta do aluno será considerada certa ou errada, para isso precisamos montar uma tabela em algum software de gerenciamento de planilhas.

Um modelo da planilha está disponível no link:
<http://goo.gl/nnct6j>.

O professor deve seguir os seguintes passos:

1º- Preenchimento da planilha com dados da avaliação.

Preencher a primeira planilha com o gabarito oficial na linha “KEY” e as respostas dos alunos nas linhas seguintes.

Limitamos a planilha para uma avaliação de até 100 itens e uma amostra de até 500 alunos.

The image shows a spreadsheet application window. The main area is a grid with 26 rows and 26 columns. The first row is a red header with the text: "Instruções: Nesta planilha o professor deve inserir o gabarito oficial na linha 'KEY' e as respostas dos alunos nas linhas seguintes. Limite de 500 alunos e 100 itens." Below this, the first row of the grid is labeled 'key' and contains the sequence of letters: A, B, C, D, E, A, B, C, D, E. The subsequent rows are numbered 001 through 026. Each row contains 26 cells, each with a letter (A, B, C, D, E) representing the correct answer for that item. The spreadsheet interface includes a menu bar at the top with options like 'Respostas', 'Nota Clássica', 'Nota TRI', and 'Relatório'. The status bar at the bottom shows 'PRONTO' and a zoom level of 70%.

Figura 6.1: Planilha para inserir dados da avaliação.

2º- Copiar dados.

Selecionar e copiar (ctrl+c) os dados.

The screenshot shows a spreadsheet with the following data in the first 28 rows:

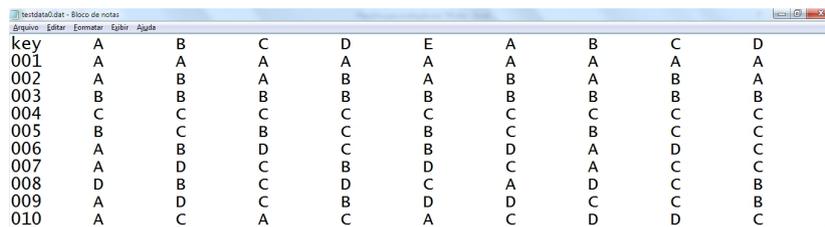
Respostas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
001	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A																		
002	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B																		
003	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B																		
004	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C																		
005	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C																		
006	A	B	D	C	B	D	A	D	C	B																		
007	A	D	C	B	D	C	A	C	C	A																		
008	D	B	C	D	C	A	D	C	B	A																		
009	A	D	C	B	D	D	C	C	B	B																		
010	A	C	A	C	A	C	D	D	C	D																		
011	C	D	B	C	D	D	C	B	D	C																		
012	A	A	C	C	C	C	D	D	C	C																		
013	A	D	C	B	D	D	A	C	D	C																		
014	A	D	C	B	D	D	C	C	B	B																		
015	D	D	D	D	D	D	C	C	A	A																		
016	D	D	C	C	C	C	C	B	B	B																		
017	A	B	A	D	D	D	C	C	C	C																		
018	D	E	E	E	E	D	D	D	C	E																		
019	A	D	C	E	E	C	B	B	C	E																		
020	D	D	A	A	C	C	D	E	E	C																		
021	A	D	E	C	C	E	A	A	C																			
022	A	D	E	C	C	D	E	C	A	A																		

Figura 6.2: Planilha para inserir dados da avaliação.

3º- Preparar arquivo de importação.

Os dados selecionados devem ser colados (ctrl+v) num editor de texto, recomendamos utilizar o “Bloco de Notas” no “Sistema Operacional Windows”.

