



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**MÉTODO PARA OTIMIZAR O APRENDIZADO NO ENSINO MÉDIO  
COM BASE NO MODELO DE RASCH**

**JOSÉ MARIA FERREIRA DE FARIAS**

**BRASÍLIA  
2015**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**MÉTODO PARA OTIMIZAR O APRENDIZADO NO ENSINO MÉDIO  
COM BASE NO MODELO DE RASCH**

**JOSÉ MARIA FERREIRA DE FARIAS**

Dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr. Joaquim José Soares Neto, a ser apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica”, pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

**BRASÍLIA  
2015**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

JOSÉ MARIA FERREIRA DE FARIAS

### **MÉTODO PARA OTIMIZAR O APRENDIZADO NO ENSINO MÉDIO COM BASE NO MODELO DE RASCH**

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física – Área de Concentração “Física na Educação Básica”, pelo Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade de Brasília.

Aprovada em

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Joaquim José Soares Neto  
(Presidente)

---

Profa. Dra. Maria de Fátima da Silva Verdeaux

---

Prof. Dr. Paulo Henrique Alves Guimarães

---

Prof. Dr. Fábio Ferreira Monteiro

## FICHA CATALOGRÁFICA

FARIAS, José Maria Ferreira de.

Física – Método para otimizar o aprendizado no Ensino Médio com base no Modelo de Rasch -- Brasília, 2015. F M593m

113 P.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Instituto de Física/Química.

Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

1. Medida. 2. Traço latente. 3. Teoria de Resposta ao Item. 4. Aprendizagem Significativa – Pesquisa – Universidade de Brasília.

Dedico este trabalho a minha família, que sempre esteve presente, contribuindo e sendo compreensiva em minhas longas horas de trabalho. Em especial, a Stella. Agradeço a minha mãe, irmãos e amigos, que sempre me apoiaram. A meus professores, que reacenderam os meus ânimos para a ciência Física. E não poderia deixar de citar o meu orientador Neto, extremo profissional, que teve participação decisiva para a realização e conclusão deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto de Física da UnB.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), pela idealização do MNPEF.

À Capes, pelo suporte financeiro.

A Stella, grande amor da minha vida!

À existência das minhas filhas – Sarah e Fabiana.

Ao meu orientador, prof. Neto. – Ao mestre com carinho!

Ao Prof. Dr. Ademar Laudo Barbosa, pela convivência saudosa nos anos 1980.

À admirável competência dos meus professores. Com muito orgulho, apresento Verdeaux e Eliana, Ronny e Vanessa, Pedrosa e Anthony, Zé Eduardo e Beaklini, Zé Leonardo, Ademir e Fábio.

À luminosidade do prof. Moreira!

Às broncas da Verdeaux!

Aos companheiros do Mestrado, especialmente pelas agradáveis madrugadas e feriados que convivemos.

À saúde de todos!!!

Ao oxigênio presente da atmosfera!

*“É no problema da educação que assenta o grande segredo do aperfeiçoamento da humanidade”.*

*(Immanuel Kant)*

*“Aos outros eu dou o direito de ser como são, a mim dou o dever de ser cada dia melhor”.*

*(Chico Xavier)*

*“Nada se pode ensinar a um homem. Pode-se apenas auxiliá-lo a descobrir a sua própria chave”.*

*(Galileu Galilei)*

*“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são”.*

*(Aristóteles)*

*“Nem uma grande descoberta foi feita jamais sem um palpite ousado”.*

*(Isaac Newton)*

*“A pesquisa básica é como atirar uma flecha para o ar e, onde ela cair, pintar um alvo”.*

*(Homer Adkins Burton)*

*“A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido, não na vitória propriamente dita”.*

*(Gandhi)*

*“Não é sinal de saúde estar bem adaptado a uma sociedade doente”.*

*(Jiddu Krishnamurti)*

*“O que é ensinado em escolas e universidades não representa educação, mas são meios para obtê-la”.*

*(Ralph Waldo Emerson)*

*“É na educação dos filhos que se revelam as virtudes dos pais”.*

*(Coelho Neto)*

## RESUMO

FARIAS, José Maria Ferreira de. **Método para otimizar o aprendizado no ensino médio com base no Modelo de Rasch**. 2015. 113p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília – Brasília/DF, 2015.

A pesquisa deste projeto busca fornecer aos professores do ensino médio instrumento de avaliação da habilidade dos alunos e das dificuldades que demonstram em relação aos itens da grade curricular contidos nos testes a que são submetidos. É utilizada a TRI (Teoria de Resposta ao Item), particularmente o Modelo de Rasch, e foram empregadas neste estudo as respostas dos alunos de uma escola pública do DF em prova de ciências da natureza, nos moldes daquelas do ENEM e do SAEB. O processamento foi feito pelo *software* Xcalibre, com o objetivo de subsidiar os professores para selecionar e ordenar os componentes curriculares, a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, com base na teoria de Ausubel, para incentivá-los ao melhor aproveitamento.

**Palavras-chaves:** Medida, traço latente, habilidade, dificuldade, teoria de resposta ao item, aprendizagem significativa.

## **ABSTRACT**

The research of this project seeks to provide high school teachers tool for assessing the students' abilities and difficulties that show and relate to the items of the curricular subjects contained in the tests taken by the students from a Public School in DF. TRI was used (Item Response Theory), particularly, the Rasch Model, and the students' answers were deployed during the students' science tests with the same ENEM and SAEB standard. The processment was carried out by XCalibre with respect to subsidize teachers to select and choose the curricular components, previous students' knowledge experience was taken into account. Based on Ausubel's theory in order to incentive them to reach the best development.

Key words: Measure, ability, latent mark, ability, difficulty, Item Response Theory, significant learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curva de Dispersão.....	16
Figura 2: Curva Característica de Um Parâmetro .....	17
Figura 3: Curva Característica de Dois Parâmetros .....	17
Figura 4: Curva Característica de Três Parâmetros .....	18
Figura 5: Fórmula matemática do Modelo de Rasch.....	20
Figura 6: Curva da Ogiva Normal versus Curva Característica do Item.....	21
Figura 7: Curva Característica do Modelo de Rasch para um item .....	23
Figura 8: Curva Característica do Modelo de Rasch para vários itens.....	23
Figura 9: Menu da interface gráfica do Xcalibre.....	37
Figura 10: Exemplo da saída gráfica do Xcalibre .....	38

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Quantidade de acertos por item – todas as turmas .....	50
Gráfico 2: Quantidade de acertos por item de Física .....	50
Gráfico 3: Quantidade de acertos por item – turma A .....	50
Gráfico 4: Quantidade de acertos por item de Física – turma A.....	51
Gráfico 5: Quantidade de acertos por item .....	51
Gráfico 6: Quantidade de acertos por item de Física – turma B.....	52
Gráfico 7: Quantidade de acertos por item – turma C .....	52
Gráfico 8: Quantidade de acertos por item de Física – turma C.....	53
Gráfico 9: Comparação entre as médias de acerto do grupo com Física.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Matriz de respostas de todas as turmas.....	44
Tabela 2: Matriz de respostas – turma A.....	47
Tabela 3: Matriz de respostas – turma B.....	48
Tabela 4: Matriz de respostas – turma C .....	49

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Considerações Gerais sobre a Teoria de Resposta ao Item (TRI) .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Modelo de Rasch.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 Aprendizagem Significativa de Ausubel .....</b>	<b>24</b>
2.3.1 Condições para a aprendizagem significativa.....	25
2.3.2 O papel da estrutura cognitiva .....	26
2.3.3 Os subsunçores.....	27
2.3.4 Organizadores prévios.....	27
2.3.5 Aprendizagem significativa X aprendizagem mecânica.....	28
2.3.6 Aprendizagem receptiva X aprendizagem por descoberta .....	29
2.3.7 Formas e tipos de aprendizagem significativa .....	29
2.3.8 Esquecimento e reaprendizagem .....	31
2.3.9 A facilitação da aprendizagem significativa .....	31
2.3.10 Estratégias e instrumentos facilitadores .....	34
2.3.11 Avaliação da aprendizagem significativa .....	35
2.3.12 Considerações finais .....	35
<b>2.4 Xcalibre .....</b>	<b>36</b>
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>39</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>4.1 Os dados analisados segundo a TCT .....</b>	<b>50</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE A – Teoria de Ausubel</b>	
<b>APÊNDICE B – Manual para aplicação do Xcalibre</b>	

# 1 INTRODUÇÃO

A pesquisa deste projeto, fundamentado no Modelo de Rasch, propõe uma seleção e ordenamento dos componentes disciplinares no ensino de Física, a fim de otimizar o seu aprendizado, para os alunos do Ensino Médio. O exemplo pode ser estendido às demais disciplinas.

Segundo Pasquali (1999), usando um questionário criteriosamente elaborado, o Modelo de Rasch pode ser empregado para medir a proficiência do aluno e a dificuldade apresentada em cada questão. Desse modo se pode identificar a parte do programa que deve ser estimulada para superação das deficiências apresentadas.

A partir da posse de valores que representam as habilidades do aluno e as dificuldades de cada item, especialistas curriculares podem sugerir a seleção e o ordenamento adequado dos conteúdos programáticos, com a observação do tempo disponível do professor com o aluno em sala de aula.

Assim as dificuldades dos itens são evidenciadas, os especialistas curriculares selecionam e ordenam os conteúdos, por meio da identificação dos subsunçores, os conhecimentos prévios do aluno, de cada tema, para estimular a aprendizagem da matéria, ao torná-la significativa, segundo a teoria de Ausubel.

Esta metodologia é aplicada com a utilização do programa Xcalibre, que permite processar uma grande massa de dados para obter a escala de medida. Os dados a serem processados são obtidos a partir das respostas dos estudantes de escola pública do DF à prova das ciências da natureza, aqui utilizadas como laboratório.

Esta dissertação é organizada da seguinte forma: inicialmente apresentaremos informações gerais sobre a Teoria da Resposta ao Item (TRI), onde são apresentados os seus conceitos básicos e fundamentos, além de considerações fundamentais sobre o Modelo de Rasch, e também sobre a Aprendizagem Significativa de Ausubel e sobre o programa Xcalibre. Após as descrições metodológicas, discutimos os resultados atingidos e tecemos considerações finais, bem como esclarecemos algumas perspectivas abertas pela metodologia que propomos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Considerações Gerais sobre a Teoria de Resposta ao Item (TRI)

A Teoria da Resposta ao Item (TRI) é um conjunto de modelos matemáticos que relacionam um ou mais traços latentes (não observados) de um indivíduo com a probabilidade deste dar uma certa resposta a um item. (ANDRADE, 2000)

Segundo Pasquali, a Teoria Clássica dos Testes (TCT), usada desde o início do século passado, ainda tem serventia, por isso não deve ser abandonada, mas ela apresenta duas deficiências básicas. Com o uso da Teoria de Resposta ao Item (TRI), no entanto, nós podemos obter resultados mais precisos.

Ao utilizar métodos diferentes para medir a proficiência dos mesmos indivíduos, no ambiente da TCT, são obtidos resultados diferentes. A dependência do instrumento de medida em relação ao indivíduo respondente é portanto a primeira deficiência apontada por Pasquali. Ele exemplifica tal limitação ao referir a medida da proficiência do indivíduo com a utilização de duas escalas diferentes, as Matrizes Progressivas de Raven (SPM) e as Wechsler Adult Intelligence Scales (WAIS), em que se obtêm resultados desiguais. Assim se conclui que no ambiente da TCT as respostas dependem dos instrumentos utilizados.

Outra limitação da TCT é que o escore final traduz um percentual de acerto dos itens propostos mas não considera o seu grau de dificuldade. Assim dois indivíduos que apresentam o mesmo número de acertos em um questionário deveriam possuir a mesma proficiência. Mas isso é refutado ao se empregar a TRI, que demonstra em geral os diferentes graus de proficiência dos indivíduos, pelo fato de considerar a dificuldade de cada item. – A partir das observações experimentais, os gráficos de dispersão, é reforçada a hipótese de que a curva característica do item se repete, independentemente do indivíduo respondente, participante de um determinado grupo.

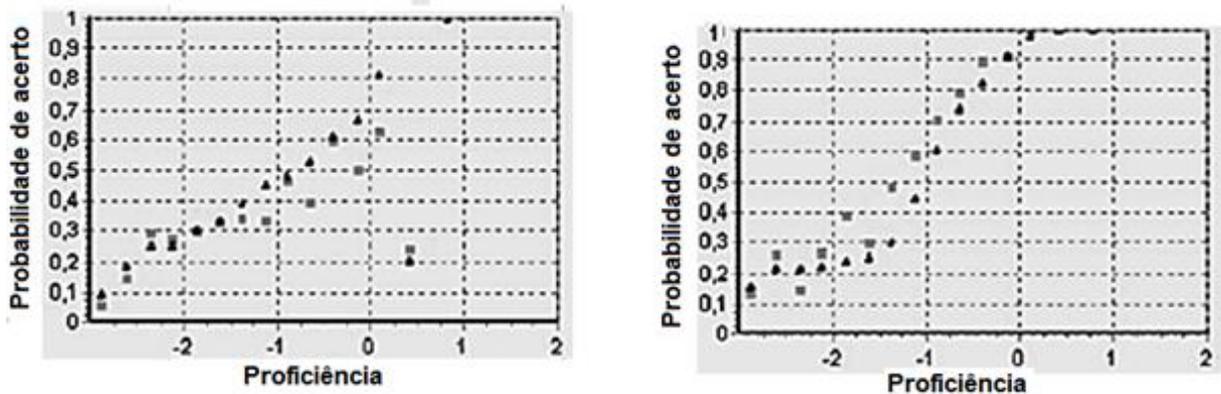


Fig. 1 DISPERSÃO (ANDRADE, 2000).

As bases da moderna TRI foram lançadas após os anos 50 por Lord (1952), Lazarsfeld (1959) e Rasch (1960). A TRI, também conhecida como Teoria do Traço Latente, foi axiomatizada finalmente por Birnbaum (1968).

Um passo importante na história da TRI foi dado por Birnbaum (1957), que substituiu as curvas de ogiva normais, até então empregadas, pelas curvas logísticas. Estas se baseiam nos logaritmos, que facilitam o trato matemático dos dados. Lord (1980) propõe um modelo logístico ainda mais sofisticado, com o emprego de três parâmetros.

A TRI se apresenta com novo impulso, no sentido de ampliar a discussão relacionada às deficiências da medição do traço latente, com a utilização da TCT, por intermédio da Escala Logit, que se utiliza de unidades logarítmicas. A unidade da habilidade é o desvio padrão.

Os algoritmos matemáticos de alta complexidade foram naquela oportunidade impedimento para a sua aplicação em larga escala. Mas após os anos 1980 o desenvolvimento das tecnologias computacionais minimizou tal dificuldade, graças aos desenvolvimentos dos *hardwares* e *softwares*. A TRI então assume importante papel para medir o traço latente.

A TRI se baseia na ideia de que, independentemente do indivíduo, podemos construir uma escala para medir a probabilidade da sua resposta correta a uma pergunta. Ela é composta de um conjunto de modelos matemáticos adequados a tipos determinados de itens. Graças a sua capacidade de discriminar e avaliar, ela é utilizada no Brasil pelo Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb), que usa a escala de um parâmetro, a Escala de Rasch, e também mais recentemente pelo

ENADE (Exame Nacional do Ensino Superior) e pelo ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), que utilizam a escala de três parâmetros proposta por Lord.

No mundo, outros institutos utilizam a TRI, como o Pisa (Programa Internacional de Avaliação do Estudante, *Programme for International Student Assessment*), o TOEFL (Teste de Inglês como Língua Estrangeira, *Test of English as a Foreign Language*), o GRE (*Graduate Record Examination*), dentre outros.

*Exemplo das escalas dicotômicas e suas respectivas curvas características do item.*

Um parâmetro – a dificuldade  $b$

$$P(\theta) = \frac{e^{(\theta - b)}}{1 + e^{(\theta - b)}}$$

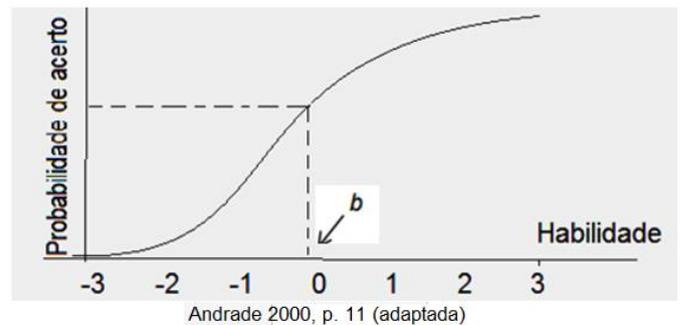


Figura 2

Dois parâmetros – a dificuldade  $b$  e a discriminação  $a$

$$P = (N(1), \theta) = \frac{1}{1 + e^{-a(\theta - b)}}$$

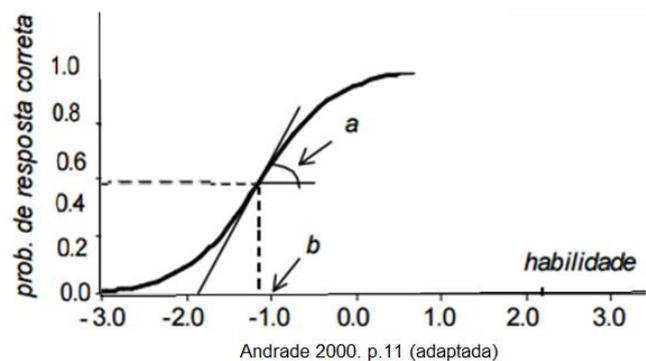
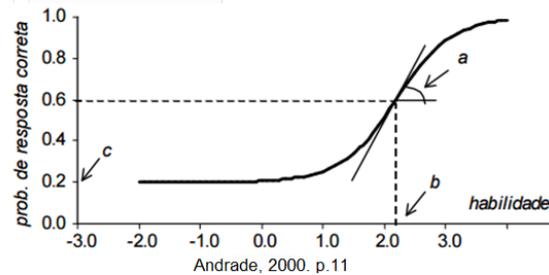


Figura 3

Três parâmetros - a dificuldade  $b$ , a discriminação  $a$  e parâmetro  $c$  que corrige o acerto ao acaso.

$$P = (N(1), \theta) = C_1 + (1 - C_1) \frac{1}{1 + e^{-a(\theta - b)}}$$



**Figura 4**

A TRI mede o traço latente, ou construto, que é habilidade não diretamente observável. Esta habilidade pode ser estimada usando qualquer uma das três escalas apresentadas, que levam em conta as características das questões, sua dificuldade, e a probabilidade de o indivíduo dar a resposta correta ao item conforme a sua habilidade.

## Parâmetros

### 1) O parâmetro $b$

O parâmetro  $b$  informa o grau de dificuldade que o item oferece ao respondente. Ele é a chave para medir o traço latente. Na Curva Característica do Item lê-se o valor deste parâmetro na mesma escala das habilidades. Quando a probabilidade de acerto do indivíduo é de 50% (cinquenta por cento), na escala das habilidades lemos o valor da dificuldade. Observando esta probabilidade, quanto maior a habilidade, maior a dificuldade. ( $P(\theta) = 50\%$ ,  $b = \theta$ ).

### 2) O parâmetro $a$

O parâmetro  $a$  identifica o poder que a questão tem em discriminar a habilidade dos estudantes. Ele expressa o nível de informação do item.

### 3) O parâmetro $c$

Já o parâmetro  $c$  é utilizado para corrigir o resultado no caso de acerto do item difícil pelo respondente com pouca habilidade. Ele corrige o acerto ao acaso!

Em situações em que não existe a possibilidade de acerto casual, temos o modelo logístico de dois parâmetros, e quando todos os itens possuem o mesmo parâmetro de discriminação ( $a = 1$ ) nós temos o modelo logístico de um parâmetro, ou, como é conhecido, Modelo de Rasch.

## 2.2 Modelo de Rasch

O Modelo de Rasch, uma particularidade da TRI, o modelo de um parâmetro, é usado para medir o traço latente, como no caso da qualificação profissional de um médico, da satisfação de um cliente, da existência de um distúrbio alimentar, da reabilitação de um paciente, da proficiência no âmbito escolar, por exemplo, o que mostra o grande potencial deste princípio fundamental de medição em pesquisa com humanos. (BOND, 2001)

“A possibilidade de as nossas atitudes serem previstas por medições nos parece insultuosa.” Afinal como poderiam medir a nossa disposição, no nosso dia a dia? Como alguém poderia saber mais de nós do que nós mesmos? Como poderiam prever a nossa próxima atitude? Como mediriam a nossa proficiência?...

Segundo Bond, a proposta da TRI não é ampliar o conceito de medição, e tampouco de banalizá-lo. Mas de apresentar uma medida fundamentada em comparação de valores dentro de uma mesma escala. Como isso é possível?

Usando a escala de Rasch, por exemplo.

Questão intrigante: Como vou justificar a um físico que essa escala pode realizar a medida de um traço latente?

Resposta: Se possuímos uma escala que mede a magnitude de uma mesma característica em coisas diferentes, podemos realizar a função da medida, que é a comparação traduzida em números dessas magnitudes, e assim identificar a que é maior ou menor dentre elas.

Exemplo: um atleta que pratica salto em altura. Em sua preparação para a Olimpíada, ao longo dos anos, ele realiza inúmeros saltos sobre o sarrafo. Gradativamente tal barreira vai ganhando altura, ganhando dificuldade.

No curso dessa transformação, inicialmente quase todos os saltos são bem-sucedidos. No entanto, a altura da barreira cresceu de tal forma que em 50% (cinquenta por cento) das vezes ele conseguia transpô-la, e em 50% (cinquenta por cento) das vezes não.

Ele vai agora para a Olimpíada com o número que representa a sua habilidade, que foi medida pela altura em que se encontrava o sarrafo, a dificuldade. – Parece razoável, quando a probabilidade de sucesso é de 50% é porque a dificuldade que lhe é oferecida equivale a sua habilidade de salto, ambas condições traduzidas numa mesma escala, que é a altura.

Assim, se a altura do sarrafo for menor do que a habilidade do atleta – medida da capacidade dele de saltá-la –, a probabilidade de ele chegar do outro lado é maior do que 50%. Se a altura do sarrafo for maior do que a sua habilidade para transpô-lo, estará fadado ao provável insucesso.

Este exemplo, inspirado na literatura proposta pela TRI, permite perceber que é possível, usando uma única escala, fazer a medida, de forma indireta, de um traço latente. Ou seja, medindo a habilidade, identificamos a dificuldade.

O modelo de Rasch – fórmula matemática

$$P_i(\theta) = \frac{e^{(\theta - b_i)}}{1 + e^{(\theta - b_i)}}$$

Figura 5

Na expressão matemática acima,  $P_i(\theta)$  é a probabilidade de o indivíduo ofertar a resposta correta a um item.  $\theta$  (teta) é a medida da sua habilidade, e  $b_i$  é a dificuldade do item. Com um simples exercício matemático, notamos que na probabilidade de 50% (cinquenta por cento) a dificuldade equivale à habilidade.

Uma escala de habilidades construída de acordo com o modelo de Rasch (escala dicotômica) admite apenas uma de duas respostas possíveis num questionário, ou num conjunto de frases, ou itens, relativamente às quais é pedido ao sujeito avaliado que dê a resposta que será avaliada como certa ou errada, ainda que o questionário seja constituído de itens de múltipla escolha. O acerto será identificado pelo número 1 (um); o erro, pelo número 0 (zero).

Estima-se assim o nível da habilidade do sujeito a partir dos itens utilizados, que devem ser calibrados na fase de construção do banco de itens para a construção

da escala. – A habilidade do sujeito é medida pela probabilidade de ele dar a resposta correta a um item, independentemente do conjunto de itens.

Ao reconhecer que as escalas de medição podem ser desenvolvidas a partir das respostas individuais a cada um dos itens, Birnbaum introduz a grande diferença relativamente aos modelos anteriores da psicometria, que se baseavam numa outra conjectura, a distribuição da variável latente de acordo com a função da ogiva normal. Ele propôs a releitura dessa função em uma escala logarítmica crescente, que é a Escala Logit (BAKER, 2001; LORD & NOVICK, 1968).