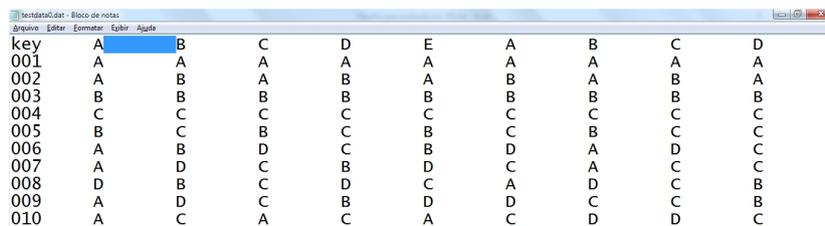
Os dados quando colados estarão espaçados:



key	A	B	C	D	E	A	B	C	D
001	A	A	A	A	A	A	A	A	A
002	A	B	A	B	A	B	A	B	A
003	B	B	B	B	B	B	B	B	B
004	C	C	C	C	C	C	C	C	C
005	B	C	B	C	B	C	B	C	C
006	A	B	D	C	B	D	A	D	C
007	A	D	C	B	D	C	A	C	C
008	D	B	C	D	C	A	D	C	B
009	A	D	C	B	D	D	C	C	B
010	A	C	A	C	A	C	D	D	C

Figura 6.3: Arquivo com informações padronizadas para TRI.

Para retirar todos os espaços selecione e copie (ctrl+c) um dos espaços:



key	A	B	C	D	E	A	B	C	D
001	A	A	A	A	A	A	A	A	A
002	A	B	A	B	A	B	A	B	A
003	B	B	B	B	B	B	B	B	B
004	C	C	C	C	C	C	C	C	C
005	B	C	B	C	B	C	B	C	C
006	A	B	D	C	B	D	A	D	C
007	A	D	C	B	D	C	A	C	C
008	D	B	C	D	C	A	D	C	B
009	A	D	C	B	D	D	C	C	B
010	A	C	A	C	A	C	D	D	C

Figura 6.4: Arquivo com informações padronizadas para TRI.

Abra o menu “Editar” e selecione a opção “Substituir...”:

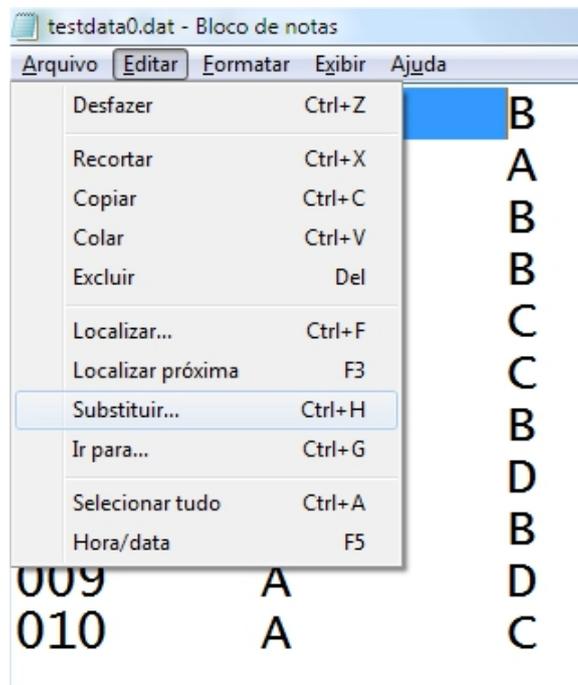


Figura 6.5: Arquivo com informações padronizadas para TRI.

Cole (ctrl+v) o espaço copiado no campo “Localizar” e clique em “Substituir Tudo”:

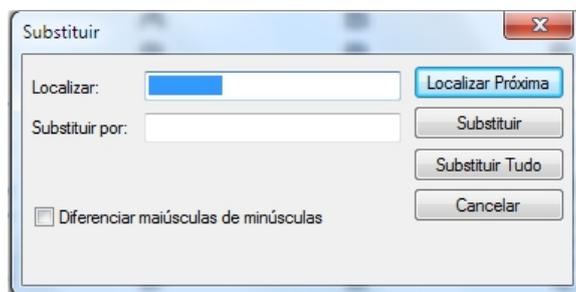


Figura 6.6: *Arquivo com informações padronizadas para TRI.*

O arquivo já está pronto para importar no software da TRI:



```
keyABCDEABCDE
001AAAAAAAAAAA
002ABABABABAB
003BBBBBBBBBBB
004CCCCCCCCCCC
005BCBCBCBCCB
006ABDCBDADCB
007ADBCDACCA
008DBCDCADCBA
009ADCBDCCBB
010ACACACDDCD
```

Figura 6.7: Arquivo com informações padronizadas para TRI.

No menu “Arquivo” clique em “Salvar como...” e escolha um local e um nome para o arquivo com a extensão “.dat”.

Capítulo 7

*Software para análise
dos dados pela TRI*

Existem vários softwares para análise de dados seguindo algum ou vários modelos de TRI, devido a praticidade e a sua disponibilidade de forma gratuita, usaremos o software “PARAM” para processar as informações da avaliação em TRI.

PARAM é de domínio público, ferramenta “freeware” de calibração de itens e indivíduos usando os modelos logísticos da teoria de resposta ao item de 1 e 3 parâmetros [PARAM 2012].

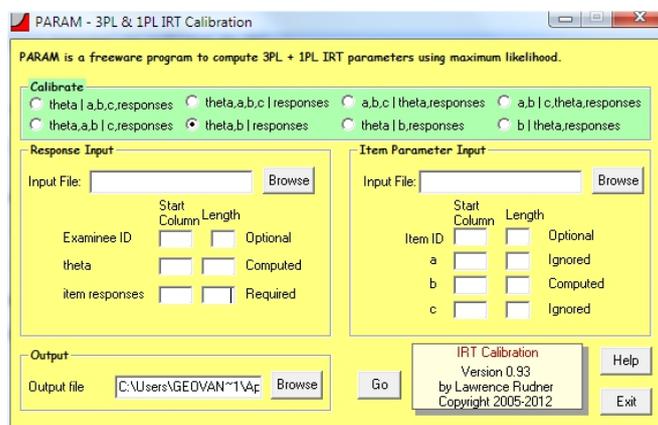


Figura 7.1: Software PARAM para processamento em TRI. Disponível para download no link: <http://echo.edres.org:8080/irt/param/>

1º- No quadro “Calibrate” devemos optar pelo item “theta,a,b,c | responses”.

2º- O arquivo “.dat” preparado anteriormente deve ser importado clicando no botão “Browse” do quadro

“Response Input”.

3º- Preencha os campos de “Examenee ID” com “1” e “3”.

4º- Preencha os campos de “item responses” com “4” e “10”.

Os demais campos devem ficar em branco. Caso sejam preenchidos automaticamente devem ser apagados.

5º- No quadro “Output” escolha onde o arquivo que será gerado deve ser salvo clicando em “Browse”.

6º- Gere o arquivo clicando em “Go”.

Será gerado um arquivo de extensão “.csv” com a análise feita em TRI. A utilização das informações do arquivo gerado será explicada no capítulo seguinte.

Capítulo 8

*Formatação e gráficos
dos resultados*

O arquivo de extensão “.dat” contém as informações que serão usadas para avaliar os alunos e os itens, para isso usaremos o arquivo que contém a planilha onde foram inseridas as respostas dos alunos.

1º- No arquivo gerado pelo PARAM, selecione e copie (ctrl+c) as informações dos alunos:

SeqID,	ExaminID,Nvalid,	theta,	seetheta	
1,	001,	10,	-0.9229,	1.2983
2,	002,	10,	-0.9230,	1.2981
3,	003,	10,	-2.9298,	1.8287
4,	004,	10,	-2.9298,	1.8287
5,	005,	10,	-2.9298,	1.8287
6,	006,	10,	-0.9230,	1.2981
7,	007,	10,	0.5290,	0.8518
8,	008,	10,	-2.9298,	1.8287
9,	009,	10,	0.5290,	0.8518
10,	010,	10,	-0.9231,	1.2980
11,	011,	10,	-2.9298,	1.8287
12,	012,	10,	0.5270,	0.8514
13,	013,	10,	0.9525,	0.6599
14,	014,	10,	0.5290,	0.8518
15,	015,	10,	-2.9298,	1.8287
16,	016,	10,	-2.9298,	1.8287
17,	017,	10,	-0.9229,	1.2983
18,	018,	10,	-2.9298,	1.8287
19,	019,	10,	2.0509,	0.3569
20,	020,	10,	-2.9298,	1.8287
21,	021,	10,	-0.9231,	1.2980
22,	022,	10,	-0.9231,	1.2980
23,	023,	10,	1.3437,	0.4414
24,	024,	10,	-2.9298,	1.8287
25,	025,	10,	-2.9298,	1.8287
26,	026,	10,	3.0246,	0.4004

Figura 8.1: Informações geradas pelo PARAM dos alunos.