Figura 6 – – Curva da Ogiva Normal versus Curva Característica do Item

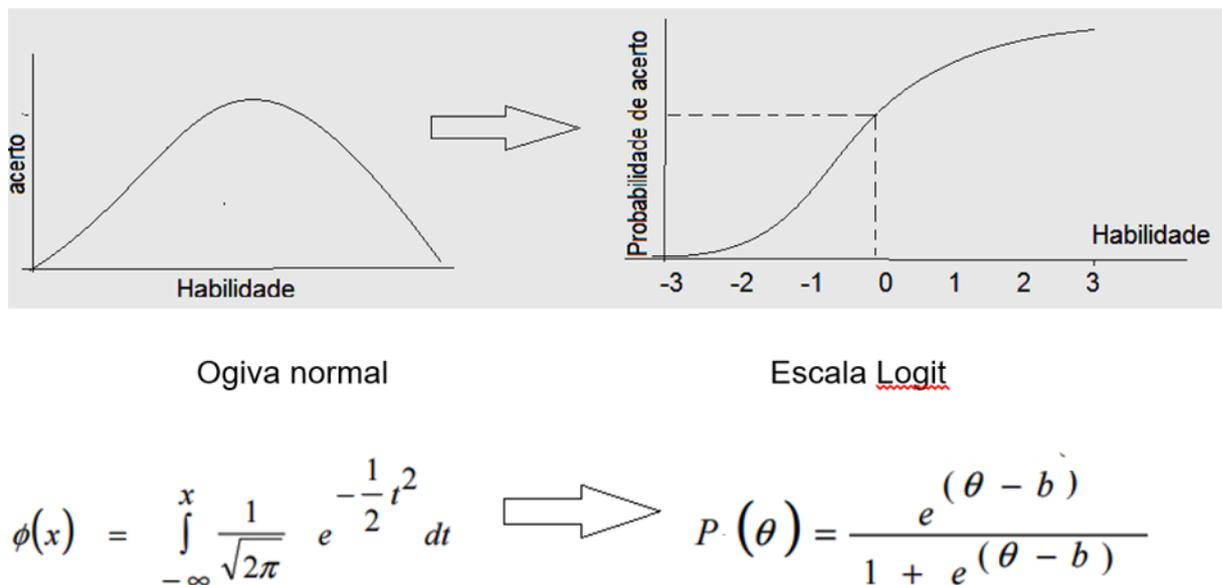


Fig. 6 Ilustração do autor

Substituir a função da ogiva normal pela função logística evita trabalhar com integrais, o que garante um tratamento matemático mais simples. A função logística considera o método da máxima verossimilhança em vez do método dos mínimos quadrados, como faz a função da ogiva normal, sendo matematicamente por isso mais fácil de ser processada (PASQUALI, 2007).

A TRI funciona a partir de dois postulados básicos. Um é que o desempenho do examinando em um item pode ser predito, a partir de um conjunto de fatores, as variáveis hipotéticas (traços latentes). Outro é que a relação entre o desempenho e os traços latentes pode ser descrita por uma função matemática monotônica crescente, cujo gráfico é a Curva Característica do Item – CCI (PASQUALI, 2007).

Para aplicação do método de Rasch pressupõe-se:

1. A unidimensionalidade, pois o conjunto de itens mede apenas uma dimensão, uma variável latente. Por isso se eliminam os itens que violam este princípio.

2. A *independência local*, ou seja, nenhum item deve conter informação que possa ser usada para responder a um outro. Então, devido à inexistência de correlação entre os itens, a probabilidade de um sujeito acertar N itens é igual ao produto das probabilidades de ele acertar cada um deles. – Pasquali salienta a dificuldade de se estabelecer a independência local, mas se os fatores estranhos forem controlados, mantidos constantes, o fator dominante, a dificuldade do item, será a única fonte de variação. Neste caso, as respostas se tornam independentes, já que o examinando conta apenas com a magnitude da sua habilidade para responder às questões.

3. A *calibragem do item* significa equiparar, tornar comparáveis os parâmetros dos itens provenientes de testes diferentes e os traços latentes de respondentes de diferentes grupos na mesma métrica, tornando assim os itens e os respondentes comparáveis.

4. Com um banco de itens calibrados, em que os itens e seus parâmetros estejam na mesma escala de proficiência, podemos construir um ou mais testes com graus de dificuldade que atendam aos objetivos de uma ou de mais avaliações. É preciso apenas que o banco de itens contenha itens com boa discriminação e que tenham diferentes valores de dificuldade sob controle. Um teste classificativo, como a prova do ENEM – com itens bem discriminados e os valores do parâmetro dificuldade devidamente controlados –, permite que o grupo de alunos que deseja acesso ao Ensino Superior possa fazer diferentes testes, e mesmo assim é medida neles a mesma proficiência. Como exemplo dessa situação nós temos a prova ENEM 2015. No dia da sua realização, ocorreram enchentes e inundações em alguns locais da prova, no Sul do país. Isso impediu que elas fossem realizadas naqueles locais. Mas o examinador possui um banco de itens calibrado. Portanto ele pode construir um outro teste, diferente do primeiro, mas que medirá a mesma proficiência do anterior. Isso acontece porque o sistema de avaliação do exame nacional do ENEM trabalha com a TRI de três parâmetros.

No modelo de Rasch, como em qualquer outro modelo da TRI, se assume que é possível descrever matematicamente a relação entre a habilidade de um sujeito e a dificuldade de um item. Esta relação pode ser descrita pela curva característica do item (CCI).

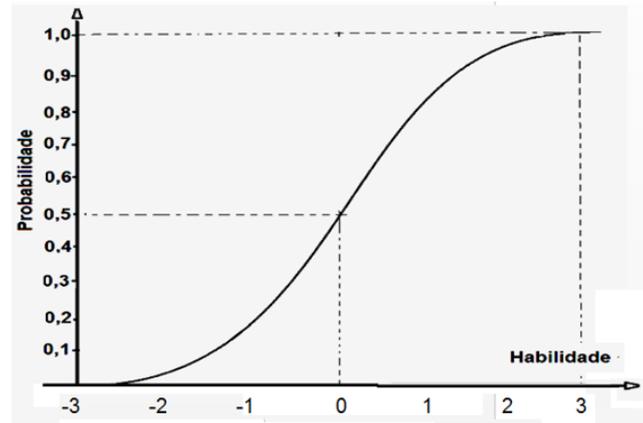


Fig. 7 Ilustração do autor

Figura 7

No eixo das habilidades do indivíduo identificamos o valor da dificuldade do item, quando a probabilidade de acerto é de 50% (cinquenta por cento). Dessa forma, a habilidade e a dificuldade são medidas na mesma escala, e portanto podem ser comparadas. No caso do gráfico acima, o valor da dificuldade é 0 (zero).

Ao analisar a curva característica de um teste com vários itens, o deslocamento da curva para a direita representa um aumento na dificuldade do item, que aumenta junto com a habilidade – vide o gráfico a seguir.

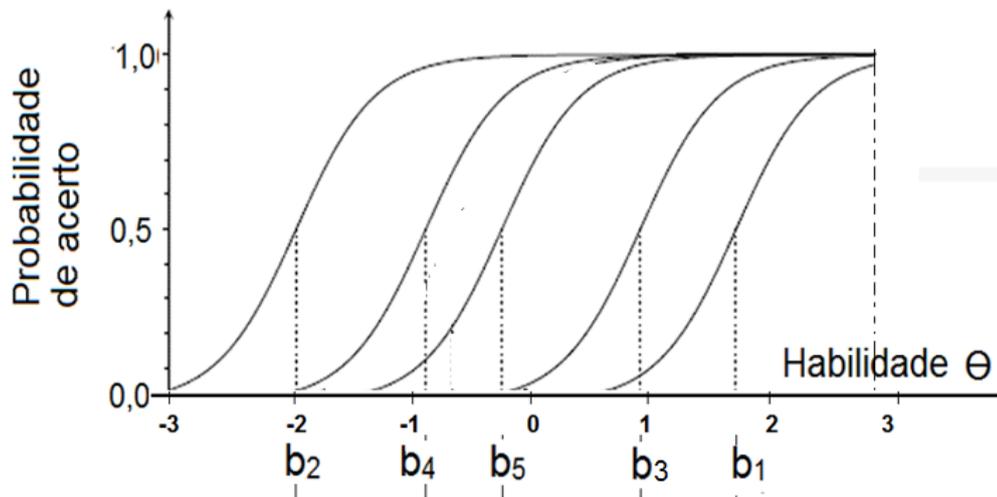


Fig. 8 Ilustração do autor

Figura 8

Para o gráfico acima, notamos que o item de menor dificuldade foi o item 2. E o item de maior dificuldade, o item 1.

### 2.3 Aprendizagem Significativa de Ausubel

Uma vez que o problema organizacional substantivo (identificação dos conceitos organizadores básicos de uma dada disciplina) está resolvido, a atenção pode ser dirigida para os problemas organizacionais programáticos envolvidos na apresentação e organização sequencial das unidades componentes. Aqui hipotetiza-se vários princípios relativos à programação eficiente para a aprendizagem do conteúdo, (que) são aplicáveis independentemente da área do conhecimento. (AUSUBEL, 1978)

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem com os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. Essa interação se dá por meio da linguagem, de maneira substantiva, não apenas literal, e não arbitrária, porque de modo específico com conhecimentos relevantes da estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (AUSUBEL, 1978)

O conhecimento prévio, que compõe a estrutura cognitiva do aprendiz, e interage com o novo conhecimento, pode ser um conceito, construção mental, proposição, representação, modelo, concepção, mas também um procedimento, uma atitude. Ele foi chamado por David Ausubel de *subsunçor*, ou *ideia-âncora*.

O subsunçor é um conhecimento mais ou menos estável e diferenciado, que é re-elaborado cognitivamente na interação com os novos conhecimentos. Estes podem ser apresentados ao aprendiz ou serem por ele descobertos, e dão significado ao conhecimento prévio que os ampara, ao mesmo tempo em que adquirem novos significados com ele, pois confirmam e ou expandem os já existentes. Assim o subsunçor adquire progressivamente maior estabilidade, diferenciação e riqueza de significados, de modo que se torna cada vez mais capaz de facilitar novos aprendizados, cada vez mais complexos.

Quando o novo conhecimento, nova ideia, conceito ou proposição é mais abrangente, de maneira que subordina os conhecimentos prévios que lhe dão suporte – casos menos comuns –, temos a *aprendizagem significativa superordenada*. Nesse processo de aprendizagem, o novo conhecimento adquire significado na interação com os conhecimentos prévios especificamente relevantes da estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Se um conhecimento não servir de apoio para a aprendizagem de novos conhecimentos, ele se manterá no nível primário de significação, pois não realizará a aprendizagem significativa. Já no caso do subsunçor estável, diferenciado e rico de significados, que deixem eventualmente de ser empregados, eles podem ser

esquecidos pelo sujeito. Haverá assim a perda de discriminabilidades e diferenciações de significados na estrutura cognitiva desse sujeito. Mas se a sua aprendizagem foi significativa, com pouco esforço ele reaprenderá o conhecimento ora esquecido.

Se houver um esquecimento total, e os significados não puderem ser recuperados, é porque os conhecimentos perdidos foram aprendidos mecanicamente, portanto de modo apenas memorístico, *i.e.*, não significativo. Esses conhecimentos deverão ser aprendidos novamente, mas de modo significativo, para que não sejam de novo esquecidos.

O subsunçor, qualquer tipo de conhecimento prévio, mais ou menos amplo, que suporta novos aprendizados, pode evoluir, mas também involuir, se organizar ou desorganizar, pois ele não é estático, mas dinâmico. E a estrutura cognitiva que o suporta, o sistema hierárquico de subsunçores da estrutura cognitiva, composta de diversos campos de conhecimentos, dinamicamente relacionados e interativos, pode mudar na aprendizagem superordenada, em que novos conhecimentos mais inclusivos passam a incorporar aqueles mais exclusivos.

A parte mais importante do processo cognitivo para Ausubel são portanto os subsunçores, os conhecimentos prévios da estrutura cognitiva do sujeito que aprende. Eles ancoram os novos conhecimentos e lhes dão significados, ao mesmo tempo em que também se enriquecem com os novos significados e se capacitam para cada vez mais ancorar mais novos e aprendizados.

A aprendizagem significativa não é sinônima de “aprendizagem correta”, pois os novos conceitos assimilados pelo aprendiz não são necessariamente aqueles aceitos no contexto da matéria de ensino. “Concepções alternativas”, a exemplo daqueles conceitos admitidos pelo senso comum, podem ter valor para a pessoa, mas não serem as explicações cientificamente aceitas, que são ministradas nos conteúdos curriculares.

### 2.3.1 Condições para a aprendizagem significativa

São duas:

1. O material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo – livros, aulas, aplicativos etc. devem ter significado lógico, e se relacionarem, de modo não arbitrário, e não apenas literal, mas substantivamente, com algum conhecimento especificamente relevante da estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

O material de aprendizagem não é necessariamente significativo ou não em si mesmo. Ele se torna significativo quando encontra os subsunçores adequados para ancorá-lo. – Se não os encontra, deverá haver uma negociação de significados professor-aluno, muitas vezes demorada, para que tal material de aprendizagem ganhe significados e possa integrar a estrutura cognitiva do aluno.

2. O aprendiz deve estar predisposto a aprender, e ter as ideias-âncoras relevantes em sua estrutura cognitiva para amparar os novos aprendizados. E ainda se esforçar para relacionar, diferenciar e integrar os novos conhecimentos interativamente em sua estrutura cognitiva. Mesmo que a sua motivação não seja subjetiva, de gosto pela matéria, por exemplo, mas de compreendê-la apenas para se sair melhor nas avaliações escolares.

Moreira enfatiza que os aprendizados mecânicos, apenas memorialísticos, não produzem aprendizagem estável porque não contemplam a compreensão dos novos aprendizados, que devem ser sustentados nos conhecimentos prévios do aprendiz. Por esse fato, eles não significam realmente aprendizado.

### 2.3.2 O papel da estrutura cognitiva

A estrutura cognitiva contempla os conhecimentos prévios do aprendiz, que devem ser claros e estáveis, em sua organização hierárquica de amplitude e compreensão. Ela afeta fundamentalmente a aprendizagem e a capacidade do aprendiz de reter os novos conhecimentos. – Os subsunçores são o fator mais relevante na perspectiva da aprendizagem significativa ausubeliana.

No processo interativo da aquisição significativa, o novo aprendizado ganha significados, ao se integrar diferenciadamente à estrutura cognitiva do aprendiz, e os subsunçores também adquirem os novos significados trazidos pelos novos conhecimentos. Desse modo, a estrutura cognitiva do sujeito que aprende vai se estabilizar diferenciadamente e se enriquecer de significados com os novos conhecimentos, de maneira que se tornará mais capacitada para ancorar novos conhecimentos.

### 2.3.3 Os subsunçores

Ausubel enfatiza a necessidade da identificação dos “conceitos estruturantes” de cada disciplina. Eles deveriam ser identificados e cuidadosamente ensinados aos alunos, pois uma vez aprendidos significativamente eles seriam a base para novas aprendizagens significativas.

Ausubel denominou de subsunçores as proposições, os modelos mentais, os construtos pessoais, as concepções, ideias, invariantes operatórios, as representações sociais que formam os conceitos que existem na estrutura cognitiva do aprendiz, relevantes para ancorar novos conhecimentos.

Os primeiros subsunçores vêm da aprendizagem ocorrida nos primeiros anos e devem ter sido construídos em processos de inferência, abstração, discriminação, descobrimento, representações feitas pela criança nos diversos momentos com os mais diferentes objetos, eventos e conceitos, e também pelos resultados das suas negociações de significados com adultos, professores etc.

A estrutura cognitiva do aprendiz é construída progressivamente, de modo a se tornar ricamente estável e permanentemente diferenciada. – Na fase adulta, predomina quase que completamente o modelo de aprendizagem que Ausubel chama de assimilação, na interação cognitiva entre os conhecimentos prévios do aprendiz e novos.

### 2.3.4 Organizadores prévios

Na ausência dos subsunçores adequados, que permitiriam à estrutura cognitiva do aprendiz atribuir significados aos novos conhecimentos, devem ser empregados os organizadores prévios por recomendação de Ausubel. – Eles não são um resumo, uma visão geral ou um sumário, que geralmente estariam no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido, mas recursos instrucionais na esfera de um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação, para fazer uma ponte de compreensão significativa de modo abrangente, geral e inclusivo, de modo assim a facilitar, por meio da aprendizagem significativa, a assimilação do novo material de aprendizado.

Os organizadores prévios não funcionam sempre, comenta Moreira, mas ele considera também que eles devem ser sempre empregados na construção dos

subsunçores adequados aos novos conhecimentos, antes de se prosseguir na sua ministração. – Os organizadores prévios devem ser sempre utilizados no ensino inclusive porque o aluno muitas vezes não percebe a relação entre os novos conhecimentos e o que ele já sabe.

Se o material de aprendizagem é familiar e o aprendiz não tem os subsunçores adequados, recomenda-se usar o *organizador expositivo*, que fará a ponte entre o que o aluno sabe e o que ele deveria saber para que o material de aprendizagem se tornasse potencialmente significativo – o que deve ser feito com termos familiares ao aprendiz.

Se o material de aprendizagem é apenas relativamente familiar ao aprendiz, recomenda-se usar o *organizador comparativo*, que facilitará que o aprendiz integre o novo conhecimento a sua estrutura cognitiva.

### 2.3.5 Aprendizagem significativa X aprendizagem mecânica

A proposta pedagógica que mais ocorre na escola na atualidade é a *aprendizagem mecânica*, puramente memorística, à base da “decoreba”, feita apenas para passar nas provas, e que logo depois é esquecida. – Ela é armazenagem literal, arbitrária, que não requer compreensão, que não tem portanto significado, e oferece como resultado apenas aplicação puramente mecânica a situações já conhecidas.

A *aprendizagem significativa* é a incorporação substantiva, porque essencial, e não arbitrária, porque amparada em conhecimentos prévios do sujeito que aprende. Ela implica em compreensão do conteúdo, portanto tem significação para o aprendiz. Desse modo, ela o capacita para descrever e explicar o novo conhecimento, além de oferecer a possibilidade da sua transferência para aplicação a novos contextos.

Pensa-se muitas vezes que ao final a aprendizagem mecânica natural ou automaticamente se tornaria significativa. Mas isso não acontece, porque a aprendizagem só se torna substantiva se houver subsunçores adequados, predisposição do aluno para aprender e material de aprendizagem potencialmente significativo – num processo que pode ser longo, pois envolve negociações de significados entre discente e docente.

O conhecimento estável almejado requer o domínio das situações-problema, que são as próprias situações de aprendizagem. As situações-problema dão sentido aos conceitos, e os conceitos se formam à medida em que o aprendiz as domina, em

sua cada vez maior complexidade. – Moreira aqui se reporta a Vergnaud, que fala da dialética entre os conceitos e as situações, no campo de interseção entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, que é a zona intermediária do ensino potencialmente significativo.

### 2.3.6 Aprendizagem receptiva X aprendizagem por descoberta

*Aprendizagem receptiva* é quando o aprendiz adquire o conhecimento a ser aprendido, na sua forma final, por meio de livro, aula, experiência de laboratório, filme, simulação de computador etc. Ela requer as atividades cognitivas de relacionar interativamente os novos conhecimentos com os subsunçores, para que eles possam captar os seus significados e ancorá-los, então diferenciá-los progressivamente e reconciliá-los integrativamente, na construção permanente da estrutura cognitiva.

*Aprendizagem por descoberta* quer dizer que o aprendiz precisa descobrir por ele mesmo o que vai aprender. Para ela é igualmente necessário o conhecimento prévio adequado e a predisposição para aprender por parte do aprendiz. – A descoberta é experiência rara em adulto, especialmente na atualidade, mesmo por causa da grande quantidade de conhecimentos disponíveis hoje em dia, o que inviabiliza praticamente para ele a aprendizagem somente por descoberta, que é comum no caso da criança, para quem tudo é novo.

No mundo adulto, a aprendizagem por descoberta pode acontecer e ser importante no âmbito didático como motivadora, ou como facilitadora de certas aprendizagens mais específicas, por exemplo, por ocasião dos procedimentos científicos.

Da mesma maneira, como há um campo de interseção entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, há um também entre a aprendizagem por recepção e a aprendizagem por descobrimento.

### 2.3.7 Formas e tipos de aprendizagem significativa

Três formas de aprendizagem significativa são distintas: por *subordinação*, por *superordenação* e de *modo combinatório*. – De maneira análoga, três tipos de aprendizagem significativa podem ser observados: *representacional*, *conceitual* e *proposicional*.

A aprendizagem significativa é da forma *subordinada* quando os novos conhecimentos potencialmente significativos obtêm significado para o sujeito que aprende numa ancoragem cognitiva interativa com os conhecimentos prévios relevantes, gerais e inclusivos da sua estrutura cognitiva. É a forma mais comum de aprendizado significativo. – A ideia inicial se vai modificando interativamente, se amplia, enriquece e elabora com os novos conhecimentos, e se torna assim mais capaz de ancorar significativamente mais novas aprendizagens.

A aprendizagem significativa é da forma *superordenada* quando faz as ligações entre as semelhanças e diferenças dos objetos, eventos ou conceitos, para chegar a sua compreensão. Esta é uma forma mais rara de aprendizado significativo. – Os processos de abstração, indução e síntese levam aos novos conhecimentos, que subordinam aqueles que lhes deram origem.

A aprendizagem significativa é da forma *combinatória* quando um novo conhecimento decorre da interação de diversos outros conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. Ele não será nem mais inclusivo nem mais específico do que os conhecimentos originais, e os seus significados não o tornam nem subordinado nem superordenado.

Quanto aos tipos de aprendizagem significativa, a *aprendizagem representacional* é fundamental, pois dela decorrem as demais. Ela ocorre quando um símbolo representa especificamente um determinado objeto ou evento, não o seu conceito. – Ela pode parecer aprendizagem mecânica, na qual a relação símbolo/objeto ou evento é apenas associativa, portanto sem significado, mas o fato de se referir a um único objeto ou evento concreto a torna aprendizagem significativa.

Após passar por várias representações de determinado objeto ou evento, e lhes distinguir a regularidade de características, propriedades ou atributos, dá-se com tal aprendiz o tipo de *aprendizagem conceitual*. Ele constrói o conceito e passa a representá-lo por um símbolo, geralmente linguístico, o que torna esse tipo de aprendizagem de um nível mais elevado.

A *aprendizagem proposicional* dá significado a novas ideias expressas na forma de proposições. A aprendizagem representacional e a conceitual são pré-requisitos para a aprendizagem proposicional, e o seu significado extrapola os conceitos nela contidos, pois o seu campo de atuação é abstrato. – Ela pode ser subordinada, superordenada ou combinatória. E da mesma maneira pode ocorrer por

subordinação, superordenação ou combinação, ao se ancorar nos conhecimentos prévios da estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

### 2.3.8 Esquecimento e reaprendizagem

O esquecimento é uma consequência natural de todas as aprendizagens, inclusive da aprendizagem significativa. Ausubel o chamava de *assimilação obliteradora*, i.e., assimilação que desaparece com o tempo. Moreira o chama de “perda progressiva da dissociabilidade dos novos conhecimentos”, em relação aos conhecimentos que lhes deram significados, que lhes serviram de âncora na estrutura cognitiva.

Quando acontece de o sujeito esquecer o conhecimento aprendido significativamente, porque não o usou por muito tempo, por exemplo, ele mantém a sensação tranquila de o poder recuperar facilmente, se houver a necessidade, e em espaço curto de tempo, porque tal conhecimento se agregou significativamente a sua estrutura cognitiva.

No caso da aprendizagem mecânica, apenas memorialística, sem significado, a pessoa tem a sensação preocupada, porque sabe que nunca aprendeu tal conhecimento de fato, por não ter sido o aprendizado significativo. Portanto, sem ter como recuperá-lo, ao esquecer-lo, tal sujeito terá que aprendê-lo, e de modo significativo.

### 2.3.9 A facilitação da aprendizagem significativa

Ausubel considerou ser o conhecimento prévio do aprendiz o aspecto mais importante da aprendizagem significativa. Ela acontece sob duas condições:

(1) os novos conhecimentos, a serem ministrados por meio dos materiais instrucionais, presencialmente ou a distância, devem ser potencialmente significativos, i.e., devem interagir significativamente com os conhecimentos prévios do aprendiz; e

(2) deve haver predisposição do aprendiz para aprender.

A primeira condição para a aprendizagem significativa é a potencialidade significativa do material a ser aprendido. A segunda se relaciona à receptividade a tal material por parte do sujeito que aprende, cujo aprendizado será crescentemente

facilitado quanto mais houver dedicação de sua parte, o que vale também quanto aos seus correlatos.

Uma premissa da teoria da aprendizagem significativa é que acontece uma diferenciação progressiva do conhecimento aprendido, no contato com os conhecimentos prévios, ao mesmo tempo em que ocorre uma reconciliação integradora dos dois processos, simultâneos na dinâmica da estrutura cognitiva. – Na interação dos dois processos é que acontece a distribuição hierárquica, sempre provisória, porque atualizada a cada novo conhecimento, na estrutura cognitiva do aprendiz.

A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, ou integrativa, processos fundamentais na dinâmica da estrutura cognitiva do aprendiz, devem ser usadas para nortear a programação da matéria de ensino e facilitar a aprendizagem significativa.

A abordagem didática praticada na atualidade é linear, do mais simples ao mais complexo, ou do mais fácil ao mais difícil. É lógica, mas não psicológica. O ensino significativo deve começar pelo que é mais geral, mais inclusivo, mais organizador do conteúdo, e progressivamente diferenciar as suas partes fundamentais, ao exemplificá-las e trabalhá-las em situações de ensino.

A facilitação do aprendizado significativo deve também considerar os *organizadores prévios*, que Ausubel propôs como recurso instrucional para atender aos alunos que não têm os subsunçores adequados para dar significado aos novos conhecimentos. Eles podem ser introdutórios à matéria, apresentados em um nível mais elevado de generalidade e inclusividade, formulados dentro da capacidade de compreensão do aluno, e devem ser utilizados ainda que não haja como definir com precisão se irão funcionar ou não. As experiências relatadas são polêmicas, algumas acusaram efeito dos organizadores, e outras não.

Se a aprendizagem significativa depende de conhecimentos prévios adequados, e se eles não existem na estrutura cognitiva do aprendiz, a solução claramente deve ser construir tais conhecimentos, para que os novos se tornem potencialmente significativos. Mas isso talvez seja impossível, na abordagem tradicional do ensino em grupo, pois o programa que o professor deve cumprir rigorosamente promove a aprendizagem mecânica.