2º- Na planilha *Nota TRI*, clique no botão *TRI*:



Figura 8.2: Planilha para análise do desempenho dos alunos pela TRI.

3º- Novamente no arquivo gerado pelo PARAM, selecione e copie (ctrl+c) as informações dos itens:

```
SeqItem, AccNo, Nobs, a_calib, b_calib, c_calib, seea, seeb, seec
1, , 26, 2.000, -1.862, 0.000, 0.742, 0.397, 0.049
2, , 26, 2.000, 2.611, 0.201, 3.198, 0.737, 0.081
3, , 26, 2.000, -0.076, 0.227, 1.320, 0.473, 0.102
4, , 26, 2.000, 2.601, 0.161, 2.998, 0.706, 0.074
5, , 26, 2.000, 1.789, 0.000, 0.901, 0.421, 0.007
6, , 26, 2.000, 2.581, 0.081, 2.599, 0.640, 0.055
7, , 26, 2.000, 1.814, 0.127, 2.357, 0.554, 0.070
8, , 26, 2.000, 2.689, 0.483, 5.116, 0.972, 0.100
9, , 26, 1.093, 2.292, 0.058, 0.918, 0.735, 0.051
10, , 26, 2.000, 1.322, 0.090, 1.723, 0.421, 0.063
```

Figura 8.3: Informações geradas pelo PARAM dos itens.

4º- Por fim, na planilha *Relatório*, clique no botão TRI:

INSTRUÇÕES
 Nesta planilha o professor deve colar as informações de "SeqItem"; "AccNo"; "Nobs"; "a_calib"; "b_calib"; "c_calib"; "seea"; "seeb" e "seec" obtidas do arquivo gerado pelo PARAM.

a - discriminante
 b - dificuldade
 c - acerto ao acaso
 Clique no botão "TRI".

SeqItem	AccNo	Nobs	a_calib	b_calib	c_calib	seea	seeb	seec	Classificação do Item
1		141	2	5	0,113	99	99	0,027	Muito Difícil
2		156	2	1,099	0,04	0,479	0,092	0,021	Difícil
3		156	2	1,03	0,057	0,493	0,092	0,025	Difícil
4		156	2	0,656	0,229	0,509	0,094	0,04	Média
5		156	2	1,346	0,176	0,723	0,121	0,036	Difícil
6		156	2	-2,229	0	0,352	0,168	0,112	Muito Difícil
7		156	2	1,224	0	0,359	0,089	0,064	Difícil
8		156	2	1,47	0	0,361	0,103	0,004	Difícil
9		156	1,691	-0,478	0	0,237	0,108	0,011	Fácil
10		156	1,421	1,065	0,135	0,462	0,194	0,031	Difícil

Figura 8.4: Planilha para análise dos parâmetros dos itens pela TRI.

Capítulo 9

Interpretação de resultados

Na planilha “Gráficos”, o professor pode verificar pela curva característica de cada item o grau de dificuldade e discriminação, podendo assim identificar quem são os alunos que possuem maior habilidade para o assunto abordado no item, os que estão com deficiência e assim pode tomar as devidas providências para que os de baixa proficiência possam se

aproximar aos alunos de melhor rendimento.

A interpretação é feita da seguinte forma:

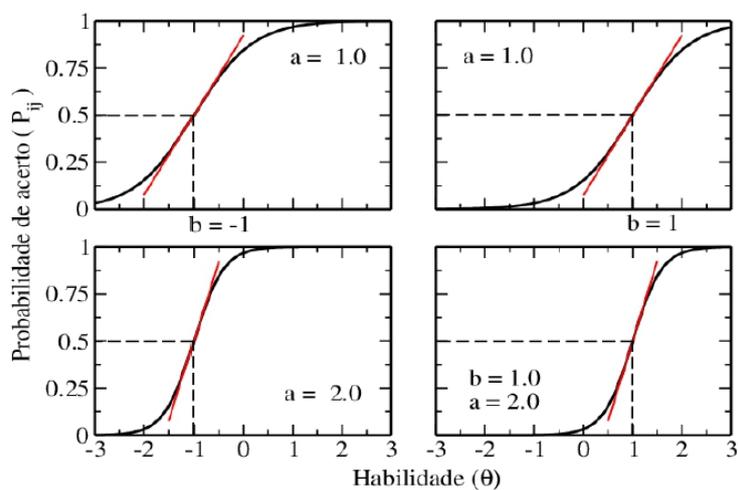


Figura 9.1: Curvas características dos itens para quatro possíveis valores de discriminação e dificuldade. A reta no ponto de inflexão é proporcional à medida da discriminação, enquanto que a dificuldade é a abscissa no ponto de inflexão.

Ao analisar o gráfico superior esquerdo percebe-

mos que o aluno que possui habilidade $b = -1$ possui uma probabilidade de 50% de acerto, que não é alto, porém para que o aluno tenha praticamente 100% de probabilidade de acerto a sua habilidade deve ser acima de $b = 1$, que torna o item *fácil* mas com *moderado* poder de discriminação, ou seja, mais da metade dos alunos acertaram o item.

No gráfico superior direito temos que para uma probabilidade de 50% de acerto o aluno deve possuir uma habilidade $b = 1$, podemos considerar um item *difícil* e como o poder de discriminação é *moderado*, para que o aluno tenha uma probabilidade de 100% de acerto sua habilidade deve ser próxima ou igual à $b = 3$.

Os dois gráficos de baixo possuem um *alto* poder de discriminação o que faz com que um pouco mais de habilidade aumente bastante a probabilidade de acerto do item e vice-versa, o que as diferencia é o nível de dificuldade, o da esquerda é considerado um item *fácil* por não exigir tanta habilidade para que o aluno acerte e o da direita é considerado *difícil* por exigir uma habilidade bem maior para que o aluno

tenha uma maior probabilidade de acerto.

De posse dessas informações o professor deve traçar estratégias para tentar tornar a turma mais homogênea e assim permitir que os alunos possam acompanhar os assuntos subsequentes sem acumular deficiências que podem fazer com que ele perca o ano letivo.

Parte III

APÊNDICE

53 | 71

Matriz de Referência do ENEM

Segue um recorte da Matriz de Referência do ENEM para a disciplina de Física, com ele o professor pode analisar deficiências individuais dos alunos ou de uma turma e traçar estratégias para suprir uma carência de assuntos que não tiveram bons resultados, pode também identificar conteúdos em que os alunos tiveram um bom desempenho e assim aproveitá-los como gancho para outros assuntos ou até treinar a outras habilidades.

MATRIZ DE REFERÊNCIA

EIXOS COGNITIVOS (comuns a todas as áreas de conhecimento)

1. **Dominar linguagens (DL):** dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.
2. **Compreender fenômenos (CF):** construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.
3. **Enfrentar situações-problema (SP):** selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.

4. **Construir argumentação (CA):** relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.
5. **Elaborar propostas (EP):** recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.

Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

H1 – Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

H2 – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H4 – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização

sustentável da biodiversidade.

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5 – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

H6 – Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

H7 – Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

H8 – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos

naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.

H9 – Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

H10 – Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

H11 – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.

H12 – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, re-

Relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

H13 – Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

H14 – Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões e processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como

texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H18 – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

H21 – Utilizar leis físicas e/ou químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e/ou do eletromagnetismo.

H22 – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

Competência de área 7 – Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H24 – Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

H25 – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

H26 – Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.

H27 – Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.

Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H28 – Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

H29 – Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.

H30 – Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

Nota: Todas as habilidades da área de conhecimento das Ciências da Natureza e suas Tecnologias foram incluídas, pois na contextualização e interdisciplinaridade podemos envolvê-las com a Física.