Outra situação em que os organizadores prévios são úteis é quando o aluno não relaciona discriminadamente os seus conhecimentos prévios aos novos, que lhe

são apresentados nas aulas e nos materiais educativos. Nesse caso, os organizadores irão mostrar a relação entre os conhecimentos prévios do aluno com os novos conhecimentos.

Ausubel também recomendou o uso dos princípios da *organização sequencial* e da *consolidação* – além da *diferenciação progressiva*, da *reconciliação integrativa* e dos *organizadores prévios*, processos que se passam na estrutura cognitiva do aprendiz – para facilitar a aprendizagem significativa.

A *organização sequencial* se vale das dependências sequenciais das matérias de ensino, de modo que os novos conhecimentos devem ser ministrados imediatamente dependentes daqueles que os antecedem, pois isso facilita a organização dos subsunçores.

A *consolidação* trata do domínio dos conhecimentos prévios antes da introdução de novos conhecimentos. Nada mais natural do que garantir esse domínio, pois eles são a variável mais importante da aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa é progressiva e convive com rupturas e continuidades. Desse modo, ela pode levar um tempo relativamente longo para acontecer, já que inclui a necessidade de muitos exercícios, resoluções de situações-problemas, além de esclarecimentos, discriminações, diferenciações, na integração dos conhecimentos prévios, na estrutura cognitiva do aprendiz, antes que o novo conhecimento possa ser introduzido.

A *linguagem* é um recurso extremamente importante na facilitação da aprendizagem significativa, que depende da captação de significados. Isso envolve intercâmbios, negociações, que acontecem por meio de diálogos, no âmbito da linguagem. O professor apresenta os significados, no contexto da matéria de ensino, que ele já domina. Os alunos os devolvem ao professor conforme captaram.

Se o que os alunos devolvem não é o esperado no contexto da matéria, o professor deve repassar de novo tais conhecimentos a eles, de outra maneira. E os alunos novamente retornam ao professor... num processo que pode ser longo, para apenas concluir quando os alunos realmente captaram os significados aceitos no contexto da matéria de ensino. – Mesmo em Física ou Química, o ensino e a aprendizagem dependem da linguagem, que é essencial na facilitação da aprendizagem significativa.

### 2.3.10 Estratégias e instrumentos facilitadores

São consideradas importantes variáveis na facilitação da aprendizagem significativa os já citados *levar em conta o conhecimento prévio do aprendiz*, a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integrativa* do conhecimento aprendido, a *organização sequencial do conteúdo*, a *consolidação* do conhecimento prévio, o uso de *organizadores prévios*, que mostrem a relacionabilidade e a discriminabilidade entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos, e a *linguagem* envolvida no intercâmbio dos significados.

Também se poderia falar em *estratégias e instrumentos* (didáticos) facilitadores da aprendizagem significativa. Um deles já mencionado é o *organizador prévio*. Há também o *mapa conceitual*, diagrama conceitual hierárquico que destaca conceitos de determinado campo conceitual e as relações (proposições) entre eles – muito úteis na diferenciação progressiva e na reconciliação integrativa de conceitos, além de na própria conceitualização.

Os *diagramas V* – instrumentos heurísticos que enfatizam a interação entre pensar (domínio conceitual) e fazer (domínio metodológico), na produção de conhecimentos, a partir de questões-foco – são também promotores da aprendizagem significativa.

As *atividades colaborativas* com pequenos grupos, presenciais ou virtuais, que viabilizam o intercâmbio, a negociação de significados, com o professor na função mediadora igualmente facilitam a aprendizagem significativa.

A *aula expositiva* clássica geralmente promove a aprendizagem mecânica, mas não é impossível que ela também realize a aprendizagem significativa.

Os mapas conceituais, a partir da existência de “mapa correto”, ou “mapa padrão”, que os alunos devessem aceitar e memorizar, ou o diagrama V, com os procedimentos padronizados, devem ser prevenidos para não se tornarem incentivo à aprendizagem mecânica, que aconteceria no caso do enfoque comportamentalista – de “copiar, memorizar e reproduzir”. A facilitação da aprendizagem significativa depende portanto de uma mudança básica na diretriz escolar, e por consequência de uma nova postura docente.

### 2.3.11 Avaliação da aprendizagem significativa

A avaliação da aprendizagem significativa deve ser formativa e recursiva, e deve ser permitido também que o aprendiz refaça, mais de uma vez, se for necessário, as tarefas de aprendizagem. Ele deve externalizar os significados que capta, explicá-los e justificar as suas respostas.

No contexto atual, a avaliação escolar se baseia em “sabe ou não sabe”. Esse tipo de avaliação, de sim ou não, certo ou errado, é comportamentalista e promove a aprendizagem mecânica – pois não entra no contexto do significado, da compreensão do material de aprendizagem.

A avaliação da aprendizagem significativa identifica o nível de compreensão que o aluno tem da matéria, a sua captação dos significados e capacidade de transferir esse conhecimento para situações desconhecidas. – Para flagrar a sua simulação, segundo Ausubel, é só propor ao aprendiz utilizar o conhecimento em uma situação nova, que requeira a máxima transformação do conhecimento adquirido.

Moreira chama atenção sobre as inúmeras publicações e experimentações escolares que tomam como referencial teórico a teoria de Ausubel, mas essa apropriação trivializou polissemicamente o nome aprendizagem significativa sem incorporar nem o seu conceito nem a sua filosofia. Quer dizer, a aprendizagem continuou mecânica apesar de ter adotado o nome “significativa”.

### 2.3.12 Considerações finais

Para as dificuldades encontradas no processo de ensino-aprendizagem – observadas no Ensino Médio, em que prevalece a aprendizagem mecânica, efêmera e “perda de tempo” –, Moreira propõe a adoção da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Ao concordar com as suas proposições, proponho também a adoção do modelo de Rasch para a identificação dos conteúdos curriculares que devem ser incentivados para a superação de tais problemas em curso no sistema de ensino.

Alguns procedimentos básicos devem ser adotados para possibilitar a aprendizagem significativa, conforme a orientação de Ausubel, e o modelo de Rasch, que permite identificar a dificuldade do item e a habilidade do aluno para resolvê-lo, pode nortear tais princípios, relacionados a seguir:

1) Identificar os conceitos e proposições das matérias para organizá-los progressiva e hierarquicamente, de modo a abrangerem os menos inclusivos, até chegar aos mais específicos.

2) Identificar os conhecimentos prévios, os subsunçores, relevantes para o novo aprendizado.

3) Identificar os subsunçores que o aluno já possui, relativos à matéria a ser aprendida.

4) O professor deve facilitar a assimilação dos novos conhecimentos ao aluno por meio de empregar os princípios e recursos que simplifiquem o aprendizado de modo claro e transferível, ao utilizar a aprendizagem significativa.

O modelo de Rasch pode auxiliar na aplicação da aprendizagem significativa de Ausubel, pois os resultados obtidos na sua utilização, a medida da dificuldade do item e da habilidade do aluno para resolvê-lo, permite aos especialistas curriculares identificarem os subsunçores específicos a serem estimulados, ao estabelecer uma hierarquia entre eles, para otimizar e estabilizar o seu aprendizado.

## 2.4 Xcalibre

A TRI contém um paradigma de medida psicométrica de grande alcance para desenvolver, analisar e entregar as boas avaliações necessárias. Para a sua utilização, os dados de teste devem estar em volume e qualidade que se ajustem adequadamente ao modelo do teste que se vai adotar, além de que a análise estatística dos dados, normalmente chamada de *calibração*, exige um *software* sofisticado o bastante para permitir resultados confiáveis. Dentre os capacitados para a tarefa, escolhemos o Xcalibre.

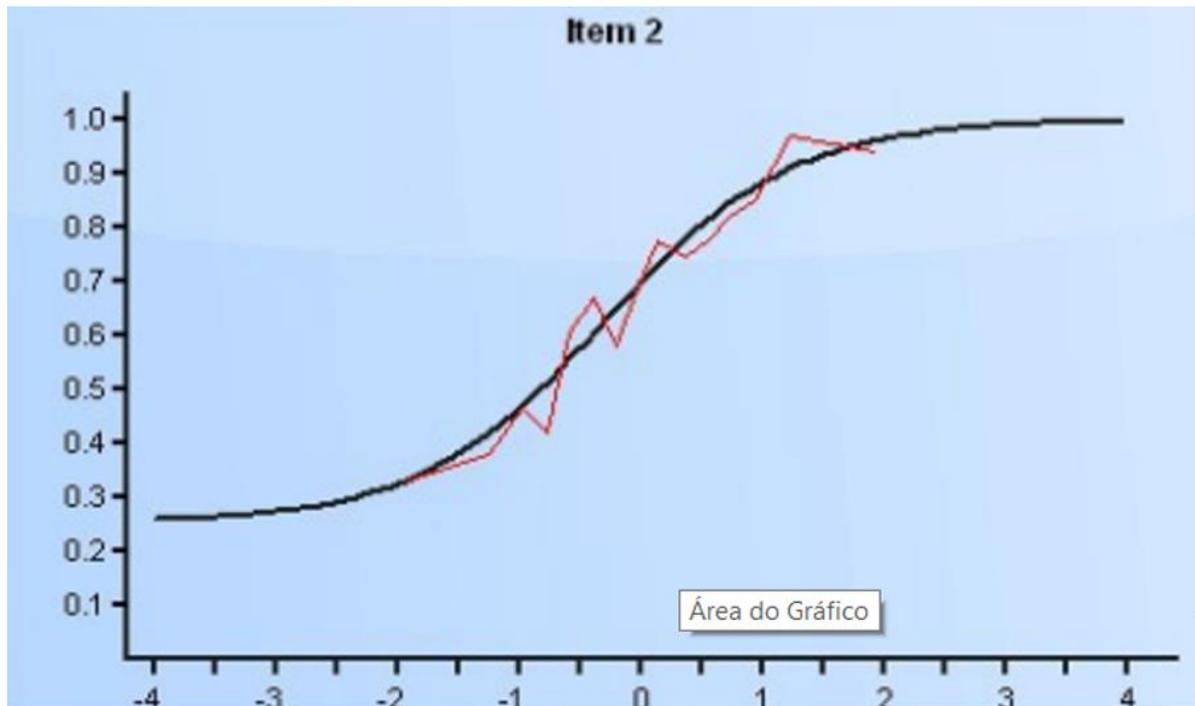
O Xcalibre é um aplicativo do Windows, criado para executar algoritmos da TRI, com relatórios de saída de fácil utilização. Sua finalidade é avaliar a qualidade dos itens de teste psicométrico.

O Xcalibre utiliza uma interface gráfica amigável, que facilita utilizar o programa, mesmo se a pessoa não for perita na TRI. Ela se organiza por meio de seis guias: Arquivos, Formato de Entrada, Modelo TRI, Calibração, Avaliação, além de opções de saída.



Fig.9 – Menu da interface gráfica do Xcalibre

A versão utilizada atualmente é a Xcalibre 4.2, cuja vantagem mais considerável é a adição de gráficos, que oferecem inclusive linha de ajuste para modelos dicotômicos. Estes para nós são especialmente úteis, pois incluem o modelo de Rasch. Esta versão também trabalha com os modelos politômicos.



**Fig.10 – Exemplo de saída gráfica do Xcalibre**

Resultados demonstram que o Xcalibre oferece com precisão os dados produzidos pelo sofisticado algoritmo da TRI, bem como ele é mais facilmente utilizável do que outros programas, além de oferecer maior qualidade de impressão. Tal facilidade se reflete na interface apontar e clicar, sem a necessidade da escrita complexa do código de comando necessário. Afirma o seu criador, a Assessment Systems Corporation – ASC, ser ele o programa mais sofisticado à disposição dos usuários capaz de trabalhar com os diversos modelos da TRI.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia desta pesquisa possibilita a obtenção de dados numéricos relacionados à aplicação do modelo de Rasch, que mede a habilidade do aluno ( $\Theta$ ) e a dificuldade do item ( $b$ ), com auxílio de funções logísticas processadas a partir da planilha Excel até *softwares* mais sofisticados, como o Xcalibre. – Problemas de ordem técnica inviabilizaram a utilização deste *software*, no momento do trabalho, por isso foi utilizada a planilha Excel alternativamente, assim como para processar as respostas das provas de ciências da natureza, aos moldes da prova do ENEM, a um conjunto de 100 (cem) alunos.

Encontramos na literatura de T. Bond funções logarítmicas mais simples, que puderam ser processadas pela planilha Excel. Elas nos permitiram obter de modo aproximado valores da habilidade do aluno e da dificuldade da questão, ou item.

A pesquisa foi realizada para verificar a aprendizagem dos alunos sobre conteúdos de matemática e das ciências da natureza, ministrados no segundo bimestre de três turmas do 3º ano do Ensino Médio, num total de 100 (cem) alunos de Escola Pública de São Sebastião, no Distrito Federal. O objetivo foi ampliar e orientar a discussão sobre a seleção de conteúdos, por parte dos professores, para superar as deficiências de aprendizagem identificadas.

A descrição da metodologia segue em etapas:

1) Na primeira etapa da pesquisa foi realizada uma revisão bibliográfica, que abordou os seguintes temas: Teoria Clássica dos Testes (TCT); Teoria de Resposta ao Item (TRI); Escala de Rasch; Aprendizagem Significativa, de Ausubel; *software* Xcalibre.

2) Foram identificados os conteúdos trabalhados em matemática e ciências da natureza em sala de aula numa Escola de 2º. Grau de São Sebastião (DF), no 2º bimestre de 2015.

3) A base de dados contempla as respostas a uma prova, denominada “prova bimestral”, nos moldes da prova do ENEM, que continha 48 (quarenta e oito) questões (itens) de múltipla escolha. Dessas, 19 (dezenove), de matemática e de ciências da natureza, foram analisadas separadamente.

4) Na tabela 1, alocamos as respostas dos 19 (dezenove) itens de todos os respondentes das três turmas em conjunto, e obtivemos uma matriz de 100 (cem) alunos por 19 (dezenove) itens.

5) Com o *software* Excel, após a alocação dos códigos 1 para o acerto e 0 para o erro, ou branco, no caso em que o aluno se absteve de responder à questão, obtivemos para cada respondente o seu escore bruto, ou seja, o seu número de acertos, e também o número de acertos para cada item, separadamente.

6) Usamos a TCT, a Teoria Clássica dos Testes, para uma primeira análise.

7) Para calcular a habilidade do aluno e a dificuldade do item, usamos as funções logarítmicas sugeridas por T. Bond. O processamento das operações matemáticas foi realizado com o uso da planilha de cálculo Excel.

As funções logarítmicas abaixo, aquelas sugeridas por T. Bond, nos fornecem resultados com boa aproximação.

Cálculo da habilidade do aluno:

$$\theta = \ln\left(\frac{P(1)}{P(0)}\right) \quad \text{ou} \quad \theta = \ln\left(\frac{n(1)}{(n - n(1))}\right)$$

$\theta$  = habilidade do aluno

$P(1)$  = probabilidade de o aluno dar a resposta certa

$P(0)$  = probabilidade de o aluno dar a resposta errada

$n(1)$  = o número de itens acertados pelo aluno – coluna da direita

$n$  = o número total de alunos – no caso das três turmas,  $n = 100$  alunos.

Cálculo da dificuldade do item:

$$b = \ln\left(\frac{P^*(0)}{P^*(1)}\right) \quad \text{ou} \quad b = \ln\left(\frac{(n^* - n^*(1))}{n^*(1)}\right)$$

$b$  = dificuldade do item

$P^*(1)$  = probabilidade de o item estar correto

$P^*(0)$  = probabilidade de o item estar errado

$n^*(1)$  = o número de itens corretos – linha inferior

$n^*$  = o número total de itens – neste caso, 19 itens.

Na turma A,  $n = 33$ .

Na turma B,  $n = 34$ .

Na turma C,  $n = 33$ .

Ainda com a planilha Excel, usamos as sugestões de T. Bond e calculamos:

1. A habilidade  $\Theta$  do respondente.
2. A dificuldade  $b$  do item.

A tabela mostra a matriz de respostas para o conjunto de alunos, formado por três turmas do 3º ano do Ensino Médio.

$N(1)$  = número de acertos do aluno

$N^*(1)$  = número de itens acertados

$\Theta$  = Habilidade do aluno

$b$  = Dificuldade do item

8) De posse dos dados obtidos, com o uso da TRI, foram feitas análises comparativas, exemplificadas em números e gráficos. Esses dados foram apresentados aos professores responsáveis pelas matérias e itens da prova analisados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vamos destacar inicialmente os escores brutos do conjunto e de cada turma para os 19 (dezenove) itens, separando para exemplo de comparação os itens de Física.

As funções logarítmicas abaixo foram utilizadas para determinar a dificuldade do item e ou a habilidade do aluno. Com elas obtivemos boa aproximação.

Cálculo da habilidade do aluno:

$$\theta = \ln\left(\frac{P(1)}{P(0)}\right) \quad \text{ou} \quad \theta = \ln\left(\frac{n(1)}{(n - n(1))}\right)$$

$\theta$  = habilidade do aluno

$P(1)$  = probabilidade de o aluno dar a resposta certa

$P(0)$  = probabilidade de o aluno dar a resposta errada

$n(1)$  = o número de itens acertados pelo aluno

$n$  = o número total de alunos

No caso das três turmas,  $n = 100$  alunos.

Cálculo da dificuldade do item:

$$b = \ln\left(\frac{P^*(0)}{P^*(1)}\right) \quad \text{ou} \quad b = \ln\left(\frac{(n^* - n^*(1))}{n^*(1)}\right)$$

$b$  = dificuldade do item

$P^*(1)$  = probabilidade de o item estar correto

$P^*(0)$  = probabilidade de o item estar errado

$n^*(1)$  = o número de itens corretos

$n^*$  = o número total de itens

Neste caso, para o conjunto ou cada uma das turmas,  $n^* = 19$  itens.

Na turma A,  $n = 33$ .

Na turma B,  $n = 34$ .

Na turma C,  $n = 33$ .

1) Na tabela 1, processamos as respostas de todos os respondentes das três turmas em conjunto. Com o *software* Excel, após a alocação dos códigos 1 para o acerto e 0 para o erro, obtivemos para cada um respondente o seu escore bruto, ou seja, o seu número total de acertos por item, e para cada item o número total de acertos.

A nota do exame é parte da nota bimestral do aluno, isso pode representar maior motivação por parte dos respondentes e aumentar a confiabilidade das medidas.

Ainda com a planilha Excel, usamos as sugestões de T. Bond e calculamos:

1. A habilidade  $\Theta$  do respondente.
2. A dificuldade  $b$  do item.
3. A diferença entre  $\Theta$  e  $b$ .

A tabela mostra a matriz de respostas para o conjunto de alunos, formado por três turmas do 3° ano do Ensino Médio.

$N(1)$  = número de acertos do aluno

$N^*(1)$  = número de itens acertados

$\Theta$  = Habilidade do aluno

$b$  = Dificuldade do item

Tabela 1

Itens - 3º anos A, B e C.																					
aluno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	N(1)	θ
1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	6	-0,77
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3	-1,67
3	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	5	-1,03
4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	-1,67
5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	4	-1,32
6	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	7	-0,54
7	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	-1,03
8	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	-1,67
9	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	6	-0,77
10	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-1,32
11	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	5	-1,03
12	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	-1,32
13	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	-1,03
14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	-2,14
15	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	5	-1,03
16	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	5	-1,03
17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-2,89
18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	5	-1,03
19	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	-1,32
20	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	6	-0,77
21	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	7	-0,54
22	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	-1,32
23	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	6	-0,77
24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-2,89
25	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	8	-0,32
26	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	8	-0,32
27	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	16	1,67
28	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	9	-0,11
29	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	-2,14
30	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	8	-0,32
31	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	6	-0,77
32	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-2,89
33	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	9	-0,11
34	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	4	-1,32
35	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	11	0,32
36	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8	-0,32
37	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	-1,32
38	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	10	0,11
39	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	11	0,32
40	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	-0,77
41	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4	-1,32
42	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	8	-0,32
43	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	7	-0,54
44	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	8	-0,32
45	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	6	-0,77
46	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5	-1,03
47	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	13	0,77
48	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5	-1,03
49	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	6	-0,77
50	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	11	0,32
51	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	8	-0,32
52	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	10	0,11
53	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	5	-1,03
54	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4	-1,32



Não foi do nosso interesse ordenar os dados conforme os valores da habilidade dos alunos, pois o foco da nossa abordagem não é selecioná-los ou classificá-los.

No entanto, o valor da diferença entre a habilidade do aluno e a dificuldade do item nos dá uma informação preciosa. Sob a luz da escala de Rasch, tal diferença demonstra, se positiva, indicativo de sucesso, já que o respondente possui uma probabilidade maior que 50% (cinquenta por cento) de dar a resposta correta ao item.

Caso a diferença seja negativa, o respondente tem probabilidade menor que 50% (cinquenta por cento) de dar a resposta correta, portanto estará mais provável o seu insucesso.

Mas isso pode ser prevenido: A identificação precisa do conteúdo a ser estimulado é a base para buscarmos a solução.

### TCT

Erros	80	84	78	83	74	81	62	70	49	79	52	66	58	53	73	77	71	83	78
Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

### Erros em ordem crescente

Erros	49	52	53	58	62	66	70	71	73	74	77	78	78	79	80	81	83	83	84
Item	9	11	14	13	7	12	8	17	15	5	16	3	19	10	1	6	4	18	2

### TRI

<b>b</b>	1,39	1,66	1,27	1,59	1,05	1,45	0,49	0,85	-0,40	1,32	0,08	0,66	0,32	0,12	0,99	1,21	0,90	1,59	1,27
Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

### Dificuldade em ordem crescente

<b>b</b>	-0,40	0,08	0,12	0,32	0,49	0,66	0,85	0,90	0,99	1,05	1,21	1,27	1,27	1,32	1,39	1,45	1,59	1,59	1,66
Item	9	11	14	13	7	12	8	17	15	5	16	3	19	10	1	6	4	18	2

Tabela 2

		Itens - 3° A																				
aluno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	N(1)	θ	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	-2,1	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	5	-1	
3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	-1,7	
4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	5	-1	
5	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6	-0,8	
6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-2,9	
7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	4	-1,3	
8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	-2,1	
9	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5	-1	
10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	4	-1,3	
11	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	10	0,11	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	-1,7	
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	4	-1,3	
14	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	7	-0,5		
15	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	6	-0,8		
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3	-1,7		
17	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	7	-0,5		
18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3	-1,7		
19	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	5	-1		
20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	-1,7		
21	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	5	-1		
22	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	6	-0,8		
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	3	-1,7		
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	-2,1		
25	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	10	0,11		
26	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	-1,3		
27	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-1,3		
28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	-1,7		
29	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	6	-0,8		
30	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	9	-0,1		
31	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	10	0,11		
32	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4	-1,3		
33	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	8	-0,3		
<b>N*(1)</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>9</b>			
<b>b</b>	<b>2,30</b>	<b>1,50</b>	<b>1,98</b>	<b>3,47</b>	<b>1,50</b>	<b>1,31</b>	<b>0,98</b>	<b>1,98</b>	<b>0,18</b>	<b>0,98</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,83</b>	<b>0,43</b>	<b>0,18</b>	<b>0,83</b>	<b>0,69</b>	<b>0,98</b>	<b>1,98</b>	<b>0,98</b>			
<b>Item</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>			
Dificuldade em ordem crescente																						
<b>b</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,43</b>	<b>0,69</b>	<b>0,83</b>	<b>0,83</b>	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>1,31</b>	<b>1,50</b>	<b>1,50</b>	<b>1,98</b>	<b>1,98</b>	<b>1,98</b>	<b>2,30</b>	<b>3,47</b>			
<b>Item</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>4</b>			

Tabela 3

Itens - 3° B																					
aluno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	N(1)	θ
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	4	-1,32
2	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	11	0,32
3	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8	-0,32
4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	-1,32
5	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	10	0,11
6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	11	0,32
7	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	-0,77
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	4	-1,32
9	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	8	-0,32
10	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	7	-0,54
11	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	8	-0,32
12	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	6	-0,77
13	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5	-1,03
14	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	13	0,77
15	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5	-1,03
16	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	6	-0,77
17	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	11	0,32
18	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	8	-0,32
19	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	10	0,11
20	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	5	-1,03
21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4	-1,32
22	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4	-1,32
23	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	4	-1,32
24	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	-2,14
25	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	5	-1,03
26	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	-1,67
27	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	7	-0,54
28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	4	-1,32
29	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	5	-1,03
30	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4	-1,32
31	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	5	-1,03
32	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	-0,77
33	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	7	-0,54
34	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	4	-1,32
<b>N*(1)</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>		
<b>b</b>	<b>1,02</b>	<b>1,76</b>	<b>1,35</b>	<b>0,88</b>	<b>0,74</b>	<b>1,76</b>	<b>0,88</b>	<b>0,12</b>	<b>-0,48</b>	<b>1,18</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,48</b>	<b>-0,24</b>	<b>-0,36</b>	<b>0,48</b>	<b>1,76</b>	<b>0,88</b>	<b>1,54</b>	<b>1,18</b>		
<b>item</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>		
Dificuldade em ordem crescente																					
<b>b</b>	<b>-0,48</b>	<b>-0,36</b>	<b>-0,24</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,48</b>	<b>0,48</b>	<b>0,74</b>	<b>0,88</b>	<b>0,88</b>	<b>0,88</b>	<b>1,02</b>	<b>1,18</b>	<b>1,18</b>	<b>1,35</b>	<b>1,54</b>	<b>1,76</b>	<b>1,76</b>	<b>1,76</b>		
<b>item</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>16</b>		