Objetos de conhecimento associados às Matrizes de Referência

3. Ciências da Natureza e suas Tecnologias

3.1 Física

- **Conhecimentos básicos e fundamentais** – Noções de ordem de grandeza. Notação Científica. Sistema Internacional de Unidades. Metodologia de investigação: a procura de regularidades e de sinais na interpretação física do mundo. Observações e mensurações: representação de grandezas físicas como grandezas mensuráveis. Ferramentas básicas: gráficos e vetores. Conceituação de grandezas vetoriais e escalares. Operações básicas com vetores.
- **O movimento, o equilíbrio e a descoberta de leis físicas** – Grandezas fundamentais da mecânica: tempo, espaço, velocidade e aceleração. Relação histórica entre força e movimento. Descrições do movimento e sua interpretação:

quantificação do movimento e sua descrição matemática e gráfica. Casos especiais de movimentos e suas regularidades observáveis. Conceito de inércia. Noção de sistemas de referência inerciais e não inerciais. Noção dinâmica de massa e quantidade de movimento (momento linear). Força e variação da quantidade de movimento. Leis de Newton. Centro de massa e a ideia de ponto material. Conceito de forças externas e internas. Lei da conservação da quantidade de movimento (momento linear) e teorema do impulso. Momento de uma força (torque). Condições de equilíbrio estático de ponto material e de corpos rígidos. Força de atrito, força peso, força normal de contato e tração. Diagramas de forças. Identificação das forças que atuam nos movimentos circulares. Noção de força centrípeta e sua quantificação. A hidrostática: aspectos históricos e variáveis relevantes. Empuxo. Princípios de Pascal, Arquimedes e Stevin: condições de flutuação, relação entre diferença de nível e pressão hidros-

tática.

- **Energia, trabalho e potência** – Conceituação de trabalho, energia e potência. Conceito de energia potencial e de energia cinética. Conservação de energia mecânica e dissipação de energia. Trabalho da força gravitacional e energia potencial gravitacional. Forças conservativas e dissipativas.
- **A mecânica e o funcionamento do universo** – Força peso. Aceleração gravitacional. Lei da Gravitação Universal. Leis de Kepler. Movimentos de corpos celestes. Influência na Terra: marés e variações climáticas. Concepções históricas sobre a origem do universo e sua evolução.
- **Fenômenos elétricos e magnéticos** – Carga elétrica e corrente elétrica. Lei de Coulomb. Campo elétrico e potencial elétrico. Linhas de campo. Superfícies equipotenciais. Poder das pontas. Blindagem. Capacitores. Efeito Joule.

Lei de Ohm. Resistência elétrica e resistividade. Relações entre grandezas elétricas: tensão, corrente, potência e energia. Circuitos elétricos simples. Correntes contínua e alternada. Medidores elétricos. Representação gráfica de circuitos. Símbolos convencionais. Potência e consumo de energia em dispositivos elétricos. Campo magnético. Imãs permanentes. Linhas de campo magnético. Campo magnético terrestre.

- **Oscilações, ondas, óptica e radiação** – Feixes e frentes de ondas. Reflexão e refração. Óptica geométrica: lentes e espelhos. Formação de imagens. Instrumentos ópticos simples. Fenômenos ondulatórios. Pulsos e ondas. Período, frequência, ciclo. Propagação: relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda. Ondas em diferentes meios de propagação.
- **O calor e os fenômenos térmicos** – Concei-

tos de calor e de temperatura. Escalas termométricas. Transferência de calor e equilíbrio térmico. Capacidade calorífica e calor específico. Condução do calor. Dilatação térmica. Mudanças de estado físico e calor latente de transformação. Comportamento de gases ideais. Máquinas térmicas. Ciclo de Carnot. Leis da Termodinâmica. Aplicações e fenômenos térmicos de uso cotidiano. Compreensão de fenômenos climáticos relacionados ao ciclo da água.

REFERÊNCIAS

[ANDRADE 2000] ANDRADE, Dalton Francisco de; TAVARES, Heliton Ribeiro; VALLE, Raquel da Cunha, **Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações**, ABE, São Paulo, 2000.

[FERRAZ & BETHOLT] FERRAZ, A. & BETHOLT, R. V., **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais**, Gest. Prod., São Carlos, SciELO Brasil, 2010, 17, 421-431. 1

[GOVERNO do ESTADO de MG] MINAS GERAIS, Governo do Estado de, Secretaria de Estado de Educação, **Guia de Orientações para Elaboração e Revisão de Itens e Questões de Múltipla Escolha.** 4

[MATRIZ ENEM 2009] BRASIL, M., **Matriz de Referência para o ENEM 2009**, Brasília:[sn], 2009.

[PARAM 2012] RUDNER, Lawrence M. (2012). PARAM Calibration Software Logística IRT Models (freeware) . Disponível: [<http://edres.org/irt/param>] 7

[PCN 1998] PCN, Ensino Médio, **Parâmetros Curriculares Nacionais - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, Física, 1998. 2, 3

Referências Bibliográficas

- [1] ANDRADE, Dalton Francisco de; TAVARES, Heliton Ribeiro & VALLE, Raquel da Cunha. **Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações**. SINAPE, São Paulo. 2000.
- [2] BRASIL, MEC. **Matriz de Referência para o ENEM 2009**. Brasília:[sn] (2009).
- [3] CARVALHO JUNIOR, Gabriel Dias de. **Aula de física, do planejamento à avaliação**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- [4] DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. **Tópicos de Física: volume 1**. São Paulo: Saraiva, 2012.
- [5] FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, Renato Vairo. **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais**. Gest. Prod., São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.
- [6] FULLER, U *et. al.*. **Developing a Computer Science-Specific Learning Taxonomy**. In: SIGCSE Bulletin, USA, 2007, v. 39, n. 4, p. 152-170.
- [7] GALHARDI, ANTONIO CÉSAR; AZEVEDO, MM de. **Avaliações de aprendizagem: o uso da taxonomia de Bloom**. In: WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA. 2013.
- [8] INEP. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira Institucional**. Disponível em <<http://portal.inep.gov.br/>>. Acesso em 13 set. 2015.
- [9] ISKANDAR, Jamil Ibrahim; LEAL, Maria Rute. **Sobre positivismo e educação**. Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v. 3, n. 7, p. 89-94, 2002.
- [10] KRATHWOHL, D. R. **A revision of bloom's taxonomy: an overview**, In: Theory into Practice, 2002, n. 41, v. 4, p. 212-218.
- [11] KARINO, Camila Akemi; SOUSA, Eduardo Carvalho; BORGATTO, Adriano Ferreti; ANDRADE, Dalton Francisco de; SANTOS, José Miguel dos & HARTWICH, Marcos. **ENTENDA A SUA NOTA NO ENEM - Guia do Participante**. INEP, Brasília-DF, 2012.
- [12] PASQUALI, Luiz; PRIMI, Ricardo. **Fundamentos da teoria da resposta ao item: TRI**. Aval. psicol., Porto Alegre , v. 2, n. 2, dez. 2003 . Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712003000200002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 14 jul. 2015.

- [13] PASQUALI, Luiz. **Psicometria**. Rev. Esc. Enferm. USP, 992 a 999, 2009.
- [14] POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico** Tradução: Naila Freitas. - 5. ed. - São Paulo: Artmed, 2009.
- [15] QUADROS, Fernanda Maciel de. **Comparação da Teoria Clássica dos Testes com a Teoria de Resposta ao Item aplicado ao subteste Semelhanças da WASI**. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.
- [16] RODRIGUES JR, José F. **A taxonomia de objetivos educacionais - um manual para o usuário**. Editora UNB, v. 2, 1994.
- [17] RUDNER, Lawrence M. **PARAM Calibration Software for the 3 Parameter Logistic IRT Model (freeware)**. Disponível em <<http://edres.org/irt/>>. Acesso em 09 abr. 2014.
- [18] SANTROCK, John W. **Psicologia Educacional**. McGraw Hill Brasil, 2009.
- [19] SILVA, George Frederick Tavares da; PESSOA, Geovane de Almeida. **Teoria da Resposta ao Item: Possibilidades de Aplicação em Avaliações no Ensino de Física**. - XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Maresias, 2014.
- [20] SITE DO ENEM. **Matriz de Referência do Enem 2013**. Disponível em: <<http://sitedoenem.com.br/enem/baixar-matriz-de-referencia-enem-2013.html>>. Acesso em 13 set. de 2015.