Tabela 4

		Itens 3° C																				
aluno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	N(1)	θ	
1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	6	-0,77	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3	-1,67	
3	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	5	-1,03	
4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	-1,67	
5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	4	-1,32	
6	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	7	-0,54	
7	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	-1,03	
8	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	-1,67	
9	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	6	-0,77	
10	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-1,32	
11	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	5	-1,03	
12	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	-1,32	
13	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	-1,03	
14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	-2,14	
15	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	5	-1,03	
16	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	5	-1,03	
17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-2,89	
18	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	5	-1,03	
19	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	-1,32	
20	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	6	-0,77	
21	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	7	-0,54	
22	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	-1,32	
23	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	6	-0,77	
24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-2,89	
25	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	8	-0,32	
26	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	8	-0,32	
27	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	16	1,67	
28	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	-0,11	
29	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	-2,14	
30	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	8	-0,32	
31	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	6	-0,77	
32	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	7	-0,54	
33	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	4	-1,32	
<b>N*(1)</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>4</b>			
<b>b</b>	<b>1,01</b>	<b>1,61</b>	<b>0,55</b>	<b>1,61</b>	<b>0,85</b>	<b>0,19</b>	<b>-0,55</b>	<b>0,85</b>	<b>0,13</b>	<b>2,20</b>	<b>0,41</b>	<b>0,55</b>	<b>0,85</b>	<b>0,55</b>	<b>2,20</b>	<b>1,19</b>	<b>0,69</b>	<b>1,39</b>	<b>1,87</b>			
<b>Item</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>			
Dificuldade em ordem crescente																						
<b>b</b>	<b>-0,55</b>	<b>0,13</b>	<b>0,41</b>	<b>0,55</b>	<b>0,55</b>	<b>0,55</b>	<b>0,69</b>	<b>0,85</b>	<b>0,85</b>	<b>0,85</b>	<b>1,01</b>	<b>1,19</b>	<b>1,19</b>	<b>1,39</b>	<b>1,61</b>	<b>1,61</b>	<b>1,87</b>	<b>2,20</b>	<b>2,20</b>			
<b>Item</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>15</b>			

#### 4.1 Os dados analisados segundo a TCT

Gráfico 1

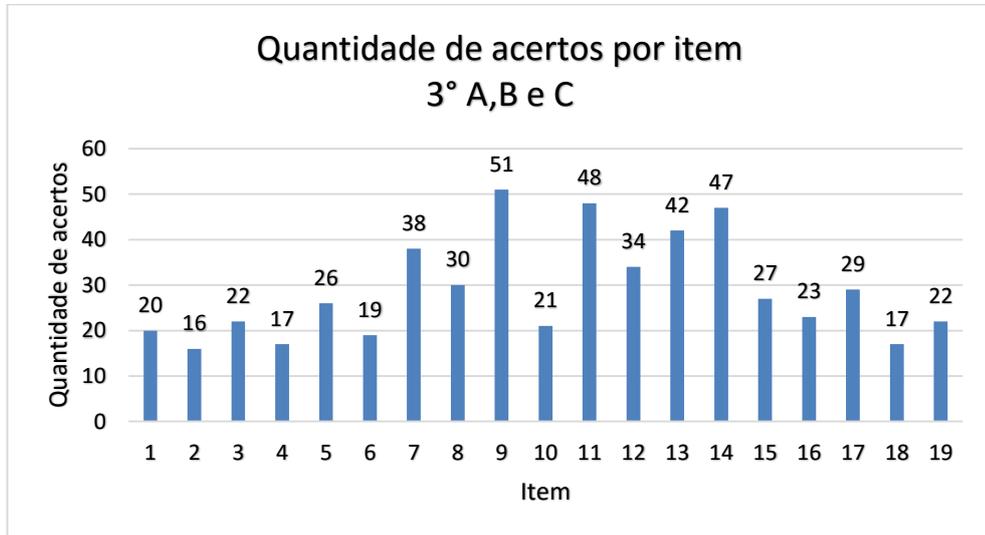


Gráfico 2

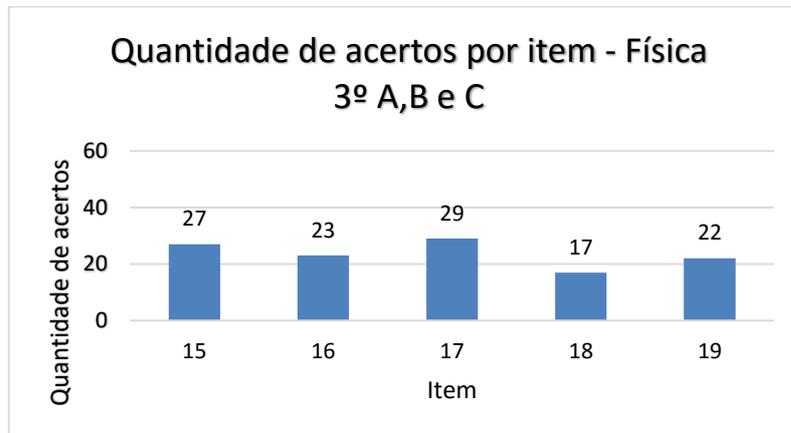


Gráfico 3

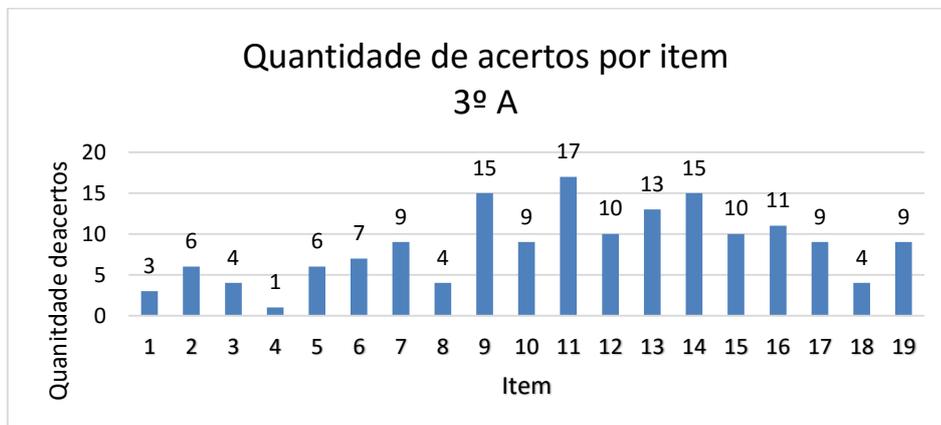


Gráfico 4

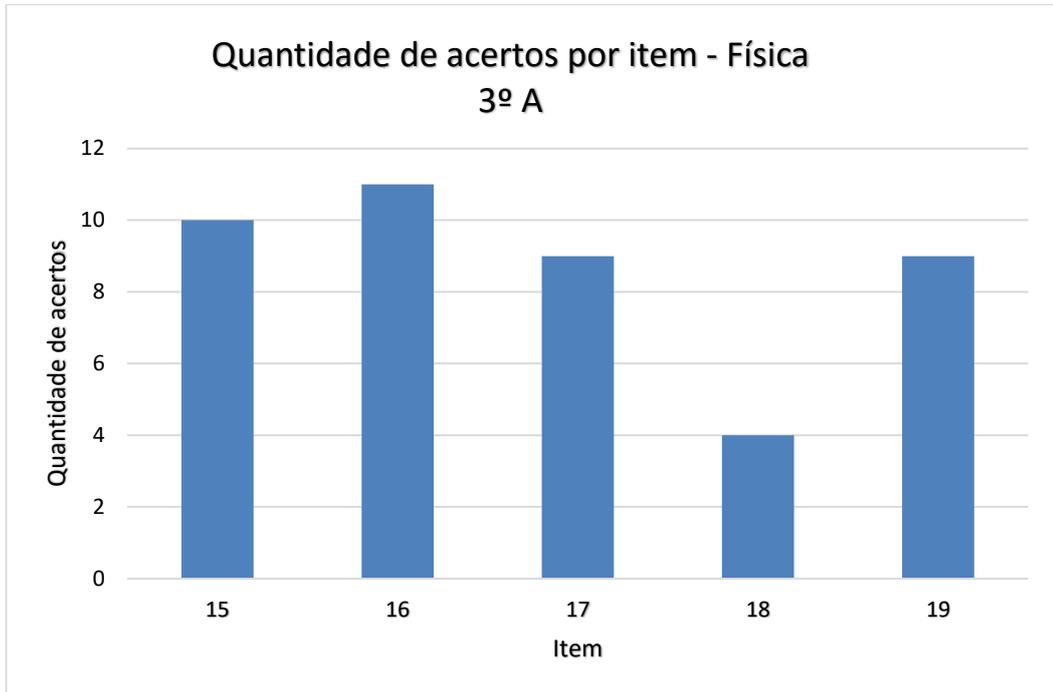


Gráfico 5

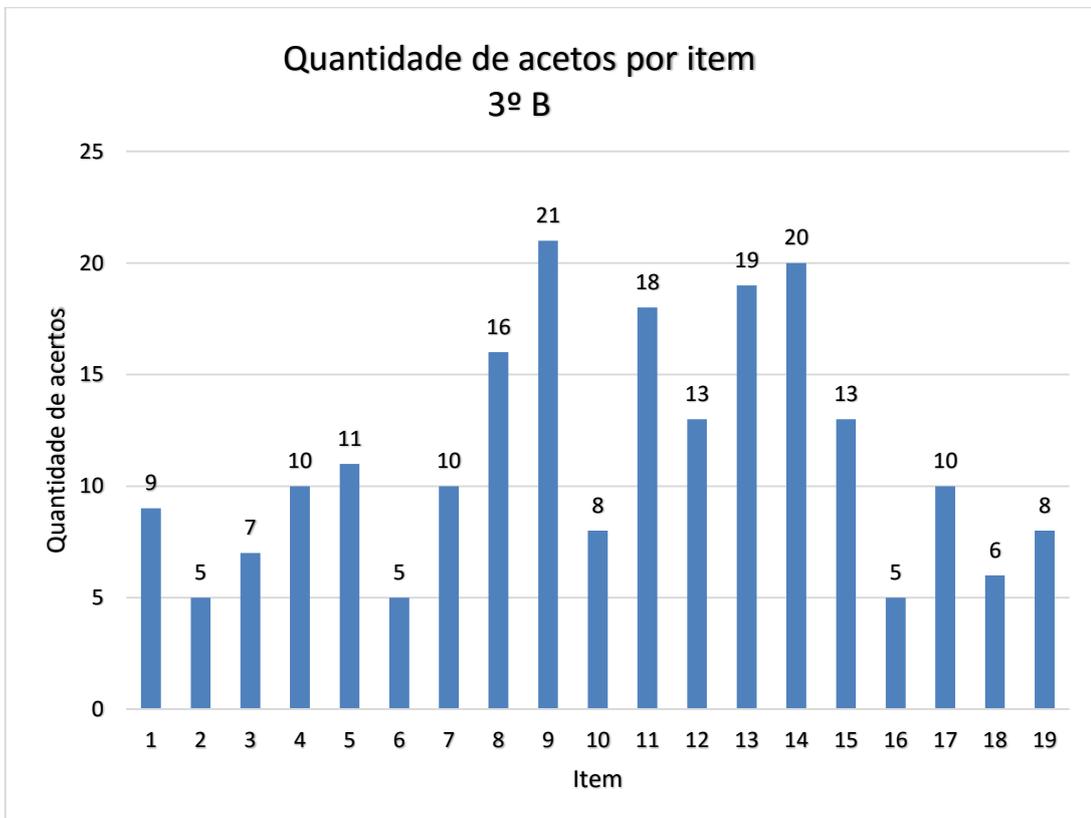


Gráfico 6

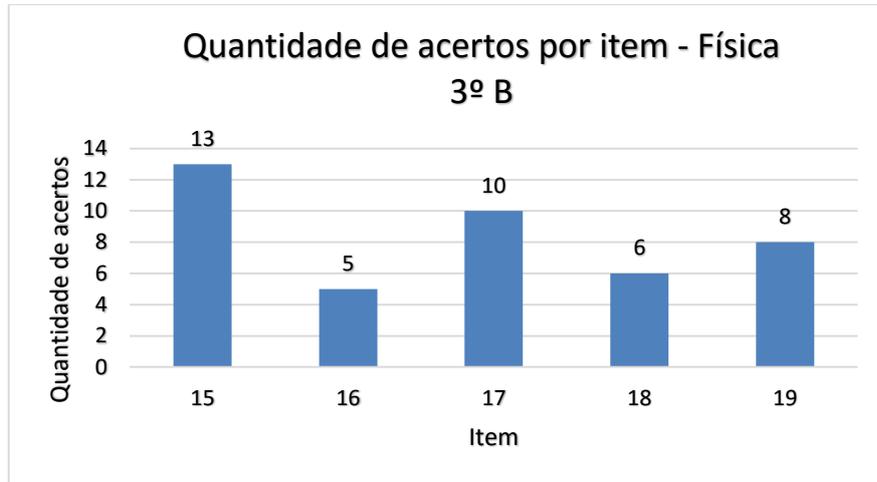


Gráfico 7

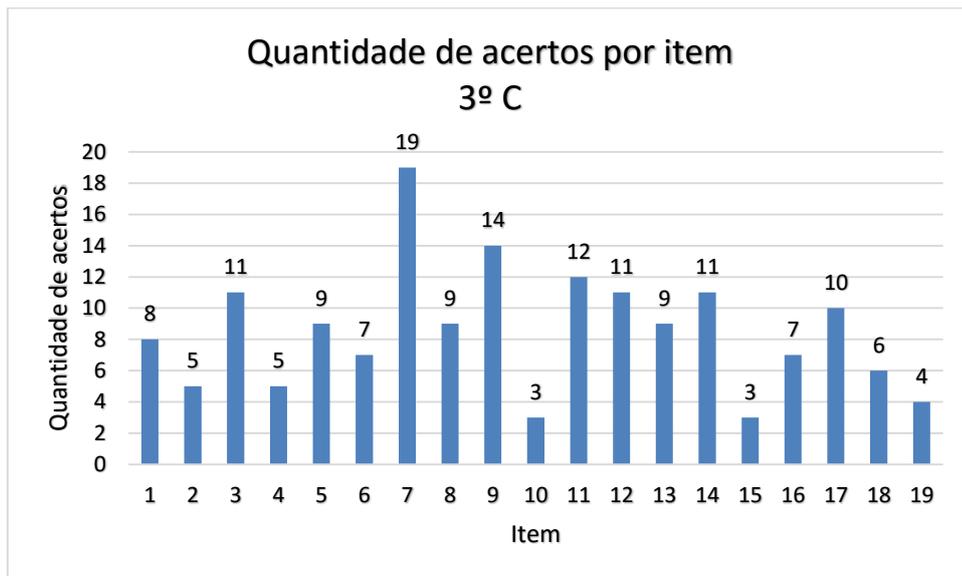


Gráfico 8

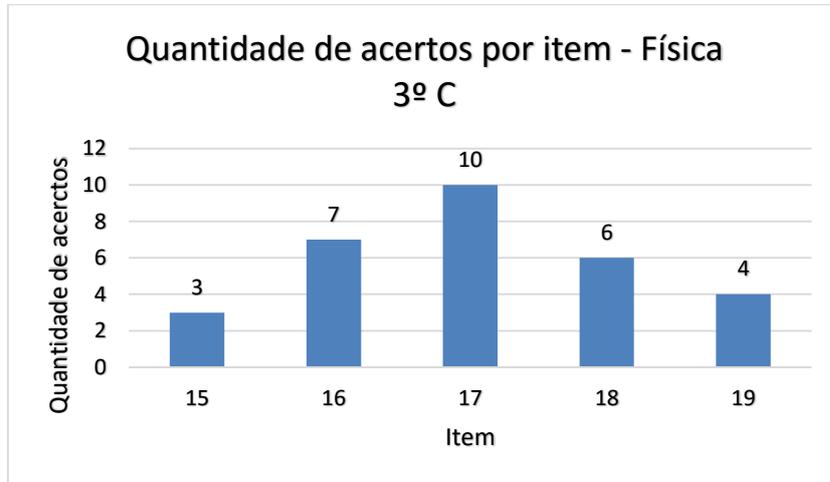
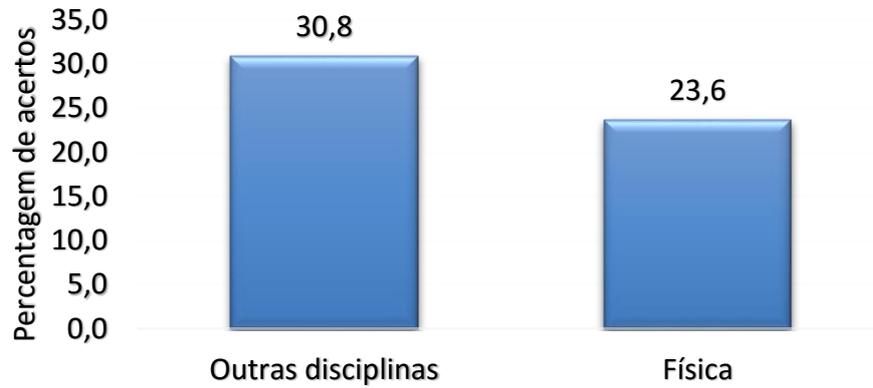


Gráfico 9

### Comparação entre as médias de acertos



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

As mudanças curriculares no ensino médio, que acrescentam matérias à grade, têm promovido redução na carga horária de algumas disciplinas, a exemplo de Física, Química e Biologia – no caso da Escola Pública. Diante da perda de horas-aula para a ministração das matérias citadas, o aproveitamento dos alunos fica comprometido.

Pelos dados obtidos da proficiência dos alunos, supondo que as questões utilizadas no teste que eles realizaram estejam calibradas com as provas do ENEM, os resultados não são animadores, no entendimento dos professores responsáveis. Na média – se não for feito algo que mude tal situação –, as três turmas estão fadadas ao insucesso, com algumas exceções, em torno de 10 (dez) alunos entre 100 (cem).

Para otimizar o aprendizado que se encontra deficiente, precisamos identificar de modo específico os conteúdos que devem ser estimulados. A TRI emprega a Escala de Rasch como ferramenta para tal finalidade, pois ela permite medir numericamente a dificuldade de cada item. Então os parâmetros curriculares podem ser reordenados, em grau crescente da dificuldade apresentada, de modo a serem estimulados para que os alunos tenham aprendizado mais eficiente. – Para o nosso caso, que trabalhamos com pequena amostragem, a TCT e a TRI apresentaram resultados equivalentes, mas a TCT não mantém resultado confiável no caso de amostragem de maior volume, segundo a literatura. E a TRI, ao permitir trabalhar em cima das dificuldades dos alunos, se torna uma ferramenta adequada para ajudar na recuperação das deficiências de aprendizado demonstradas.

O fato de as dificuldades dos itens poderem ser organizadas em ordem crescente sugere a aplicação da Teoria de Ausubel, que também preconiza a hierarquia para a ministração dos conteúdos curriculares, pois novos aprendizados ocorrem ancorados naquilo que o aluno já sabe, e quando ele possui realmente a vontade de aprender. Portanto, identificar numericamente a dificuldade do item indica uma estratégia para ser adotada para melhorar o aprendizado do aluno do Ensino Médio. – Com a Escala de Rasch construída a partir dos milhares de respostas às questões dadas pelos alunos, temos a possibilidade de prever o seu sucesso nas provas do ENEM.

Esta conclusão pode ser sustentada, a partir da calibração dos itens, no âmbito nacional, após construirmos uma escala com uma amostra significativa. Esta é a

função do *software* Xcalibre, que aventamos como recurso para o trabalho que pode ser desenvolvido, devido ao seu extraordinário poder de processamento e precisão. Em maior extensão, esta pode ser uma metodologia a ser aplicada nacionalmente, por otimizar o aprendizado dos alunos, de modo a alavancar a educação no país.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, D. F. de, Tavares, H. R. & Valle, R. da C. **Teoria de resposta ao item: conceitos e aplicações.** São Paulo: ABE – Associação Brasileira de Estatística. 2000.

BAKER, F. B. **The basics of item response theory** (2ª ed). Washington: Eric Clearinghouse on Assessment and Evaluation, 2001.

BOND, TREVOR G. & Fox, Christine M. **Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human Sciences.** New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2001.

MOREIRA, M. A. (1999). **Teorias de aprendizagem.** 2. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.

MOREIRA, M.A. (2012). **O que é aprendizagem significativa?** A aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria da Física.

MOREIRA, Marco e MASINI, Elcie (1982). **Aprendizagem Significativa - A teoria de David Ausubel.** São Paulo: Editora Moraes.

PASQUALI, Luiz. (1999). **Instrumentos Psicológicos: Manual Prático de Elaboração.** Brasília, LabPAM; IBAPP.

PASQUALI, Luiz. (2007). **Validade dos Testes Psicológicos: Será Possível Reencontrar o Caminho?** Universidade de Brasília, Vol. 23 n. especial

## Apêndice A

### A TEORIA DE AUSUBEL



David Ausubel (1918-2008), psicólogo e médico americano, se dedicou ao desenvolvimento acadêmico de uma visão cognitiva da Psicologia Educacional.

. o.

Este texto foi inspirado na aula inaugural do programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência Naturais, no Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, em 23 de abril de 2010, publicado em *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares* / Marcos Antônio Moreira – São Paulo; Editora Livraria de Física, 2011.

## SUMÁRIO

O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA? .....	2
VISÃO GERAL .....	2
Condições para a aprendizagem significativa .....	6
O papel da estrutura cognitiva.....	7
Os subsunçores .....	8
Os primeiros subsunçores.....	8
Organizadores prévios .....	9
Aprendizagem significativa X aprendizagem mecânica .....	9
Aprendizagem receptiva X aprendizagem por descoberta .....	10
Formas e tipos de aprendizagem significativa.....	11
Esquecimento e reaprendizagem.....	13
A facilitação da aprendizagem significativa .....	14
Estratégias e instrumentos facilitadores.....	19
Avaliação da aprendizagem significativa.....	20
Conclusão .....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22

## O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?

### VISÃO GERAL

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente, por meio da linguagem, interagem de maneira substantiva, não apenas literal, e não arbitrária, porque se relacionam com algum conhecimento relevante e específico da estrutura cognitiva do aprendiz. Esse conhecimento prévio, existente na estrutura cognitiva do aprendiz, que interage com o novo conhecimento, foi chamado por David Ausubel<sup>1</sup> de *subsunçor*, ou *ideia-âncora*.

O subsunçor é o conhecimento específico da estrutura cognitiva do aprendiz que ancora, funciona como amparo e dá significado ao novo conhecimento, que lhe é apresentado ou que vem a ser descoberto pelo sujeito que aprende.

O subsunçor pode estar mais ou menos estável, diferenciado ou elaborado cognitivamente, em termos de significados, na estrutura cognitiva do aprendiz. Na interação com o novo conhecimento, para o qual ele serve de âncora, o subsunçor adquire novos significados, que confirmam e expandem os já existentes.

Na interação dos novos conhecimentos com os conhecimentos prévios, que são os subsunçores, os novos conhecimentos adquirem significados para o sujeito que aprende, enquanto os conhecimentos prévios adquirem maior estabilidade cognitiva. – Ao ancorarem os novos aprendizados, os subsunçores se tornam progressivamente mais estáveis, diferenciados e ricos de significados, por isso eles se tornam cada vez mais capazes de facilitar novos aprendizados, cada vez mais complexos.

Por exemplo, para o aluno que já conhece a lei da conservação da energia aplicada à energia mecânica, resolver problemas em que ocorre a transformação da energia potencial em energia cinética apenas corrobora o conhecimento prévio. Quando no entanto lhe for apresentada a primeira lei da termodinâmica, princípio de conservação da energia, que é mais amplo, ele dará significado a esse conhecimento, pois já domina o princípio de conservação da energia mecânica.

---

<sup>1</sup> David Ausubel (1918-2008), psicólogo e médico americano, se dedicou ao desenvolvimento acadêmico de uma visão cognitiva da Psicologia Educacional.

Quando a nova ideia, conceito ou proposição é mais abrangente, de maneira que subordina os conhecimentos prévios que lhe dão suporte – que não são os casos mais comuns –, temos a *aprendizagem significativa superordenada*. Como exemplo, o aprendiz tem o conhecimento dos prótons, elétrons e nêutrons. Esse conhecimento será subunçor, num aprendizado significativo superordenado, no estudo da estrutura da matéria.

Mais comum é o novo conhecimento adquirir significado na interação com o conhecimento prévio especificamente relevante, quando temos a *aprendizagem significativa subordinada*, o caso mais comum de aprendizado. Como exemplo, as crianças tomam contato na escola com o conceito de mapa relacionado à geografia. O mapa é da cidade, do país, do mundo. Mas progressivamente elas aprendem que o mapa também pode ser físico, político, rodoviário etc. O subunçor mapa assim se enriquece, ao adquirir novos significados por meio da aprendizagem significativa subordinada. Desse modo, ele se estabiliza mais e pode interagir e dar suporte a mais novos conhecimentos.

Resta observar que, se um conhecimento não servir de apoio para a aprendizagem de novos conhecimentos, ele se manterá no nível primário de significação, pois não se diferenciará nem se enriquecerá com a agregação de novos conhecimentos, de maneira que assim não ocorrerá a aprendizagem significativa.

Já no caso do subunçor muito rico de significados, que no curso do tempo deixem de ser empregados, é natural o seu esquecimento. Mas se a sua aprendizagem foi significativa, com pouco esforço a sua reaprendizagem acontece.

Moreira cita como exemplo um estudante que assimilou as leis de conservação, e que passa muito tempo sem se envolver com os temas da Física. Certamente alguns detalhes, como as grandezas envolvidas, as regras matemáticas pertinentes, poderão ser esquecidos, mas se a sua aprendizagem ocorreu de modo significativo, facilmente ele resgatará tal conhecimento.

Aprendizagem significativa não é, como se poderia pensar, de um tipo cujo conhecimento aprendido através dela não pudesse ser esquecido ou perdido. Tal perda é uma condição natural de qualquer aprendizagem, inclusive da significativa. Mas ela não se tratará de um esquecimento total. É uma perda de discriminabilidade, de diferenciação de significados, não a perda dos significados. Se houver um esquecimento total, se os significados não puderem ser recuperados, é porque os

conhecimentos perdidos foram aprendidos mecanicamente, de modo apenas memorístico, quer dizer, não significativo.

O subsunçor é um conhecimento dinâmico, estabelecido na estrutura cognitiva do aprendiz, e pode, na interação com outros conhecimentos, dar-lhes significação. Além de um conceito, ele pode ser uma construção mental, uma proposição, uma representação, um modelo, uma concepção, mas é um conhecimento adequado para facilitar a incorporação de novos conhecimentos, que nele se ancoram por causa de sua relevância e especificidade.

Conforme as aprendizagens significativas do sujeito, a clareza do subsunçor irá variar, ao longo do tempo, bem como a sua estabilidade cognitiva, diferenciação e abrangência. Desse modo, ele pode evoluir, mas também involuir, se organizar ou desorganizar, pois ele não é estático, mas dinâmico.

O subsunçor é qualquer tipo de conhecimento prévio que existe na estrutura cognitiva do aprendiz. Ele pode ser mais ou menos amplo, e suporta novos aprendizados. E a estrutura cognitiva é um sistema hierárquico de subsunçores dinamicamente relacionados. Ela é uma espécie de sistema de subsunçores, que contém amplo número de subsistemas de subsunçores, todos campos de conhecimentos em interação. Além de conceitos, os subsunçores podem ser também procedimentos, atitudes, sempre em constante interação, que usamos para trabalhar áreas do conhecimento ou campos conceituais mais amplos.

Uns subsunçores são hierarquicamente subordinados a outros em determinados campos do conhecimento, mas essa ordem pode mudar numa aprendizagem superordenada, em que novos conhecimentos passem a incorporar outros.

Como exemplo, o conceito de força, para ser assimilado, exige o conhecimento do conceito de vetor. Porém, para descrever o movimento da Lua em torno da Terra, a força agora passa a ser o subsunçor. Há uma hierarquia, em escala ascendente, entre os subsunçores vetor, força, movimento da Lua em torno da Terra, movimento dos corpos celestes.

Um subsunçor também pode ocupar uma função hierárquica importante em um sistema de conhecimentos e outra menos importante noutro. As hierarquias de subsunçores não são fixas dentro de determinados campos de conhecimento, pois elas variam de um campo para outro.

A estrutura cognitiva, sistemas de subsunçores hierarquicamente organizados e em constante interação, é uma estrutura dinâmica, que se caracteriza principalmente pelos processos de *diferenciação progressiva* e *reconciliação integradora*, que a transformam.

A *diferenciação progressiva* é quando um novo conceito é aprendido por subordinação, ancorado em um subsunçor inclusivo, onde o estudante parte de um conhecimento mais amplo e geral, e a partir dele vai se especializando, chegando a níveis mais detalhados, o que o irá tornar mais capaz de ancorar novos conhecimentos.

A *reconciliação integradora*, ou *integrativa*, ocorre quando o processo de aprendizagem é por superordenação (ou aprendizagem combinatória). Novas informações são adquiridas e as suas diferenças, reais ou aparentes, são eliminadas. Assim os conflitos e as inconsistências são resolvidos, de modo que os significados são integrados e os elementos da estrutura cognitiva envolvidos adquirem novos significados.

Se na aprendizagem significativa apenas diferenciamos os significados dos novos aprendizados, no processo da diferenciação progressiva, terminaremos por perceber tudo diferente. E se somente integramos os significados indefinidamente, no processo da reconciliação integradora, terminaremos por perceber tudo igual. – Os dois processos são simultâneos e necessários à construção cognitiva, mas eles acontecem portanto em intensidades diferentes.

A diferenciação progressiva está mais relacionada à aprendizagem significativa subordinada, que é a mais comum, porque acontece em maior quantidade. A reconciliação integradora está mais relacionada à aprendizagem significativa superordenada, que acontece em menor quantidade. – Ambos os processos, integrantes dinâmicos da estrutura cognitiva, são facilitadores da aprendizagem significativa.

Para Ausubel, a parte mais importante do processo cognitivo são os subsunçores, os conhecimentos prévios, o que já existe na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. O conhecimento prévio afinal ancora os novos conhecimentos, lhes dá significados, ao mesmo tempo em que se enriquece e capacita para cada vez mais ancorar novos aprendizados.

Os subsunçores no entanto também podem dificultar, confundir ou enterrar o aprendizado, o que Gaston Bachelard<sup>2</sup> chamou de “obstáculos epistemológicos”, que estagnam a produção do pensamento.

Em Moreira: “(...) Por exemplo, a ideia de corpúsculo como uma ‘bolinha’ invisível, com uma massa muito pequena, ocupando um espaço muito pequeno, dificulta enormemente a aprendizagem significativa do que seja uma partícula elementar. O átomo como um sistema planetário em miniatura também funciona como obstáculo representacional para a aprendizagem da estrutura do átomo na perspectiva da Mecânica Quântica. (...)”

A aprendizagem significativa, finalmente, não é sinônima de “aprendizagem correta”. Novos conceitos, ancorados em determinados conhecimentos prévios, apesar de serem aceitos pelo aprendiz, não são necessariamente aqueles aceitos no contexto da matéria de ensino. No caso de “concepções alternativas”, como os conhecimentos aceitos pelo senso comum, eles podem ter valor para a pessoa, mas não serem as explicações cientificamente aceitas. Por exemplo, o caso de acharem que o Sol está mais perto da Terra, quando é verão, porque o clima fica mais quente.

#### Condições para a aprendizagem significativa

1. O material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo – livros, aulas, aplicativos etc. devem ter significado lógico, se relacionarem de modo não arbitrário com algum conhecimento especificamente relevante da estrutura cognitiva do sujeito que aprende, e não literal, mas substantivo em relação a ela. O material de aprendizagem não é significativo em si mesmo. Ele se torna significativo quando encontra os subsunçores adequados na estrutura cognitiva do aprendiz. Se não os encontra, deverá haver uma negociação de significados professor-aluno, muitas vezes demorada, para que ele ganhe significados em sua estrutura cognitiva.
2. O aprendiz deve estar predisposto a aprender – ele deve ter as ideias-âncoras relevantes em sua estrutura cognitiva para ancorar os novos aprendizados, e também disposto a se esforçar para aprender.

---

<sup>2</sup> Gaston Bachelard (1884-1962) foi um filósofo e poeta francês que estudou principalmente questões referentes à filosofia da ciência.

A predisposição para aprender significa o aprendiz estar disposto a relacionar, diferenciar e integrar interativamente os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva. Isso não significa motivação subjetiva ou gosto pela matéria, porque muitas vezes o seu objetivo é compreendê-la apenas para se sair melhor nas avaliações.

Os novos conhecimentos ao serem compreendidos irão modificar e enriquecer, reelaborar e dar novos significados aos conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. E eles devem ser potencialmente significativos para atender mesmo ao aprendiz que não tem os conhecimentos prévios adequados, ou no caso ainda de o material didático não ter significado lógico, isto é, não ser confirmador dos nem correlato aos seus conhecimentos prévios.

Moreira enfatiza que os aprendizados mecânicos, apenas memorialísticos, não produzem aprendizagem estável, pois não contemplam a compreensão dos novos aprendizados, sustentada nos conhecimentos prévios do aprendiz. Por isso eles não são aprendidos significativamente.

### O papel da estrutura cognitiva

A estrutura cognitiva prévia, os conhecimentos prévios do aprendiz e sua organização hierárquica, devem ser claros, estáveis e organizados, porque eles são o fator mais relevante na perspectiva da aprendizagem significativa ausubeliana. A estrutura cognitiva do aprendiz afeta fundamentalmente a aprendizagem e a capacidade do aprendiz de reter novos conhecimentos.

No processo interativo da aquisição significativa, o novo aprendizado ganha significados, pois se integra e diferencia em relação à estrutura cognitiva já existente, que por sua vez readquire também novos significados, pois se estabiliza e diferencia, enriquece e se capacita novamente para ancorar novos conhecimentos.

A imagem âncora empregada não é absolutamente adequada, porque ela sugere um estado estático, enquanto o processo aqui é dinâmico, pois os subsunçores se ampliam em significação e os novos conhecimentos adquirem novos significados, na aprendizagem significativa.

## Os subsunçores

Ausubel enfatizava a necessidade da identificação dos “conceitos estruturantes” de cada disciplina, que deveriam ser identificados e cuidadosamente ensinados aos alunos. Uma vez aprendidos significativamente, eles seriam a base para novas aprendizagens significativas.

Além de os corpos de conhecimento possuírem conceitos estruturantes, é necessário considerar os conhecimentos anteriores do aprendiz, por eles serem especificamente relevantes para as novas aprendizagens significativas. Ausubel os denominou de subsunçores, pois eles ancoram os novos conhecimentos. Eles podem ser proposições, modelos mentais, construtos pessoais, concepções, ideias, invariantes operatórios, representações sociais, mas são conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

## Os primeiros subsunçores

Os primeiros subsunçores têm a ver com a aprendizagem ocorrida nos primeiros anos e devem ter sido construídos em processos de inferência, abstração, discriminação, descobrimento, representações feitas pelo sujeito nos diversos momentos com os mais diversos objetos, eventos e conceitos. Os elementos aceitos imediatamente se somam àqueles aceitos a partir de negociações de significados com adultos, professores etc., que não foram aceitos imediatamente. Os subsunçores surgem assim de “modelos causais de estados de coisas do mundo e outros construtos mentais”, e de modo progressivo cada vez mais se somam aos já construídos, na estrutura cognitiva do aprendiz, permanentemente em construção.

Por exemplo, em um momento a criança ouve que aquele animal é um gato. Ela então grava aquilo, e a palavra “gato” passa a significar aquele animal especificamente. Então aparecem diversos gatos, e outros animais, de algum modo mais ou menos semelhantes aos gatos. A palavra gato vem então a significar para ela, em decorrência de alguns atributos da espécie animal, e desse modo se diz que o conceito de gato foi formado.

Na fase adulta, predomina quase que completamente o modelo que Ausubel chama de assimilação, na interação cognitiva entre conhecimentos novos e prévios. Que é diferente da assimilação piagetiana, que trata da interação sujeito-objeto.

## Organizadores prévios

Quando faltam ao aprendiz os subsunçores adequados, que lhe permitiriam atribuir significados aos novos conhecimentos, são utilizados os organizadores prévios, conforme propostos por Ausubel.

Os organizadores prévios são recursos instrucionais que apresentam o material de aprendizado de modo mais abrangente, geral e inclusivo. Não são um resumo, uma visão geral ou um sumário, que geralmente estariam no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Eles podem ser na forma de um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação.

Se o material é familiar e o aprendiz não tem subsunçores, recomenda-se usar o *organizador expositivo*, que supostamente fará a ponte entre o que o aluno sabe e o que ele deveria saber para que o material de aprendizagem se tornasse potencialmente significativo, numa ancoragem que naturalmente empregue termos familiares ao aprendiz.

Para o novo material relativamente familiar, de algum modo do conhecimento do aprendiz, é recomendado usar o *organizador comparativo*. Além de facilitar que o aprendiz integre o novo conhecimento a sua estrutura cognitiva, ele vai auxiliar para a sua discriminação ocorrer em relação aos demais conhecimentos existentes nela.

Os organizadores prévios devem ser sempre utilizados no ensino, pois eles podem mostrar a relação e a discriminação entre os novos conhecimentos e os subsunçores da estrutura cognitiva do aprendiz. E também porque o aluno muitas vezes não percebe a relação entre os novos conhecimentos e o que ele já sabe.

## Aprendizagem significativa X aprendizagem mecânica

A proposta pedagógica que mais ocorre na escola na atualidade é a *aprendizagem mecânica*, puramente memorística, à base da “decoreba”, feita apenas para passar nas provas, e que logo depois é esquecida, porque é praticamente sem significado. Ela é armazenagem literal, arbitrária, que não requer compreensão, e oferece como resultado a aplicação puramente mecânica a situações conhecidas.

A *aprendizagem significativa* é a incorporação substantiva, porque essencial, e não arbitrária, porque amparada em conhecimentos prévios do aprendiz. Ela implica

em compreensão do conteúdo, portanto oferece a capacidade de explicar e descrever o conhecimento aprendido, e a possibilidade de sua transferência para aplicação a novos contextos.

Pensa-se muitas vezes que ao final a aprendizagem mecânica natural ou automaticamente vai se tornar significativa. Mas isso não acontece, porque a aprendizagem só se torna substantiva se houver subsunçores adequados, predisposição do aluno para aprender, material de aprendizagem potencialmente significativo, e a mediação do professor. Tais condições muitas vezes não acontecem, por isso tem predominado a aprendizagem mecânica no ensino regular.

A construção do subsunçor é um processo que parte da captação do conhecimento, da sua internalização na estrutura cognitiva do aprendiz, de sua consequente diferenciação e reconciliação de significados. Essas são etapas progressivas, que não acontecem instantaneamente. E ela também pode ser demorada, com rupturas e continuidades.

Para acontecer a aprendizagem significativa, é preciso a captação de significados (Gowin, 1981), processo que pode ser longo, pois envolve negociações de significados entre discente e docente. Além de boas explicações, de aulas “bem dadas”, e da aplicação do aluno, o significado estável requer o domínio das situações-problema, que são as situações de aprendizagem.

As situações-problema é que dão sentido aos conceitos, e os conceitos se formam à medida em que o aprendiz os domina, em sua cada vez maior complexidade. Aqui Moreira se reporta a Vergnaud, que fala da dialética entre os conceitos e as situações, no campo de intersecção entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, a zona intermediária que contempla o ensino potencialmente significativo.

#### Aprendizagem receptiva X aprendizagem por descoberta

*Aprendizagem receptiva* é quando o aprendiz adquire a informação, o conhecimento a ser aprendido, na sua forma final. Isso pode ser por meio de um livro, uma aula, uma experiência de laboratório, um filme, uma simulação de computador etc. O aprendiz não precisou descobrir para aprender. Mas a aprendizagem significativa receptiva requer as atividades cognitivas de relacionar interativamente os novos conhecimentos com os já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz para

que ele possa captar os seus significados, de modo a assim ancorá-los em seus conhecimentos prévios, diferenciá-los progressivamente e reconciliá-los integrativamente.

*Aprendizagem por descoberta* quer dizer que o aprendiz precisa descobrir, pois não recebe pronto o que vai aprender. Para a aprendizagem significativa por descoberta, é igualmente necessário o conhecimento prévio adequado e a predisposição para aprender. A descoberta é experiência mais rara em adulto, a aprendizagem receptiva é mais comum nele, mesmo por causa da grande quantidade de conhecimentos disponíveis na atualidade, o que inviabiliza praticamente a aprendizagem somente por descoberta, que é comum no caso da criança, para quem tudo é novo e objeto de descoberta.

No mundo adulto, a aprendizagem por descoberta pode ser importante, no âmbito didático, como motivadora, ou como facilitadora no caso de certas aprendizagens mais específicas, a exemplo dos procedimentos científicos.

Da mesma maneira como há um campo de interseção entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, há um também entre a aprendizagem por recepção e aprendizagem por descobrimento. O conhecimento não é necessariamente construído ou por recepção ou por descoberta. Determinados processos de ensino-aprendizagem irão se situar em posições diferentes nesse contínuo, conforme condições específicas, a exemplo do nível de escolaridade que se trabalha. No ensino médio e superior, o predomínio é da aprendizagem receptiva, mesmo no caso do ensino centrado no aluno.

Da mesma maneira que aprendizagem por descoberta não significa necessariamente aprendizagem significativa, aprendizagem receptiva não quer obrigatoriamente dizer aprendizagem mecânica. É preciso trabalhar nas suas áreas intermediárias, de contato. Moreira cita que Bruner (1963) propõe uma aprendizagem por descoberta dirigida (1963), que é um tipo de metodologia situada na zona intermediária entre a recepção e a descoberta.

### Formas e tipos de aprendizagem significativa

Três formas de aprendizagem significativa são distintas: por *subordinação*, por *superordenação* e de *modo combinatório*. De maneira análoga, três tipos de

aprendizagem significativa podem ser observados: *representacional* (de representações), *conceitual* (de conceitos) e *proposicional* (de proposições).

A aprendizagem significativa é da forma chamada *subordinada* quando os novos conhecimentos potencialmente significativos obtêm significado para o sujeito que aprende numa ancoragem cognitiva interativa com os conhecimentos prévios relevantes, gerais e inclusivos da sua estrutura cognitiva.

Para a ideia representativa de escola na estrutura cognitiva do aprendiz, a aprendizagem significativa dos diversos tipos de escola, infantil, fundamental, de segundo grau, de informática, privada, pública etc. será ancorada e subordinada à ideia inicial de “escola”. Assim a ideia inicial se vai modificando, na interação do processo da aprendizagem, pois se amplia, enriquece e fica mais elaborada com os novos conhecimentos, portanto mais capaz de ancorar significativamente novas aprendizagens.

Se o aprendiz não tem ideia do que seja uma escola, mas é apresentado ao significado de uma escola infantil, de uma escola fundamental, e do segundo grau, de informática, privada ou pública, ele fará ligações entre as semelhanças e diferenças desses diferentes tipos de escola e irá indutivamente chegar ao conceito mais amplo de escola. Trata-se esta forma de aprendizagem *superordenada*. Os processos de abstração, indução, síntese levam a novos conhecimentos, que subordinam aqueles que lhes deram origem.

Se há o objetivo de abrir uma escola em determinado bairro distante do centro da cidade, por exemplo, cujos habitantes tenham nível mínimo de escolarização, e se a atividade econômica desenvolvida ali é agrícola, qual será a escola ideal a ser implantada em tal local? Será necessária a interação de vários conhecimentos para chegar a tal definição, pois se deverá observar diversas condições, tais como o nível de escolaridade atingido até o momento pelos possíveis candidatos, seu gênero e faixa etária, as aspirações mais frequentes em seu imaginário etc. A forma de aprendizagem *combinatória* é aquela em que um novo conhecimento decorre da interação de diversos outros conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ele não será nem mais inclusivo nem mais específico do que os conhecimentos originais, e os significados comuns não o tornam nem subordinado nem superordenado.

Quanto aos tipos de aprendizagem significativa, o tipo de *aprendizagem representacional* é fundamental, pois dela decorrem as demais. Aprendizagem

representacional ocorre quando um símbolo representa apenas um determinado objeto ou evento. Como no caso da criança que representa pelo símbolo linguístico *mesa* a mesa de sua casa – a palavra *mesa* para ela não é um conceito, é apenas a representação daquela mesa. Ou do adulto frente a objetos ou eventos que ele não pode conceituar, porque não lhes distinguiu as características regulares que os fariam parte de uma classe determinada de indivíduos. Tais objetos ou eventos para ele constituem portanto da mesma maneira apenas representações, não conceitos.

A aprendizagem representacional pode parecer aprendizagem mecânica, mas o fato de ela se referir a um objeto ou evento concreto a torna aprendizagem significativa, porque na aprendizagem mecânica a relação símbolo/objeto ou evento é apenas associativa, sem significado.

Após passar por várias representações de determinado objeto ou evento, e lhes distinguir a regularidade de características, propriedades ou atributos, dá-se com tal aprendiz o tipo de *aprendizagem conceitual*. Essa pessoa constrói o conceito e passa a representá-lo por um símbolo, geralmente linguístico. A partir desse momento, ela não precisa mais do referente concreto do objeto ou evento para dar significado ao símbolo. Este tipo de aprendizagem é de um nível mais elevado.

O tipo de *aprendizagem proposicional* dá significado a novas ideias expressas na forma de proposição. A aprendizagem representacional e a conceitual são pré-requisitos para a proposicional, e o seu significado extrapola os conceitos nela contidos, pois o seu campo de atuação é abstrato. Ela pode ser subordinada, superordenada ou combinatória. E da mesma maneira a aprendizagem conceitual pode ocorrer por subordinação, superordenação ou combinação, na interação dos novos conhecimentos com os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva da pessoa que aprende.

### Esquecimento e reaprendizagem

O esquecimento é uma consequência natural da aprendizagem significativa, que Ausubel chamava de *assimilação obliteradora*, para o caso em que o conhecimento desaparece com o tempo. Moreira a chama de “perda progressiva da dissociabilidade dos novos conhecimentos” em relação aos conhecimentos que lhes deram significados, que lhes serviram de âncora na estrutura cognitiva do sujeito.

Quando acontece de o sujeito esquecer o conhecimento aprendido significativamente, porque não o usou por muito tempo, por exemplo, ele se mantém no entanto residual no subsunçor. Por isso a sensação tranquila de que ele pode ser recuperado facilmente, se houver tal necessidade, sem maiores dificuldades e em espaço curto de tempo, porque ele se agregou significativamente na estrutura cognitiva do sujeito.

No caso da aprendizagem mecânica, apenas memorialística, sem significado, a pessoa tem a sensação preocupada em relação ao que aprendeu desse modo, porque sabe que nunca o aprendeu de fato, por não ter sido o aprendizado significativo. Portanto não há como recuperá-lo, ao esquecê-lo, e terá sim é que aprendê-lo mesmo, mas de modo significativo.

O conhecimento aprendido significativamente foi compreendido na estrutura cognitiva do sujeito, assim ele adquiriu significado na relação com os conhecimentos prévios existentes em sua estrutura cognitiva. Portanto ele pode ser transferido para situações novas. O conhecimento aprendido mecanicamente, por sua vez, foi apenas memorizado, assim não adquiriu significado na relação com os conhecimentos prévios da sua estrutura cognitiva, e por isso só serve para as situações conhecidas, e ainda temporariamente, porque ele será facilmente esquecido.

### A facilitação da aprendizagem significativa

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel trata da aquisição de conhecimento organizado, com significados, em situação formal de ensino – tanto no modo presencial, em sala de aula, quanto no modo virtual, a distância.

Ausubel considerou que, se fosse possível destacar o aspecto mais importante para a aprendizagem, este seria o conhecimento prévio do aprendiz, aquilo que ele já sabe.

São duas as condições para a aprendizagem significativa: (1) os novos conhecimentos, a ser ministrados por meio dos materiais instrucionais, devem ser potencialmente significativos, e (2) deve haver predisposição para aprender por parte do aprendiz.

A primeira condição para a aprendizagem significativa é o conhecimento prévio do aprendiz, sem o qual não poderia haver potencialidade para o aprendizado significativo de qualquer conhecimento.

A segunda condição se relaciona igualmente ao conhecimento prévio do aprendiz, pois quanto mais se domina uma determinada área do conhecimento mais se tem facilidade para estudá-la e ampliá-la, ou para adquirir os conhecimentos correlatos. – No caso da aprendizagem mecânica, acontece o contrário, pois para memorizar mecanicamente áreas desconhecidas o esforço exigido é grande, o que é desestimulante para o aprendiz.

Desse modo se torna visível que, para facilitar uma aprendizagem significativa de novos conhecimentos, em situação formal de ensino, o conhecimento prévio do aluno no campo de estudo em questão deve ser considerado como facilitador fundamental. Mas o ensino escolar atualmente não é organizado de modo a levar em conta o aprendizado prévio do aluno.

Moreira cita Postman e Weingartner:

Podemos, ao final das contas, aprender somente em relação ao que já sabemos. Contrariamente ao senso comum, isso significa que, se não sabemos muito, nossa capacidade de aprender não é muito grande. Esta ideia – por si só – implica uma grande mudança na maioria das metáforas que direcionam políticas e procedimentos das escolas. (1962, pág. 62).

Uma segunda premissa da teoria da aprendizagem significativa é que acontece uma diferenciação progressiva dos novos conhecimentos no seu contato com os conhecimentos prévios, ao mesmo tempo em que ocorre a reconciliação integradora dos dois conhecimentos. Os dois processos acontecem simultaneamente na estrutura cognitiva do aprendiz.

Por meio da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora, ou integrativa, é que acontece a distribuição hierárquica dos novos conhecimentos nos campos de conhecimento da estrutura cognitiva do aprendiz. Hierarquicamente quer dizer que alguns subsunçores mais gerais e inclusivos mantêm subordinados a eles os mais específicos e exclusivos.

Novos conhecimentos são aprendidos, no entanto, e os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa mudam novamente e atualizam novamente a estrutura cognitiva do aprendiz. A distribuição hierárquica dos conhecimentos na estrutura cognitiva do aprendiz é portanto provisória sempre.

O conteúdo curricular deveria portanto ser analisado sob a perspectiva conceitual para serem identificadas as ideias mais gerais, mais inclusivas, os conceitos estruturantes, as proposições-chave. Assim seria identificado o que é principal e o que é secundário para ser ministrado.

O ensino deveria então começar pelo que é mais geral, mais inclusivo, mais organizador do conteúdo, e progressivamente diferenciar essas partes fundamentais, ao exemplificá-las e trabalhá-las em situações de ensino. A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora deveriam ser trabalhadas intencionalmente ao mesmo tempo, do conhecimento mais abrangente até o mais específico, e vice-versa, de maneira a atender à dinâmica atualizadora da estrutura cognitiva do aprendiz.

No ensino escolar, atualmente, os conteúdos estão listados num programa que é seguido linearmente pelo discente, sem idas e voltas e sem ênfase nas suas partes mais importantes e mais abrangentes. Isso é mais um motivo para que o aprendizado aconteça de modo mecânico.

Para se abordar um tema na escola, pode-se começar pela sua ideia mais geral, inclusiva, e em seguida observar a sua diferenciação progressiva e reconciliação integradora, sob a luz dos conhecimentos prévios do aluno. A observação dos fenômenos que o demonstram e dos conceitos que o esclarecem, em graus crescentes de complexidade, facilitará chegar ao nível esperado de aprendizado no contexto da disciplina.

A abordagem didática praticada na atualidade não promove nem a diferenciação progressiva nem a reconciliação integradora da matéria em estudo. A sua organização é linear, do mais simples ao mais complexo, ou do mais fácil ao mais difícil. É lógica, mas não psicológica. Do ponto de vista cognitivo, a aprendizagem significativa é facilitada ao se dar inicialmente uma visão geral da matéria ao aprendiz, para em seguida diferenciar e reconciliar os seus significados, categorias, critérios, propriedades.

A facilitação do aprendizado significativo também deve considerar os *organizadores prévios*. Ausubel os propôs como recurso instrucional para atender aos alunos que não têm os subsunçores adequados para dar significado ao novo conhecimento.

Não há como definir os organizadores prévios de modo preciso, mas eles podem ser introdutórios à matéria, apresentados em um nível mais elevado de generalidade e inclusividade, e formulados conforme os conhecimentos do aluno e dentro da sua capacidade de compreensão.

A função dos organizadores é fazer a ponte cognitiva entre os conhecimentos de domínio do aprendiz e aqueles que ele deveria ter para que os novos conhecimentos fossem potencialmente significativos para ele. Os organizadores

prévios devem ser utilizados, portanto, ainda que não haja como definir com precisão se esse recurso instrucional irá funcionar ou não.

Em termos quantitativos, pode-se testar a eficácia dos organizadores por meio de se usá-los em um de dois grupos escolhidos aleatoriamente. Ao final, faz-se um teste e se compara o resultado nos dois grupos. As experiências relatadas no entanto são polêmicas, pois algumas acusaram eficácia dos organizadores, e outras não. Assim se chegou à conclusão de que o efeito deles existe, mas que é pequeno (Luiten *et al*, 1978).

Se a aprendizagem significativa depende de conhecimentos prévios adequados, e se eles não existem na estrutura cognitiva do aprendiz, pode-se considerar que dificilmente um recurso instrucional poderia substituí-los. A solução óbvia parece ser portanto construir tais conhecimentos, que irão tornar os novos conhecimentos potencialmente significativos. O que é talvez impossível, na abordagem tradicional do ensino em grupo, pois o seu centro está no professor, com um programa que ele deve cumprir rigorosamente, que promove a aprendizagem mecânica.

Outra situação em que os organizadores prévios são úteis é aquela em que o aluno tem os conhecimentos prévios, mas não os relaciona de modo discriminado aos novos, que lhe são apresentados nas aulas e nos materiais educativos. Neste caso, os organizadores são igualmente necessários, pois tais recursos instrucionais irão mostrar a relação entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios do aluno.

Ausubel também recomendou o uso dos princípios da organização sequencial e da consolidação – além da diferenciação progressiva, da reconciliação integrativa e dos organizadores prévios, processos que se passam na estrutura cognitiva do aprendiz – para facilitar a aprendizagem significativa.

A *organização sequencial* se vale das dependências sequenciais das matérias de ensino. Para Ausubel, fica mais fácil a organização dos subsunçores se os conhecimentos forem ministrados em sequência que respeite as dependências hierárquicas naturais, *i.e.*, se os novos conhecimentos são dependentes imediatamente daqueles que os antecedem.

Já a *consolidação* trata do domínio dos conhecimentos prévios antes da introdução de novos conhecimentos. Nada mais natural do que garantir o domínio dos conhecimentos prévios, pois eles são a variável mais importante da aprendizagem

significativa. Moreira, no entanto, alerta ser preciso tomar cuidado com esse princípio, pois ele poderia com facilidade levar à aprendizagem mecânica behaviorista.

A aprendizagem significativa é progressiva e convive com rupturas e continuidades (Moreira, Caballero e Rodrigues P., 2004). Desse modo, pode levar um tempo relativamente longo para que essa aprendizagem aconteça, pois ela inclui a necessidade de muitos exercícios, resoluções de situações-problemas, além das clarificações, discriminações, diferenciações, integrações do conhecimento prévio, que acontecem na estrutura cognitiva do aprendiz, antes que o novo conhecimento possa ser introduzido.

A *linguagem* é um recurso extremamente importante na facilitação da aprendizagem significativa. Inicialmente Ausubel usava inclusive a terminologia “aprendizagem verbal significativa” (*meaningful verbal learning*) (Ausubel, 1963) para o seu trabalho. Ela está implicada em todas as tentativas humanas de perceber a realidade (Postman e Weingartner, 1969, p. 99). A aprendizagem significativa depende da captação de significados. Esses envolvem intercâmbio, negociação. E tal ação acontece no âmbito da linguagem.

A captação de significados, no episódio de ensino e aprendizagem, significa diálogo, negociação de significados. O professor apresenta os significados, no contexto da matéria de ensino, que ele já domina. Os alunos então os devolvem ao professor conforme os captaram. Se o que os alunos devolveram não é o esperado no contexto da matéria, o professor deve repassar de novo tais conhecimentos aos alunos, então de outra maneira. Os alunos novamente retornam ao professor... Esse processo pode ser longo, para concluir quando os alunos realmente captaram os significados aceitos no contexto da matéria de ensino.

Só há ensino quando há captação de significados, ou quando há aprendizagem (D. B. Gowin, 1981)<sup>3</sup>. Professor e alunos compartilham os significados que são aceitos em um determinado contexto. O professor usa a linguagem para apresentá-los. Os alunos usam a linguagem para devolvê-los. Mesmo em Física ou Química, o ensino e a aprendizagem dependem da linguagem. A linguagem é essencial na facilitação da aprendizagem significativa.

---

<sup>3</sup> Essa perspectiva lembra a abordagem vigotskyana ou freireana do processo de ensino-aprendizagem, mas não há no trabalho de Gowin referências a Lev Vigotsky ou a Paulo Freire.

## Estratégias e instrumentos facilitadores

São consideradas importantes variáveis na facilitação da aprendizagem significativa os já citados *levar em conta o conhecimento prévio do aprendiz*, a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integrativa* do conhecimento aprendido, a *organização sequencial do conteúdo*, a *consolidação* do conhecimento prévio, o uso de *organizadores prévios*, que mostrem a relacionabilidade e a discriminabilidade entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos, e a *linguagem* envolvida no intercâmbio dos significados.

Também se poderia falar em *estratégias* e *instrumentos* (didáticos) facilitadores da aprendizagem significativa. Um deles já mencionado é o *organizador prévio*. Há também o *mapa conceitual* (Novak e Gowin, 1984; Moreira, 2006), diagrama conceitual hierárquico que destaca conceitos de determinado campo conceitual e as relações (proposições) entre eles – muito úteis na diferenciação progressiva e na reconciliação integrativa de conceitos, além de na própria conceitualização.

Os *diagramas V* (Novak e Gowin, 1984; Gowin e Alvarez, 2005; Moreira, 2006) – instrumentos heurísticos que enfatizam a interação entre pensar (domínio conceitual) e fazer (domínio metodológico), na produção de conhecimentos, a partir de questões-foco – também são promotores da aprendizagem significativa.

As *atividades colaborativas* com pequenos grupos, presenciais ou virtuais, que viabilizam o intercâmbio, a negociação de significados, com o professor na função mediadora, igualmente facilitam a aprendizagem significativa.

A *aula expositiva* clássica geralmente promove a aprendizagem mecânica, mas não é impossível que ela realize a aprendizagem significativa, quando se socorre de estratégia ou instrumento de maior potencial facilitador da aprendizagem, como é o caso do mapa conceitual, do diagrama V etc. Mas se for considerado um “mapa correto”, um “mapa padrão”, ou se o diagrama V tiver os procedimentos padronizados, isso caracteriza a abordagem comportamentalista, à base de “copiar, memorizar e reproduzir”. Ela promove a aprendizagem mecânica.

A facilitação da aprendizagem significativa depende de uma mudança básica na diretriz escolar, e por consequência de uma nova postura docente.

## Avaliação da aprendizagem significativa

No contexto atual, a avaliação escolar se baseia em “sabe ou não sabe”. Esse tipo de avaliação, de sim ou não, certo ou errado, é comportamentalista, e reflete a aprendizagem mecânica – pois não entra no contexto do significado, da compreensão, que implica a transferência do conhecimento para outros cenários.

A avaliação da aprendizagem significativa deve identificar o nível de compreensão que o aluno tem da matéria, a sua captação dos significados e capacidade de transferir esse conhecimento para situações desconhecidas. Segundo Ausubel, para flagrar a simulação da aprendizagem significativa, é só propor ao aprendiz utilizar o conhecimento em uma situação nova, que requeira a máxima transformação do conhecimento adquirido.

A aprendizagem significativa é progressiva. Ela acontece na área de interseção da aprendizagem mecânica com a aprendizagem significativa, em direção à região da incorporação substantiva, ou significativa. Nesta região, a ocorrência do erro é normal. Por isso, a sua avaliação deve ser de maneira formativa e recursiva, permitindo que o aprendiz refaça, mais de uma vez, se for necessário, as tarefas da aprendizagem.

A avaliação da aprendizagem significativa impõe ao avaliador uma tarefa difícil, porque implica em uma nova postura frente à avaliação. No modo comportamentalista mecânico, ela se limitava à escolha entre as duas opções sim ou não, certo ou errado. Na aprendizagem significativa, em idas e vindas à matéria assimilada, até concluir o seu entendimento, o aprendiz deve externalizar os significados que captou, explicá-los e justificar as respostas que deu.

## Conclusão

Após as publicações de Ausubel nos 60s (1963, 1968), reiteradas em 2000, Novak contribuiu na reedição da obra de 1968 e escreveu com Gowin (Novak e Gowin, 1984) um livro que foi publicado em várias línguas. Moreira publica sobre a aprendizagem significativa a partir de 1982 (Moreira e Masini, 1982, 2006; Moreira, 1983; Moreira e Buchweitz, 1993; Moreira, 1999, 2000, 2005, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009).

Em função dessa bibliografia, e de congressos internacionais sobre a aprendizagem significativa (Cornell, USA, 1992; Burgos, Espanha, 1997; Peniche,

Portugal, 2000; Maragogi, Brasil, 2004; Madri, Espanha, 2007; São Paulo, Brasil, 2010), e de muitos artigos sobre a teoria, ou usando-a como referente teórico, houve uma apropriação variada e polissêmica do conceito de aprendizagem significativa. Nessa trivialização do conceito, toda aprendizagem passou a ser chamada de significativa, e todas as metodologias de ensino passaram a objetivar uma aprendizagem que supostamente seria significativa.

Mas não houve apropriação da teoria ou da filosofia subjacente a ela. A escola continua ainda hoje fomentando a aprendizagem mecânica, em que o professor expõe, o aluno copia e memoriza para fazer as provas, e aplicar imediatamente a situações conhecidas. Só isso, porque ele logo esquece os conhecimentos decorados, porque sem significado. Os alunos assim passam anos de sua vida estudando pelo modelo mecânico para esquecer tudo rapidamente.

Na universidade, os alunos não têm subsunçores para dar conta das matérias básicas que lhes são ministradas, e ainda o esquema lá é o mesmo – copiar, memorizar, reproduzir e esquecer.

O conhecimento prévio é a variável isolada mais importante no processo do aprendizado significativo, subjacente a qualquer teoria construtivista. Ausubel fala em *subsunçor* – assim como cada teoria construtivista tem seu construto básico.

Para Piaget, o construto básico é o *esquema*. Nele o indivíduo aprende ou constrói novos esquemas, a partir dos esquemas que já construiu.

Em Kelly (1963), o construto básico é o *construto pessoal*, e o indivíduo aprende ou constrói novos construtos a partir dos construtos que já construiu.

Em Johnson-Laird (1963), o construto fundamental é o *modelo mental*, do qual o aluno constrói novos com recursos aos anteriores.

Vergnaud (1990) usa esquemas com *invariantes operatórios*, conhecimento prévio implícito de grande influência na construção de novos esquemas e de novos conceitos.

As teorias mencionadas nos parágrafos anteriores objetivam principalmente o desenvolvimento cognitivo, e a aprendizagem significativa proposta por David Ausubel é mais voltada para a aquisição de um corpo organizado de conhecimento em situação formal de ensino e aprendizagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D.P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.
- AUSUBEL, D.P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Reinhart and Winston, 1968.
- AUSUBEL, D.P. **The acquisition and retention of knowledge**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução do original *The acquisition and retention of knowledge* (2000), 2003.
- BRUNER, J. **O processo da educação**. São Paulo: Nacional, 1973.
- GOWIN, D.B. **Educating**. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1981.
- JOHNSON-LAIRD, P.N. **Mental models**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
- KELLY, G. **A theory of personality – The psychology of personal constructs**. New York: W. W. Norton & Co, 1963.
- LUITEN, J., Ames, W., Ackerson, G. **A meta-analysis of the effect of advance organizers on learning and retention**. *American Educational Research Journal*, 17(2): 211-8, 1978.
- MASINI, E.A.F., e Moreira, M.A. **Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**. São Paulo: Vetor Editora, 2008.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: 2ª. ed. ampl. – EPU, 2011.
- MOREIRA, M.A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.
- MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.
- MOREIRA, M.A. **Aprendizaje significativo: teoría y práctica**. Madrid: Visor, 2000.
- MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005.
- MOREIRA, M.A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2006.
- MOREIRA, M.A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.

MOREIRA, M.A. e Buchweitz, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem.** Lisboa: Plátano, Edições Técnicas, 1993.

MOREIRA, M.A. e Masini, E.A.F. **Aprendizagem significativa:** a teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOREIRA, M.A. e Masini, E.A.F. **Aprendizagem significativa:** a teoria de David Ausubel. 2ª. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

MOREIRA, M.A., Caballero, C. y Rodríguez P., M.L. **Aprendizaje significativo:** interacción personal, progresividad y lenguaje. Burgos: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos, 2004.

NOVAK, J.D. and Gowin, D.B. **Learning how to learn.** New York: Cambridge University Press, 1984.

NOVAK, J.D. e Gowin, D.B. **Aprendendo a aprender.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução do original *Learning how to learn*, 1995.

POSTMAN, N. and Weingartner, C. **Teaching as a subversive activity.** New York: Dell Publishing Co., 1969.

VALADARES, J. e MOREIRA, M.A. **A teoria da aprendizagem significativa: sua fundamentação e implementação.** Coimbra: Edições Almedina, 2009.

VERGNAUD, G. **La théorie des champs conceptuels. Recherches en Didactique des Mathématiques**, 10 (23): 133-170, 1990.

## APÊNDICE B – MANUAL XCALIBRE 4.2



# *Xcalibre*<sup>TM</sup> Item Response Theory Calibration Software User Manual

Version 4.2.2

# Português

ASSESSMENT  SYSTEMS  
6053 Hudson Road, Suite 345  
Woodbury, MN 55125 USA  
[www.assess.com](http://www.assess.com)

Este manual simplificado do software Xcalibre é uma porta aberta àqueles professores e avaliadores, interessados na Teoria de Resposta ao Item (TRI), que pretendem mergulhar numa visão moderna de avaliação para descobrir o quanto e o quê o aluno aprendeu.

Prezado professor,

As novas possibilidades de avaliação, propiciadas pelo avanço das tecnologias da ciência informacional, oferecem maior precisão do que os métodos até então utilizados, que se baseiam na Teoria Clássica dos Testes (TCT). Esta dá apenas escore bruto, sem discriminar o que o aluno aprendeu.

A Teoria de Resposta ao Item (TRI) fornece informações além do escore bruto, também do quanto e do quê o aluno aprendeu. Os *softwares* e *hardwares* hoje disponíveis permitem ao professor e avaliador o uso desta moderna ferramenta de avaliação.

O SAEB, Sistema de Avaliação do Ensino Básico, e o ENEM, Exame Nacional do Ensino Médio, fazem uso da Teoria de Resposta ao Item (TRI), ao invés da Teoria Clássica dos Testes (TCT), para promover a seleção de alunos em função da sua habilidade de dar a resposta correta sobre determinado tema.

A utilização do software Xcalibre facilita ao usuário experimentar os diversos modelos da TRI para fazer essas análises. No nosso caso, usamos como exemplo o modelo de um parâmetro, referido como modelo de Rasch, usado no exame do SAEB. Para usar o modelo de três parâmetros, empregado pelo ENEM, se faz necessária apenas uma escolha de função do software, ou seja, é bastante clicar em uma outra janelinha. Assim podem ser obtidos parâmetros avaliativos essenciais como a dificuldade do item, sua discriminação e o acerto ao acaso. As interpretações dos dados obtidos cabem ao autor da pesquisa e sua equipe.

## SUMÁRIO

Introdução .....	3
A TRI .....	3
Modelo De Rasch.....	4
Os Parâmetros .....	5
Unidimensionalidade .....	6
Independência Local .....	6
Calibragem .....	7
Apresentando o Xcalibre (Versão 4.1.6) .....	7
1 – Aba Files .....	9
1.1 – Construindo o arquivo de entrada (Data Matrix File).....	9
1.2 – Construindo o arquivo de controle (Item Control File).....	10
1.3 – Construindo o arquivo de saída (ou Output) .....	11
2 – A aba Input Format.....	11
3 – A aba IRT Model .....	14
4 – A aba Calibration .....	16
5 – A aba Estimation .....	17
6 – A aba Output Options .....	19
7- Exemplo .....	20
7.1 - Criando o arquivo de entrada .....	20
7.2 - Criando o arquivo de controle.....	21
7.3 – Criando o arquivo de saída de dados .....	22
7.4 – Utilizando a aba Files.....	22
7.5 – Utilizando a aba Input Format .....	24
7.6 – Utilizando a aba IRT Model.....	25
7.7 – Utilizando a aba Estimation.....	27
7.8 – Utilizando a aba Output Format .....	28
8 – Utilizando o Arquivo de Saída .....	29
9 – Interpretando os dados obtidos. ....	30
10 – Conclusão .....	30
REFERÊNCIAS.....	31

## INTRODUÇÃO

Os modelos para obtenção dos parâmetros de dificuldade dos itens de um teste/avaliação têm sido refinados pelas teorias psicométricas com o passar dos anos. Inicialmente, pela Teoria Clássica dos Testes (TCT), a proficiência do aluno ou a dificuldade de um item era simplesmente a proporção entre a quantidade de acertos e erros cometidos pelos participantes. Esse índice de proficiência é determinado pela seguinte equação:

$$S(\%) = \frac{N(A)}{N} \times 100$$

S = escore bruto em percentual

N(A) = número de itens acertados

N = número total de itens

Esse modelo seguido pela TCT trata apenas de um nível percentual, e por isso nada diz a respeito dos respondentes e dos itens como um todo. Com isso, os psicometristas começaram a perceber que tais análises não seriam realmente aprofundadas para qualificar o que o aluno aprendeu.

## A TRI

A Teoria da Resposta ao Item (TRI) é um conjunto de modelos matemáticos que relacionam um ou mais traços latentes (não observados) de um indivíduo com a probabilidade deste dar uma certa resposta a um item. (ANDRADE, 2001)

A TRI se baseia na ideia de que, independentemente do indivíduo, podemos construir uma escala para medir a probabilidade da sua resposta correta a uma pergunta. Ela é composta de um conjunto de modelos matemáticos adequados a tipos determinados de itens. Graças a sua capacidade de discriminar e avaliar, ela é utilizada no Brasil pelo Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb), que usa a

escala de um parâmetro, a Escala de Rasch, e pelo ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), que utilizam a escala de três parâmetros proposta por Lord.

No mundo, outros institutos utilizam a TRI, como o Pisa (Programa Internacional de Avaliação do Estudante, *Programme for International Student Assessment*), o TOEFL (Teste de Inglês como Língua Estrangeira, *Test of English as a Foreign Language*), o GRE (*Graduate Record Examination*), dentre outros.

### MODELO DE RASCH

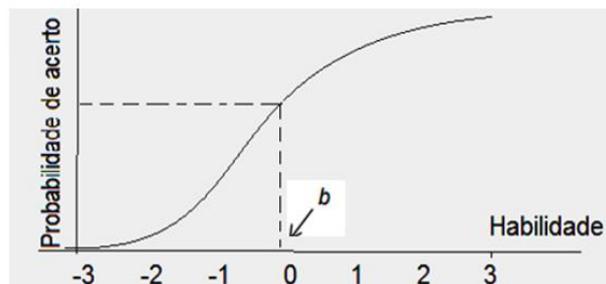
O modelo de Rasch é um modelo particular da TRI, de um parâmetro, usada para medir o traço latente, como no caso da qualificação profissional de um médico, da satisfação de um cliente, da existência do distúrbio alimentar, da reabilitação de um paciente, da proficiência no âmbito escolar, por exemplo, o que mostra o grande potencial deste princípio fundamental de medição em pesquisa com humanos. (BOND, 2006)

Segundo Pasquali, usando um questionário criteriosamente elaborado, a Escala de Rasch pode ser empregada para medir a proficiência do aluno e a dificuldade apresentada em cada questão. Desse modo se pode identificar a parte do programa que deve ser estimulada para superação das deficiências apresentadas.

A partir da posse de valores que representam as habilidades do aluno e as dificuldades de cada item, especialistas curriculares podem sugerir a seleção e o ordenamento adequado dos conteúdos programáticos, com a observação do tempo disponível do professor com o aluno em sala de aula.

O modelo matemático de Rasch (modelo dicotômico de um parâmetro) mede a probabilidade de o respondente dar a resposta correta a um item, e é representado a seguir:

$$P(\theta) = \frac{e^{(\theta - b)}}{1 + e^{(\theta - b)}}$$

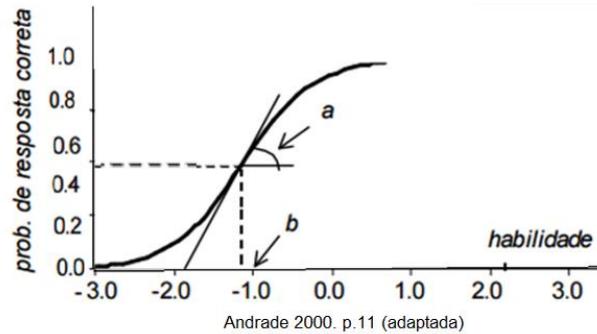


Andrade 2000, p. 11 (adaptada)

Neste caso, o parâmetro é a dificuldade  $b$ .

Podemos contar ainda com outros dois modelos dicotômicos, de dois ou três parâmetros.

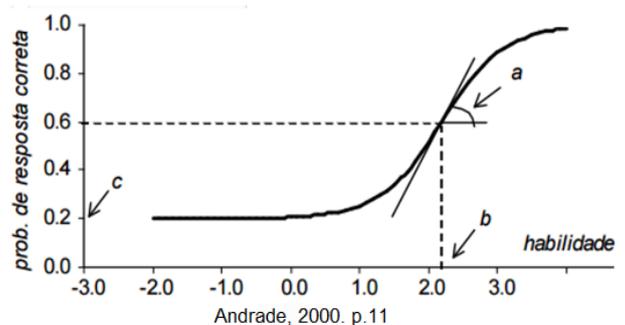
$$P = (N(1), \theta) = \frac{1}{1 + e^{-a(\theta - b)}}$$



Dois parâmetros – a dificuldade  $b$  e a discriminação  $a$

Três parâmetros - a dificuldade  $b$ , a discriminação  $a$  e o parâmetro que corrige o acerto ao acaso,  $c$ .

$$P = (N(1), \theta) = c_1 + (1 - c_1) \frac{1}{1 + e^{-a(\theta - b)}}$$



## OS PARÂMETROS

### O parâmetro $b$

O parâmetro  $b$  informa o grau de dificuldade que o item oferece ao respondente. Ele é a chave para medir o traço latente. Na Curva Característica do Item, lê-se o valor desse parâmetro na mesma escala das habilidades, quando a probabilidade de acerto do indivíduo é de 50% (cinquenta por cento).

## O parâmetro *a*

O parâmetro *a* identifica o poder que a questão tem em discriminar a habilidade dos estudantes. Ele expressa o nível de informação do item.

## O parâmetro *c*

Já o parâmetro *c* é utilizado para corrigir o resultado no caso de acerto do item difícil pelo respondente com pouca habilidade. (Ele corrige o chute!)

A TRI mede o traço latente, que é a habilidade não diretamente observável. Essa habilidade pode ser estimada usando qualquer uma das três escalas apresentadas, que levam em conta as características das questões, sua dificuldade, e a probabilidade de o indivíduo dar a resposta correta ao item conforme a sua habilidade.

## Unidimensionalidade

Para aplicação do método de Rasch pressupõe-se:

A unidimensionalidade, pois o conjunto de itens mede apenas uma dimensão, uma variável latente. Por isso, se eliminam os itens que violam este princípio.

## Independência Local

A *independência local*, ou seja, nenhum item deve conter informação que possa ser usada para responder a um outro. Então, devido à inexistência de correlação entre os itens, a probabilidade de um sujeito acertar *N* itens é igual ao produto das probabilidades de ele acertar cada um deles. – Pasquali salienta a dificuldade de se estabelecer a independência local, mas se os fatores estranhos forem controlados, mantidos constantes, o fator dominante, a dificuldade do item, será a única fonte de variação. Neste caso, as respostas se tornam independentes, já que o examinando conta apenas com a magnitude da sua habilidade para responder às questões.

## Calibragem

A *calibragem* do item significa equiparar, tornar comparáveis os parâmetros dos itens provenientes de testes diferentes e os traços latentes de respondentes de diferentes grupos na mesma métrica, tornando assim os itens e os respondentes comparáveis. Com um banco de itens calibrados, em que os itens e seus parâmetros estejam na mesma escala de proficiência, podemos construir um ou mais testes com graus de dificuldade que atendam aos objetivos de uma ou de mais avaliações.

### SOFTWARE XCALBIRE (VERSÃO 4.1.6)

Para efetuar-se as análises de dificuldade dos itens através do Modelo Rasch (ou de 1 parâmetro), optou-se pela utilização do programa estatístico XCALIBRE (Versão 4.1.6). O principal motivo para a escolha desse programa foi a sua facilidade de manipulação, bem como a sua disponibilidade no mercado de *softwares* que analisam os parâmetros da TRI, além de ser encontrado em versão livre.

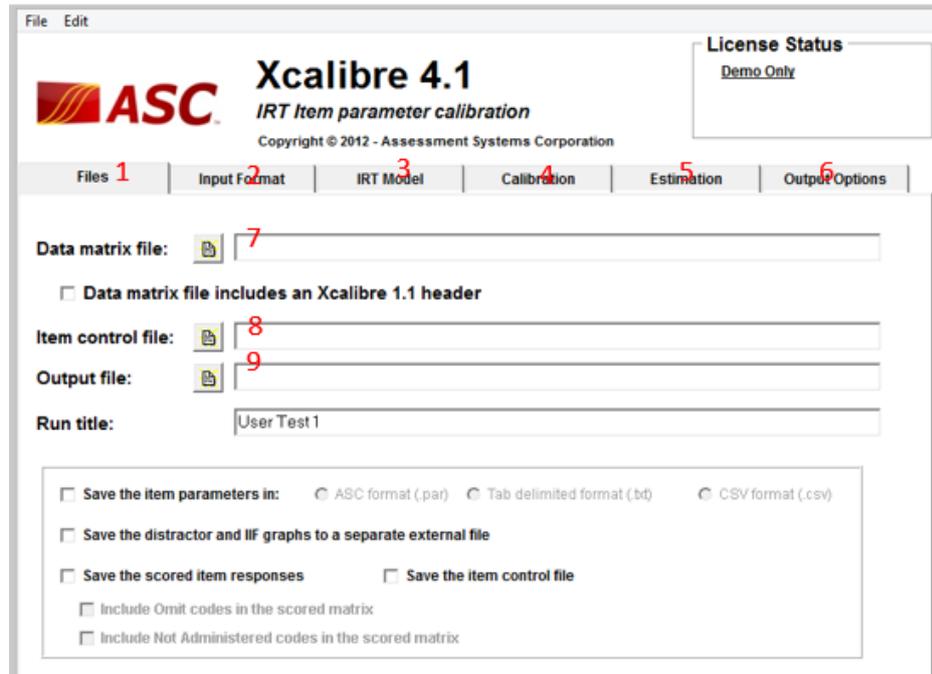
O XCALIBRE é um programa fornecido pela empresa *Assessment System Corporation (ASC)*. Atualmente encontra-se na versão 4.1.6, criada em janeiro de 2012. Para maiores informações acerca de aquisição e licenciamento do programa, verificar no *site* <http://www.assess.com>.

O que segue é um passo a passo para utilização do programa, utilizando-se de exemplos para a realização de análises de parâmetros de dificuldade do item pela Teoria de Resposta ao Item.

### **APRESENTANDO O XCALIBRE (VERSÃO 4.1.6)**

Um dos diferenciais da utilização do XCALIBRE é que o programa não necessita que o usuário seja um *expert* em TRI. Existem abas no programa que auxiliam na obtenção dos resultados que o usuário desejar, a partir do momento em que ele conheça o que essas abas podem fornecer.

Quais seriam essas abas? Veja na figura abaixo



As abas acima estão numeradas e serão explicadas no trabalho posteriormente. É necessário saber apenas algumas características básicas

1) *Files* (essa aba é onde o usuário irá inserir os arquivos de entrada, controle e saída de dados);

2) *Input Format* (é onde o usuário irá inserir informações que irão ajudar o programa a ler os bancos, como, por exemplo, a partir de que momento o programa deve ler os dados, se há dados omissos, se todos os dados serão lidos na análise, etc.);

3) *IRT Model* (nessa aba o usuário poderá escolher qual modelo deseja utilizar, a partir do tipo de itens (dicotômico, politômico ou misto), e de qual modelo gostaria de se utilizar (1, 2 ou 3 parâmetros);

4) *Calibration* (nessa aba o usuário pode selecionar distribuições *a priori* para as suas análises, bem como critérios de convergência e escalonamento de parâmetro de Item);

5) *Estimation* (quando se clica nessa aba, tem-se acesso a características relacionadas às estatísticas clássicas dos itens, e de que forma irá ser estimada a aptidão [*Theta*] do indivíduo; e

6) *Output Options* (basicamente estabelece como o arquivo de *ouput* [ou saída] será demonstrado para o usuário).

Veja agora a função de todas as abas, com alguns detalhes:

## 1 – Aba *Files*

Essa aba, que já foi mostrada na figura anterior, é o espaço no qual o usuário irá inserir três arquivos essenciais para a análise: 7) *Data Matrix File* (aqui devem ser colocados os dados brutos digitados pelo usuário\*), 8) *Item Control File* (esse é o lugar onde o usuário deve inserir o “gabarito” do seu teste, com algumas outras informações que serão definidas na próxima seção), e 9) *Output File* (o usuário irá inserir aqui um arquivo no formato RTF [*Rich Text Format*] para que o programa possa fornecer as análises realizadas nesse arquivo).

Veja como é possível construir esses bancos de dados nas seções que se seguem.

### 1.1 – Construindo o arquivo de entrada (*Data Matrix File*)

Um arquivo de entrada deve ter algumas características essenciais para que o programa possa lê-lo. Elas são as seguintes: a) A identificação de cada respondente, e b) as respostas fornecidas por esses respondentes a cada item. Em cada linha está a informação de uma pessoa. Veja no exemplo abaixo a construção envolvendo 5 pessoas e 19 itens respondidos.

01	2245333251313423431
02	2315213513244154545
03	3322341231443341251
04	5555343114 24123322
05	1245542314232314532

**Figura 1.1 Padrão de respostas de 5 respondentes para 19 questões.**

Os itens acima possuíam cinco possibilidades de respostas (A, B, C, D e E). As respostas foram colocadas como números para ajustar e facilitar a leitura do programa, dessa forma A = 1, B = 2, C = 3, D = 4, E = 5. É importante notar também que a quantidade de espaços será importante quando for o momento da utilização da aba *Input Format*, pois erros cometidos na quantidade de espaços fará com que o programa leia características que nada tem a ver com a variável ou não lei determinada característica por não estar no local correto.

## 1.2 – Construindo o arquivo de controle (*Item Control File*)

A função desse arquivo de controle é inicialmente fornecer dados para que o programa possa avaliar as questões como certas ou erradas, e, posteriormente, com base no que foi analisado, estabelecer as relações entre os tipos de itens, se eles serão utilizados na análise, que tipo de domínio estão avaliando etc. A seguir, é mostrado um exemplo de um arquivo de controle construído para o exemplo acima. Note que cada característica do item será explicada também.

Item 1	4	5	1	Y	M
Item 2	3	5	1	Y	M
Item 3	2	5	1	Y	M
Item 4	4	5	1	Y	M
Item 5	2	5	1	Y	M
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>

**Figura 2. Exemplo de arquivo de controle construído para o exemplo da Figura 1.**

As letras em vermelho possuem o seguinte significado:

**A →** Essa coluna identifica para o programa qual item está sendo avaliado. É possível atribuir qualquer nome para as informações nessa coluna, porém o nome Item facilita a interpretação posterior no arquivo de saída. (Apenas duas exceções: vírgulas e espaços usando a tecla *Tab* [encontrada logo acima da tecla *Caps Lock* ou “Fixa”])

**B →** Na segunda coluna, identifica-se a resposta correta do item. No caso, os itens variaram de 1 até 5. Caso os itens sejam dicotômicos, ou seja, certo ou errado, devo inserir apenas o número 1 para todas as opções. (Importante: podem ser usadas letras, caso sejam de múltipla-escolha, e se forem politômicos atribui-se o sinal “+” se forem positivamente avaliados, e “-” se forem negativamente avaliados).

**C →** Esse é o número de alternativas do item. (O programa permite até um número limite de 15 alternativas por item. Para itens dicotômicos, avaliados como 0 e 1, erro ou acerto, o número de alternativas seria 2);

D → A coluna D mostra a área de domínio ou conteúdo (que pode variar de 1 até 50). Essa coluna possui uma análise mais subjetiva, e é necessário identificar bem o que cada item avalia para saber se ele faz parte do mesmo domínio dos outros.

E → Nessa coluna, mostra-se o *status* de inclusão de um item. As legendas que se seguem estão em inglês:

1) Y = Sim (ele foi incluído)

2) N = Não (o item não foi incluído)

3) P = O item fez parte do pré-teste

4) A = Um item âncora, que apresenta parâmetros já identificados e que podem influenciar os resultados das análises a partir das suas inserções ou ausências.

F → O tipo de item do teste. São especificados três tipos de item para o teste:

1) M = Itens de múltipla-escolha ainda não avaliados, com respostas que começam com 1 ou A

2) R = Itens politômicos que começam com 1 ou A

3) P = Itens com respostas numéricas que começam em 0 (p.ex., 0, 1, 2 e 3). Inclui-se aqui itens de crédito parcial de categoria múltipla, e itens de múltipla-escolha avaliados dicotomicamente.

Importante notar que cada informação fornecida nesse arquivo de controle é de total responsabilidade do usuário, e que os erros realizados nessa construção irão fornecer resultados errados quando da análise.

### 1.3 – Construindo o arquivo de saída (ou *Output*)

Esse arquivo é onde estarão as análises realizadas pelo programa. Para criar esse arquivo, é necessário que o usuário salve um arquivo do Word, em branco, utilizando-se do formato RTF (*Rich Text Format* ou Formato Rich Text). O arquivo deve estar em branco, pois todas as análises geradas estarão ali, e o formato salvo permite que interações dinâmicas sejam criadas no arquivo.

## 2 – A aba *Input Format*

Nessa aba, o usuário identifica características relativas ao arquivo de entrada de dados. Note a seguir como é essa tabela e algumas das suas características.

Copyright © 2012 - Assessment Systems Corporation

Files    **Input Format**    IRT Model    Calibration    Estimation    Output Options

---

**Input Format**

**Fixed Width Data:**

Number of examinee ID columns:  **A**

Examinee IDs begin in column:  **B**

Item responses begin in column:  **C**

Omit character:  **E**

Not administered character:  **F**

**Delimited Data:**

The data matrix file is delimited by a: **D**

Comma     Tab

Response matrix includes examinee ID in first column

**Test for differential item functioning** **G**

Group status appears in column:     Create  ability levels for the DIF test

Group 1 code:     Group 2 code:

Group 1 label:     Group 2 label:

**Run**    [Help](#)

Figura 2.1 – Opções da aba *Input Format*

A → *Number of examinee ID columns*: Para explicar melhor essa opção, deve-se retornar ao arquivo de entrada para avaliar as possibilidades. Em tradução livre para o português, essa opção seria “Número de colunas para identificação do examinando”. Note as colunas na figura a seguir.

```
Pers01 100011100044345
Pers02 111100010101000
Pers03 100414115114100
Pers04 111100010101100
```

Figura 2.2 – Exemplo de dados para o arquivo de *input*

Note que a identificação do examinando possui seis colunas de caracteres (p.ex.: pers01 – 4 letras e 2 números = 6 caracteres), logo é essa informação que o programa entenderá (“Qualquer informação acerca da identificação irá somente até a coluna 6”).

B → *Examinee IDs begin in column*: Essa opção fornece informação acerca de qual coluna inicia a identificação do examinando. No caso do exemplo, qualquer dado

que estiver na coluna 1 já fará parte da identificação do indivíduo. Assim, as opções A e B delimitam qual o início e o final da informação relativa ao respondente. (“A coluna 1 fornece informação inicial sobre o respondente.”). (Importante: o programa admite até 999 caracteres para essa identificação.)

**C →** *Item responses begin in column:* A opção marcada com a letra C serve para dizer se há espaços ou não entre as informações do respondente e as respostas emitidas por ele. É importante que se tenha pelo menos um espaço para separar onde terminam as informações do respondente e onde começam as informações dos itens. (Um número 7 nessa opção diz que a partir da sétima coluna começam as respostas do respondente.)

**D →** *The data matrix file is delimited by a:* Essa opção é facultativa e deve ser marcada quando:

- a) os itens forem separados por vírgula (*comma*) e
- b) os itens forem separados por uma tabulação (*tab*).

Segue um exemplo de cada arquivo.

```
Pers01,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,4,4,3,4,5
Pers02,1,1,1,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0
Pers03,1,0,0,4,1,4,1,1,5,1,1,4,1,0,0
Pers04,1,1,1,1,0,0,0,1,0,1,0,1,1,0,0
```

**Figura 2.3 – Exemplo de arquivo de entrada delimitado por vírgulas**

Note que entre a coluna final com informações relativas à identificação do respondente e a coluna inicial com informações relativas às respostas do item não há espaçamento, apenas vírgula delimitando cada um delas.

Pers01	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	4	4	3	4	5
Pers02	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
Pers03	1	0	0	4	1	4	1	1	5	1	1	4	1	0	0
Pers04	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0

**Figura 2.4 – Exemplo de arquivo de entrada limitado por tabulação**

No exemplo da figura 2.4 há apenas o espaço de uma tecla *tab* entre cada item e entre o primeiro item e a última coluna de informação do respondente.

Mas qual seria melhor? Ambas são lidas da mesma forma pelo programa, essas seriam apenas questões de estilo na construção do arquivo.

É importante notar que caso o usuário selecione a opção *Delimited Data*, a opção *Fixed width Data* não estará selecionável. Isso ocorre pois o programa consegue estabelecer, pela opção *Delimited Data*, que as vírgulas ou as tabulações são marcadores de início e fim de uma determinada categoria (a saber, informações dos respondentes e informações dos itens).

E → *Omit Character*: Nessa opção é possível atribuir qualquer caractere para um determinado item que será omitido na análise que será realizada. Considera-se um item omitido aquele que o sujeito deixou de fazer mesmo tendo feito o imediatamente anterior e o posterior a ele. (IMPORTANTE: Para itens dicotômicos, um item omitido será tratado como chute do examinando, no modelo de 3 parâmetros. Enquanto no de 1 e 2 parâmetros será tratado apenas como erro.)

F → *Not Administered Character*: Ao definir um caractere para essa opção, o programa compreenderá que o respondente não chegou a realizar esse item. (Essa opção é muito utilizada quando se trata de Testagem Adaptativa Computadorizada [CAT], tendo em vista que os participantes raramente chegam às questões finais de um desses testes).

G → *Test for Differential Item Functioning*: Essa característica também é opcional e deve ser marcada apenas se o usuário tiver interesse e informações que possam dividir o grupo em diferentes categorias para entender se há diferenças significativas entre ambos (p.ex., homens e mulheres, brancos e pardos, ocidentais e orientais etc.). Como no exemplo, caso seja marcada, o programa irá gerar análises de DIF para homens (*males*) e mulheres (*females*).

### 3 – A aba *IRT Model*

Nessa aba, é possível que o usuário verifique qual análise irá realizar à luz da Teoria de Resposta ao Item. Veja a seguir as opções fornecidas por essa aba.

Figura 3.1 – Opções da aba *IRT Model*

A → *Dichotomous Only*: Nessa opção, o teste que está sendo analisado apresentou apenas itens dicotômicos, ou seja, itens que podem ser corrigidos como certo e errado. Note que no exemplo apenas a coluna com modelos para itens dicotômicos é possível de ser marcada. Pode-se obter estatísticas para o modelo de 1, 2 e 3 parâmetros, que foram explicadas anteriormente.

B → *Polytomous Only*: O pesquisador interessado em avaliar itens com mais de uma resposta possível, tal como a análise de um item avaliado através da Escala Likert, deve marcar essa opção. Note que ao marcá-la a coluna da direita com os diversos modelos estará disponível para ser utilizada.

C → *Mixed Model (Dichotomous and Polytomous)*: Quando o teste é formado por itens que podem ser avaliados como certo ou errado, e também por itens que podem ter mais de uma resposta possível, é necessário que o mesmo trabalhe com essa opção. Note que ao marcar essa opção será possível trabalhar com ambas as colunas. Ressalta-se a possibilidade de futuros trabalhos com itens politômicos, porém o presente se limita a trabalhar com itens dicotômicos. Nesse momento, será demonstrada a aba *Calibration*.

#### 4 – A aba *Calibration*

Nessa aba, o pesquisador pode selecionar uma distribuição *a priori*, bem como opções de calibração usando os parâmetros da TRI. Veja a seguir quais as opções possíveis para serem seguidas nessa aba.

The screenshot shows the 'Calibration' tab of a software interface. It is divided into two main sections: 'Prior Distributions' and 'Calibration Options'. At the bottom, there are 'Run' and 'Help' buttons.

**Prior Distributions**

	Mean	SD	
Prior for the a parameter:	1,000	0,300	A
Prior for the b parameter:	0,000	1,000	B
Prior for the c parameter:	0,250	0,030	C <input type="checkbox"/> Use 1 / #alt for the c prior mean

Use Floating Priors  
 Yes  No

**Calibration Options**

Perform no more than 60 loops (E-M steps) during item parameter estimation D

Use a convergence criterion of 0,010 for the item parameter estimates E

Use 25 quadrature points during item parameter estimation F

**Item Parameter Scaling G**

- Center the dichotomous item parameters on theta
- Center the dichotomous item parameters on b
- Scale the polytomous item parameters by making the SD of theta 1.0

**Figura 4.1 – Características da aba *Calibration***

A → *Prior for the a parameter*: Essa opção permite o usuário fixar uma distribuição *a priori* específica para o parâmetro *a* (ou discriminação). Se o pesquisador for trabalhar com uma constante *D* igual a 1,0, deveria avaliar a possibilidade de aumentar a média para a sua distribuição, tendo em vista que os valores desse parâmetro serão maiores para um fator de 1,7.

B → *Prior for the b parameter*: Aqui o usuário pode definir média e desvio-padrão *a priori* para o parâmetro dificuldade do item.

C → *Prior for the c parameter*: Nessa opção, estima-se distribuições de média e desvio-padrão *a priori* para o parâmetro acerto ao chute. Quando a média *a priori* variar para cada item de acordo com o número de alternativas, o pesquisador deverá selecionar a opção ao lado (*use 1/#alt for the c prior mean*).

As opções relativas à seção *Calibration Options* serão demonstradas abaixo.

D → *Perform no more than \_\_\_ loops (E-M steps) during item parameter estimation*: Essa opção é importante para ser utilizada quando o programa não encontrar convergência após realizar x loops, ou seja, após rodar o conjunto de dados algumas vezes, o programa deve encontrar padrões de repetição que caminhem na mesma direção e sentido. Dessa forma, ele estará convergindo.

E → *Use a convergence criterion of \_\_\_ for the item parameter estimates*: Nessa área é possível estabelecer critérios de convergência para o programa parar de fazer interações. Há um número máximo que um *loop* possa ser processado que é computado como a soma dos valores absolutos de todos os parâmetros de itens; dessa forma, definir o critério para 0,001 irá fazer com que o programa gere 30 ou mais *loops* para alcançar esse critério de convergência

F → *Use \_\_\_ quadrature points during item parameter estimation*: Permite ajustar o número de pontos de quadratura utilizados. Quanto mais pontos de quadratura se utiliza, mais precisas serão as estimativas, porém mais tempo o programa levará para rodar as análises.

G → *Item Parameter Scaling*: Essa opção é necessária em apenas duas situações:

- a) quando apenas itens dicotômicos estão sendo utilizados, e
- b) usando o modelo de Rasch para itens dicotômicos.

Ao marcar a primeira opção, *Center the dichotomous item parameters on theta*, as estimativas de theta terão uma média zero e um desvio-padrão de 1. Ao clicar na opção *Center the dichotomous item parameters on b*, os valores de média e desvio-padrão para o parâmetro *b* serão de zero e um, respectivamente.

A seguir, são fornecidas informações acerca da aba *Estimation*.

## 5 – A aba *Estimation*

A figura 5.1 mostra as opções possíveis para obter as estatísticas da aba *Estimation*. Nessa aba, consegue-se observar quais são os métodos utilizados pelo programa para estabelecer o theta dos indivíduos. Explicações acerca do significado de cada um desses métodos fogem do escopo desse trabalho e podem ser encontradas no Manual apresentado no Apêndice A desta dissertação.

The screenshot shows the 'Estimation' tab of a software interface. It is divided into two main sections: 'Item statistics' and 'Theta Estimation Method'.

**Item statistics:**

- Include Items in the Calibration with Classical Statistics Between:**
  - Acceptable P (difficulty) range: 0,00 to 1,00 (labeled A)
  - Acceptable item mean range: 0,00 to 15,00
  - Acceptable item correlation range: 0,00 to 1,00
  - Correct the item-total score correlations for spuriousness (labeled C)
  - Exclude items from the calibration if the number of valid responses is less than: 100 (labeled D)

**Theta Estimation Method (labeled E):**

- Maximum Likelihood (MLE)
- Bayesian Modal (MAP / BME)
- Weighted Maximum Likelihood (WML)
- Expected a Posteriori (EAP)
- Use a Bayesian prior with a mean of 0,00 and a SD of 1,00
- Compute scaled scores:
  - New Mean: 50,000
  - New SD: 10,000 (labeled B)

At the bottom of the window, there are 'Run' and 'Help' buttons.

Figura 5.1 – Informações fornecidas pela aba *Estimation*

A → *Acceptable P(difficulty) range*: Nesse momento irão ser estimados os itens que poderão fazer parte da análise considerando o limite mínimo e máximo de sua dificuldade. Note que essa é uma estatística clássica e por isso apenas admite valores que possam ter sentido para a Teoria Clássica.

B → *Compute scale scores*: Ao marcar essa opção, o usuário fará com que as estimativas de theta para o teste inteiro e para cada domínio tenham uma média e desvio-padrão igual àqueles estabelecidos nas caixas. (No exemplo, o teste utilizado terá uma média de 50 e um desvio-padrão de 10.)

C → *Correct the item-total scores correlation for spuriousness*: Ao deixar essa caixa marcada, o usuário estará corrigindo as correlações encontradas, tal que a correlação de um item com ele mesmo dentro de um teste não faça parte do resultado final. (Importante: Não é possível realizar essa correção para correlações entre o item e o theta, e deve-se admitir que *spuriousness* é um problema que testes com menos de 20 itens podem enfrentar, por diminuir muito a precisão das correlações encontradas).

D → *Exclude items from the calibration if the number of valid responses is less than \_\_\_*: Clicar nessa caixa fará com que os parâmetros da TRI não sejam calculados

caso o item não apresente o critério mínimo de respostas para a realização de uma análise. Importante notar que itens omissos e não respondidos não fazem parte da análise.

A última aba a ser explorada no programa será a aba *Output Options*. Veja a seguir o que é possível realizar nela.

## 6 – A aba *Output Options*

A partir dessa aba é possível selecionar opções relativas ao modo com o qual o arquivo de saída será demonstrado, bem como diferenciar grupos com diferentes níveis de theta (p.ex., pessoas que alcançam e que não alcançam a nota desejada).

**Figura 6.1 – Características da aba *Output Options***

A → *Perform two-group classification using a cutpoint of \_\_\_ for the:* Ao selecionar essa opção, o usuário irá estabelecer um ponto de corte que delimitará o grupo com theta alto e o grupo com theta baixo (p.ex.: se o ponto de corte for de 0,350, qualquer respondente que tenha alcançado esse valor de theta ficará no grupo com alta aptidão, enquanto aqueles que tiverem ficado abaixo desse ponto serão considerados de baixa aptidão).

B→ *IRT Expected Proportion Correct (EPC)*: Essa opção também pode ser vista como o cálculo dos “escores verdadeiros” da TRI, e não estará disponível se existirem itens politômicos a serem avaliados. Em termos simples, é a proporção esperada de itens acertados por um indivíduo com uma aptidão estimada X.

C→ *Theta Estimates*: Pode ser colocada no grupo que não alcançou a aptidão necessária (*low*) e aquele que alcançou essa aptidão (*high*).

D→ *Output Options*: Todas as opções apresentadas nessa característica, quando marcadas, serão apresentadas no arquivo de saída por duas formas:

1) em um arquivo em que os dados são apresentados utilizando-se de vírgulas como separadoras de dados (*CSV File*), e

2) em um arquivo em que se utiliza de tabulações para separar os dados (*Tab Delimited File*).

Após uma apresentação breve das funções do programa, é necessário averiguar, por meio de um exemplo, como ele pode realizar algumas funções. Para a criação do exemplo, foi selecionada uma análise simples, utilizando o modelo Rasch ou modelo de 1 parâmetro. Serão demonstrados os passos para a obtenção dos resultados, desde a criação do arquivo de entrada até a visualização do arquivo de saída.

## 7- Exemplo

### 7.1 - Criando o arquivo de entrada

É necessário, como visto anteriormente, criar um arquivo de entrada para que seja possível realizar as análises desejadas. Veja a seguir o arquivo de entrada criado para o exemplo.

```
Pers01,0,1,1,0,1,1,0,1,1,1,1,0
Pers02,1,1,1,0,1,1,0,1,1,0,0,0
Pers03,0,0,0,1,1,0,1,1,0,0,1,1
Pers04,1,1,1,0,0,1,0,1,0,1,0,1
Pers05,1,1,0,0,0,1,1,0,1,0,1,0
Pers06,1,1,0,0,0,0,1,1,0,0,1,0
Pers07,1,1,0,0,1,1,0,0,1,1,1,1
Pers08,1,1,0,0,1,1,0,0,0,1,1,0
Pers09,0,0,0,1,1,0,0,1,1,0,0,1
Pers10,1,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1
```

Figura 7.1.1 – Arquivo de entrada de dados criado para o exemplo

Note que nesse arquivo constam respostas para 12 itens para 10 respondentes. Como já citado acima ele é um arquivo delimitado por vírgulas e seus itens são dicotômicos (cujas questões podem estar certas ou erradas). Note que as abas apenas serão exploradas após a criação dos 3 arquivos necessários para as análises. Nesse momento é necessário que seja criado o arquivo de controle. (Importante: todos os arquivos são criados pelo bloco de notas e salvos no formato .txt, com exceção do arquivo de saída, que é criado pelo Microsoft Office Word e salvo no formato .rtf, que inicialmente deve estar em branco). Esse arquivo deverá ser inserido na lacuna *Data Matrix file*, da aba *File*.

## 7.2 - Criando o arquivo de controle

Relembrando, o arquivo de controle é o arquivo em que devem constar informações sobre os itens, tal como um “gabarito” do teste e informações que possam auxiliar o programa a julgar corretamente o que está sendo considerado no arquivo de entrada. Veja, a seguir, um arquivo de controle criado.

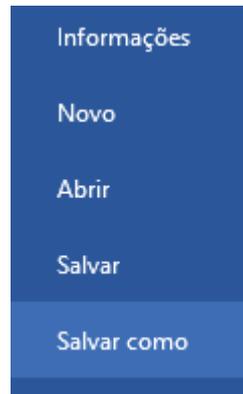
Item 1	1	2	1	Y	P
Item 2	1	2	1	Y	P
Item 3	1	2	1	Y	P
Item 4	1	2	1	Y	P
Item 5	1	2	1	Y	P
Item 6	1	2	1	Y	P
Item 7	1	2	1	Y	P
Item 8	1	2	1	Y	P
Item 9	1	2	1	Y	P
Item 10	1	2	1	Y	P
Item 11	1	2	1	Y	P
Item 12	1	2	1	Y	P

**Figura 7.2.1 – Arquivo de controle estabelecido para os dados do exemplo.**

Tendo em vista as explicações já fornecidas sobre esse arquivo, o programa irá interpretar que são 12 itens, que são avaliados dicotomicamente (por isso o número 1 na coluna logo após a identificação), com duas alternativas, avaliando o primeiro domínio, todos os itens serão incluídos na análise (mostrado pelo Y escrito para cada item) e todos os itens são numéricos começando em 0 (demonstrado pela letra P na última coluna). Esse arquivo deve ser inserido na lacuna *Item control file* da aba *File*. Para relembrar outras possibilidades de criação das características do arquivo de controle, consultar a seção 1.2.

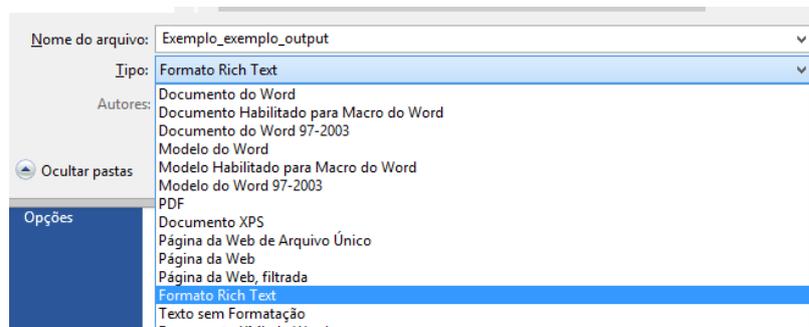
### 7.3 – Criando o arquivo de saída de dados

A criação do arquivo de saída é a parte mais simples da análise. Para isso é necessário apenas que o pesquisador abra um arquivo do Word em branco, e utilize a opção “Salvar Como...” como mostrado na figura a seguir



**Figura 7.3.1- Utilizando o Word para salvar um arquivo de saída.**

Logo após o usuário solicitar esse comando para salvar o arquivo **em branco** no local que desejar de seu computador, irá abrir uma caixa com opções para selecionar em que formato deseja salvar e deverá ser solicitado o formato *Rich Text*. Conforme explicado na figura a seguir.



**Figura 7.3.2 – Salvando o arquivo de saída de dados no formato *Rich Text***

Após a realização desses procedimentos, iremos iniciar as análises necessárias.

### 7.4 – Utilizando a aba *Files*

Nesse momento, será utilizada a aba *Files* para que sejam colocados os arquivos criados pelo usuário para que o programa consiga ler os mesmos. É

necessário que os arquivos estejam corretamente construídos nesse momento para não ocorrer erros de leitura por parte do programa. Veja abaixo como e onde serão inseridos cada arquivo.

**Figura 7.4.1 – Arquivos de entrada, controle e saída inseridos no programa através da aba *Files*.**

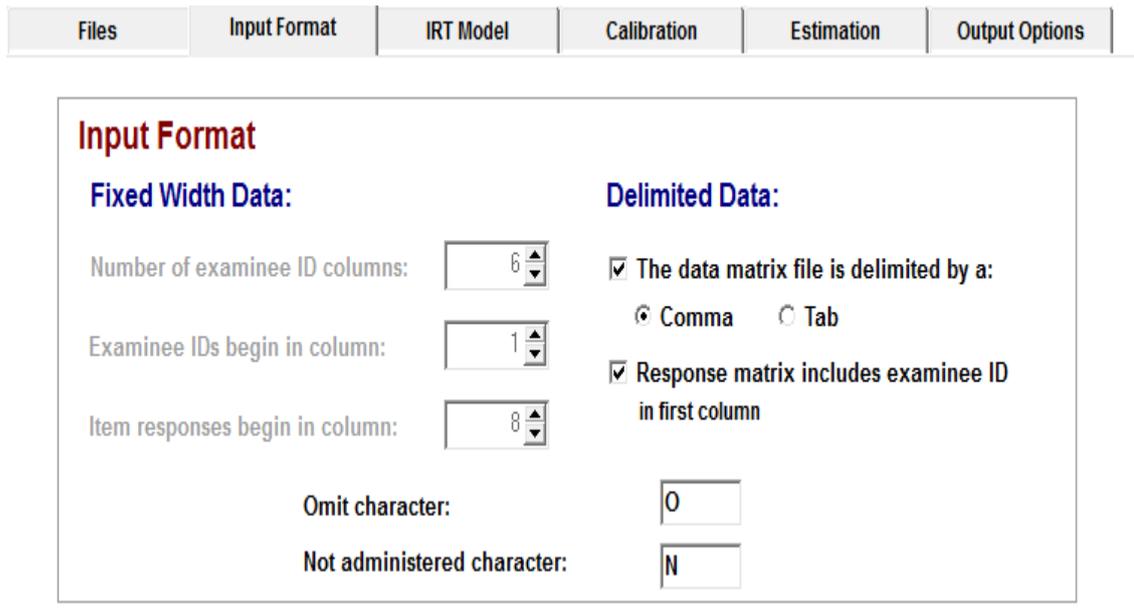
Note que o arquivo de entrada criado irá ser inserido em *Data matrix file*, o arquivo de controle será inserido em *Item control file*, e o arquivo de saída será inserido em *Output file*. Para inserir esses arquivos, o usuário deve clicar no botão  e procurar o arquivo na pasta em que o mesmo foi salvo. Em *Run File*, está o nome do arquivo gerado com todas as informações necessárias.

A opção *Save the parameters in* foi marcada para que o programa salve os parâmetros dos itens em uma determinada extensão/formato. O formato escolhido foi o *ASC format (.par)*, que é a extensão utilizada com compatibilidade para programas de Testagem Adaptativa Computadorizada e, dessa forma, se o usuário quiser utilizar esse mesmo input para um Teste, não precisará salvar novamente.

A próxima etapa é marcar o que o programa fará na aba *Input Format*. Veja o que será necessário marcar para que seja possível rodar essa análise.

## 7.5 – Utilizando a aba *Input Format*

Essa aba, como visto anteriormente, fornece os limites para que o programa consiga estabelecer o que são dados relativos aos respondentes e quais dados são relativos aos itens em si. Veja a seguir os critérios que foram utilizados para o exemplo.



The screenshot shows the 'Input Format' tab with the following settings:

- Fixed Width Data:**
  - Number of examinee ID columns: 6
  - Examinee IDs begin in column: 1
  - Item responses begin in column: 8
- Delimited Data:**
  - The data matrix file is delimited by a:
    - Comma
    - Tab
  - Response matrix includes examinee ID in first column
- Omit character:** 0
- Not administered character:** N

Figura 7.5.1 – Opções marcadas para a realização das análises do exemplo.

O usuário pode notar que a opção selecionada *Delimited data* foi utilizada pois o arquivo construído possuía vírgulas que separavam as informações de respondentes e de itens.

### Delimited Data:

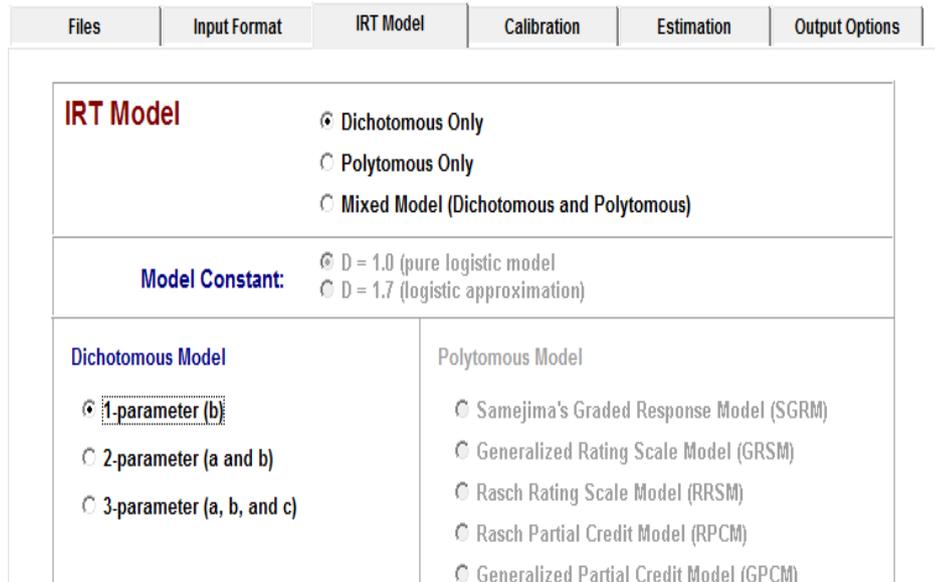
- The data matrix file is delimited by a:
  - Comma
  - Tab
- Response matrix includes examinee ID in first column

Figura 7.5.2 – Opções *Delimited Data* marcadas para dados separados por virgulas e cuja primeira coluna inclui informações do respondente.

A próxima etapa a ser realizada é a seleção do modelo de TRI que o usuário irá utilizar em suas análises. Veja na seção a seguir como selecionar esse modelo.

## 7.6 – Utilizando a aba *IRT Model*

Nessa aba, será selecionado o modelo com o qual se deseja trabalhar utilizando a TRI. Para fins de exemplo, iremos trabalhar com o modelo de um parâmetro (dificuldade) para itens dicotômicos. Veja a seguir o que será marcado nessa aba para que o programa realize essa análise.



**Figura 7.6.1 – Opções utilizadas para a utilização do modelo de um parâmetro (dificuldade) para itens dicotômicos.**

A imagem fornece ao usuário apenas a opção de trabalhar com o modelo de um parâmetro. É importante notar que a constante D é fixa para o modelo Rasch em um, por se tratar de um modelo logístico puro.

Ao selecionar o modelo desejado, o usuário pode calibrar seus parâmetros *a priori*. Utilizando a aba *Calibration*, o usuário é capaz de fixar distribuições que os parâmetros seguirão antes de ser iniciada qualquer análise. Veja a seguir as opções que serão marcadas nessa aba.

Prior Distributions		Mean	SD	
Prior for the a parameter:	<input type="text" value="1,000"/>	<input type="text" value="0,300"/>		
Prior for the b parameter:	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="1,000"/>		
Prior for the c parameter:	<input type="text" value="0,250"/>	<input type="text" value="0,030"/>		<input type="checkbox"/> Use 1 / #alt for the c prior mean
<b>Use Floating Priors</b>				
<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No				

Figura 7.6.2 – Opções a serem trabalhadas em *Prior Distributions*

As opções em *Prior Distributions* mostram ao usuário a partir de que média e desvio-padrão ele deseja que os dados estejam distribuídos para os 3 parâmetros. Como já mencionado anteriormente, é aconselhável aumentar a média do parâmetro a, caso se tenha  $D = 1,0$ . Porém, como estamos apenas trabalhando com o parâmetro b, deve-se levar em consideração apenas aquilo que está relacionado a esse parâmetro. Note que a média do parâmetro b está em zero, ou seja, a dificuldade média do item é igual, inicialmente, para qualquer respondente. E o desvio-padrão é igual a 1.

Em *Calibration Options*, será mantido o que tiver sido marcado pelo programa, como é visto na figura a seguir.

Calibration Options	
Perform no more than	<input type="text" value="60"/> loops (E-M steps) during item parameter estimation
Use a convergence criterion of	<input type="text" value="0,010"/> for the item parameter estimates
Use	<input type="text" value="25"/> quadrature points during item parameter estimation
<b>Item Parameter Scaling</b>	
<input type="radio"/> Center the dichotomous item parameters on theta (Common a parameter)	
<input checked="" type="radio"/> Center the dichotomous item parameters on b (Rasch model)	
<input type="checkbox"/> Scale the polytomous item parameters by making the SD of theta 1.0	

Figura 7.6.3 – As características da *Calibration Options*.

Note que a opção *Center for dichotomous item parameters on b (Rasch model)* está marcada. Isso é um *Default* (padrão) do programa para rodar análises cuja

principal característica a ser analisada é o parâmetro dificuldade do item. Para saber mais sobre as outras opções em *Calibration Options*, consultar a seção \_\_\_.

O passo a seguir encontra-se na adequação da aba *Estimation* para a análise de dados.

### 7.7 – Utilizando a aba *Estimation*

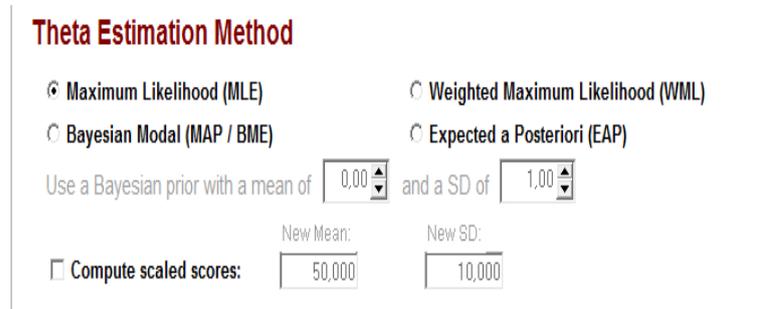
A aba *Estimation* é utilizada para estabelecer critérios como dificuldade aceitável do item para ser inserido na calibração, correlação aceitável para ser incluído na análise, e qual método de estimação de theta será utilizado pelo programa. Por fugir do escopo do presente trabalho, não será explicado o que cada método de estimação pode fornecer ou como eles são feitos. Para maiores informações, consultar o Manual presente no Apêndice A da dissertação. Veja abaixo um exemplo da utilização da aba *Estimation*.

Files	Input Format	IRT Model	Calibration	Estimation	Output Options
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p><b>Item statistics</b></p> <p>Include Items in the Calibration with Classical Statistics Between:</p> <p>Acceptable P (difficulty) range: <input type="text" value="0,00"/> to <input type="text" value="1,00"/></p> <p>Acceptable item mean range: <input type="text" value="0,00"/> to <input type="text" value="15,00"/></p> <p>Acceptable item correlation range: <input type="text" value="0,00"/> to <input type="text" value="1,00"/></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Correct the item-total score correlations for spuriousness</p> <p><input type="checkbox"/> Exclude items from the calibration if the number of valid responses is less than: <input type="text" value="100"/></p> </div>					

Figura 7.7.1 – Características da parte *Item Statistics* da aba *Estimation*.

As opções que surgem com o programa devem ser mantidas. Como explicado anteriormente, ao se descrever cada aba do programa, as opções apenas são modificadas se o usuário desejar incluir itens que podem vir a fugir do padrão encontrado pela maioria dos dados que seguem uma distribuição normal. Lembrando ainda que se o pesquisador estiver interessado em ter uma correlação mais “pura”, onde a correlação do item consigo mesmo no teste não influenciar as análises, deve marcar a caixa *Correct the item-total score correlations for spuriousness*.

A segunda parte da aba *Estimation (Theta Estimation Method)* é demonstrada a seguir.



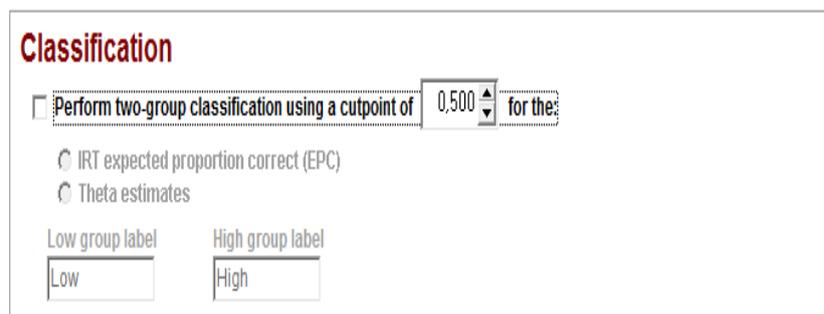
**Figura 7.7.2 – Características da parte *Theta Estimation Method* da aba *Estimation***

O método mais utilizado para a estimação de theta com uma distribuição normal é o de máxima verossimilhança (*Maximum Likelihood*), dessa forma esse será também o método utilizado para o exemplo. Lembrando que se o usuário estiver interessado em uma estimação para o teste completo e uma para cada domínio do teste deve marcar a caixa *Compute scaled scores*, isso fará com que o programa trabalhe com uma nova média e desvio-padrão estabelecidos pelo usuário.

A última aba *Output Format* analisada agora.

## 7.8 – Utilizando a aba *Output Format*

Essa aba tem por função auxiliar o usuário a selecionar o que quer que apareça no arquivo de saída e a forma com que a informação aparecerá. Veja a seguir as informações contidas nessa aba (*Classification* e *Output Options*).



**Figura7.8.1 – Parte *Classification* da aba *Output Format***

Em *Classification*, é possível classificar dois grupos (passaram ou não passaram). Essa estatística apenas será solicitada se o usuário estiver trabalhando

com um teste de caráter eliminatório. As informações nela contidas podem ser vistas na seção \_\_\_ do presente trabalho. A parte *Output Options* é apresentada a seguir.

**Output options**

Save the statistics output file as a:  CSV file  Tab delimited file

Save the scores output file as a:  CSV file  Tab delimited file

Save the test information output file as a:  CSV file  Tab delimited file

Save the item information output file as a:  CSV file  Tab delimited file

Produce plots of the IRFs for each item

Plot observed proportions as a  Line or  Points with  SE bands

Create equally sized score groups  Create interval-based score groups

Create  groups for the plot of the observed proportion correct

Create  groups for the chi-square fit statistic

Figura 7.8.2 – Parte *Output Options* da aba *Output Format*.

Aqui, o usuário deve deixar marcado apenas aquilo que quiser que o programa forneça no arquivo de saída. E deve selecionar também se o arquivo foi delimitado por vírgula ou tabulação.

## 8 – UTILIZANDO O ARQUIVO DE SAÍDA

O usuário, após realizar as modificações necessárias, deverá rodar os arquivos. Para isso deve simplesmente clicar na opção  que aparece no canto esquerdo inferior de qualquer aba. Caso não tenha erros nos comandos fornecidos ao programa, surgirá uma janela como a que se segue.

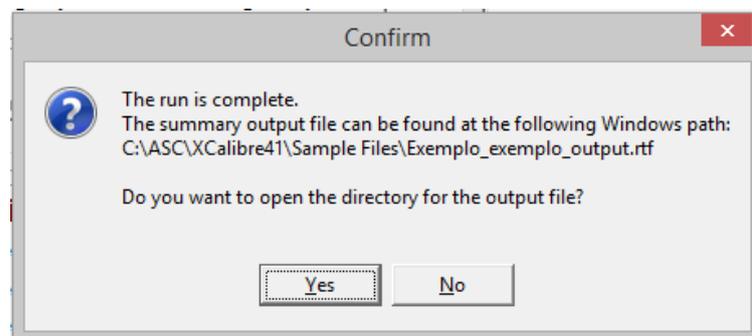


Figura 8.1 – Caixa de confirmação da finalização da análise e obtenção do arquivo de saída com os dados fornecidos pelo programa.

Note que ao clicar em “Yes”, o arquivo ainda não será aberto, mas a pasta destino onde o arquivo foi salvo será aberta. Dessa forma, o usuário deve apenas procurar o arquivo e dar um clique duplo sobre o mesmo para abri-lo.

## **9 – Interpretando os dados obtidos.**

O arquivo de saída terá o formato de um relatório das análises solicitadas, porém com os padrões utilizados pela empresa criadora do software. Por isso, é importante que o usuário selecione apenas aquilo que lhe for de interesse e faça as correções de normatização para a publicação dos dados. As interpretações do arquivo de saída caberá ao usuário do teste e os escores e parâmetros podem ser definidos conforme o Manual do programa inserido no Apêndice B da presente dissertação.

## **10 – Conclusão**

Este Manual integra a dissertação *Método para otimizar a aprendizagem no ensino médio usando o modelo de Rasch*. Ele é dirigido aos professores interessados em resultados mais precisos nas avaliações de seus alunos.

Ao empregar a TRI, especialmente o modelo de Rasch, é uma ferramenta que pode substituir a avaliação clássica, por sua maior precisão e detalhamento dos resultados.

Da mesma maneira ele pode orientar os especialistas curriculares, na seleção e ordenamento dos conteúdos, bem como a comunidade escolar participante dos projetos de avaliação nacional ENEM e SAEB, já inclusive adotantes da TRI.

Os dados podem ser processados pelo *software* Xcalibre, cujos procedimentos são aqui ilustrados passo a passo, para tornar mais fácil a tarefa.

José Maria F. de Farias

Dezembro de 2015

## REFERÊNCIAS

- A simple technique for estimating latent trait mental test parameters. *Educational and Psychological Measurement*, 36, 705-715. Mislevy & Bock, R. D. (1982).
- Adaptive EAP estimation of ability in a microcomputer environment. *Applied Psychological Measurement*, 6, 431-444. De Ayala, R. J. (2009).
- Baker, F. B. & Kim, S.-H. (2004). *Item response theory: Parameter estimation techniques (Second Edition)*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Bock, R. D. & Aitken, M. (1981). Marginal maximum likelihood estimation of item parameters: Application of an EM algorithm. *Psychometrika*, 46, 443-459. Bock, R. D. & Lieberman, M. (1970).
- Comparability of decisions for computer adaptive and written examinations, *Journal of Allied Health*, 20, 15-23. Lord, F. (1983).
- DIF detection and description: Mantel-Haenszel and standardization. In P. W. Holland & H. Wainer (Eds.), *Differential item functioning* (pp. 35-66). Hillsdale, NJ: Erlbaum. Lundz, M. E., & Bergstrom, B. A. (1991).
- Fitting a response model to n dichotomously scored items. *Psychometrika*, 35, 179-197. Bock, R. D., & Mislevy, R. J. (1982).
- Implementation of an EM algorithm in the estimation of item parameters. In D. J. Weiss (Ed.), *Proceedings of the 1982 item response theory and computerized adaptive*
- Item response theory parameter recovery using Xcalibre 4.1*. St. Paul MN: Assessment Systems Corporation. Jensema, C. J. (1976).
- Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society*, 39, 1-38. Dorans, N. J., & Holland, P. W. (1993).
- The theory and practice of item response theory*. New York: Guilford Press. Dempster, A. P., Laird, N. M., & Rubin, D. B. (1977).
- Unbiased estimators of ability parameters, of their variance, and of their parallel-forms reliability. *Psychometrika*, 48, 233-246. Guyer, R. & Thompson, N. (2011).