

FERRAMENTA DIA-DIAGNÓSTICO E INFORMAÇÃO DO ALUNO: UMA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO EM MATEMÁTICA

Renata Cardoso Pires de Abreu
Fundação Cecierj
rcpabreu@gmail.com

Patrícia Nunes da Silva
UERJ
nunes@ime.uerj.br

Chang Kuo Rodrigues
Universidade Severino Sombra
chang@powerline.com.br

Resumo:

No presente trabalho, apresentamos um protótipo de uma ferramenta de suporte à avaliação formativa, ferramenta DIA (Diagnóstico e Informação do Aluno), bem como alguns experimentos e análise dos resultados obtidos. O ato de avaliar, de forma diagnóstica, tem por objetivo subsidiar a permanente inclusão do aluno no processo educativo, na busca de resultados mais satisfatórios da aprendizagem. Verificar o desempenho do aluno por meio de instrumentos de coleta dados, com testes objetivos que possam fornecer um *feedback* das lacunas na aprendizagem apresentadas por ele, pode ser uma forma útil de prática avaliativa, no sentido de reorientar seu próprio processo ao aprender. Subjacente a essa ideia, encontra-se o objetivo para o desenvolvimento da ferramenta DIA: uma avaliação que proporciona um *feedback* (informação) regular para os alunos, apontando os objetivos envolvidos nos itens por ele respondidos e que ainda não foram alcançados. Em paralelo, também oferece aos professores a oportunidade de rever a sua ação pedagógica.

Palavras-chave: Avaliação; TRI (Teoria da Resposta ao Item); TAI (Testes Adaptativos Informativos); DIA (Diagnóstico e Informação do Aluno).

1. Introdução

Essa seção apresenta os aspectos teóricos da ferramenta DIA, quando destacaremos os três temas considerados centrais: a avaliação, a teoria da resposta ao item (TRI) e os testes adaptativos informatizados (TAI), no sentido de justificar a pertinência de buscarmos meios mais eficazes para avaliação em Matemática, em qualquer âmbito de nível de Ensino, em particular, um olhar mais atento para a Educação Básica.

Em resposta a esse procedimento, apresentaremos uma simulação da ferramenta DIA, em uma avaliação, seguindo os alguns descritores já conhecidos em avaliações de larga escala como, por exemplo, da prova SAEB, analisando os objetivos testados.

2. Avaliação

O processo de avaliação está relacionado à produção de informações sobre determinada realidade. Na prática escolar, usualmente, a avaliação tem sido reduzida a instrumentos que classificam para o sucesso ou para o insucesso escolar. No entanto, para Luckesi (2001, p.01), há três passos fundamentais para compreensão do ato de avaliar: “primeiro, constatar a realidade (desempenho do aluno), segundo, qualificar a realidade constatada (processo de comparação entre a realidade descrita e configurada) e terceiro, tomar decisão, a partir da qualificação efetuada sobre a qualidade constatada (aceitando a realidade com a qualidade com que se manifesta ou propondo algum tipo de ação para modificá-la).” Nesse sentido, o mesmo autor defende a avaliação diagnóstica quando diz que:

A atual prática da avaliação escolar estipulou como função do ato de avaliar a classificação e não o diagnóstico, como deveria ser constitutivamente. Ou seja, o julgamento de valor, que teria a função de possibilitar uma nova tomada de decisão sobre o objeto avaliado, passa a ter a função estática de classificar um objeto ou um ser humano histórico num padrão definitivamente determinado. (LUCKESI, 2010, p.34)

Diante desse contexto, entendemos que os conceitos de avaliação e de aprendizagem devem caminhar sempre de “mãos dadas”. A principal função da primeira é apoiar à segunda. A avaliação é um meio de distinguir o ensino do aprendizado. Ela também pode ser vista como uma ferramenta auxiliar para o aprendizado. Nesse sentido, é importante lembrar que os alunos também são responsáveis pelo aperfeiçoamento e crescimento de sua aprendizagem. No entanto, não é tarefa fácil, para o aluno, identificar, nos seus resultados, os progressos ou as dificuldades encontradas no desenvolvimento da sua aprendizagem. Para não ser um mero figurante em seu processo de aprendizagem, paralelamente à informação sobre seus próprios obstáculos durante a formação, o aluno deve também desenvolver a habilidade de refletir sobre eles e de tomar atitudes e decisões de como enfrentá-los e superá-los. Perrenoud (1999) dá grande destaque a essa habilidade e ressalta a importância em formar o aluno para a regulação de seus próprios processos de pensamento e aprendizagem.

Muitas vezes é necessário remodelar as formas de avaliar, criando mecanismos capazes de identificar os obstáculos que impedem a aprendizagem e, assim, criar novas

oportunidades de aprender, como afirmam Barnsford, Brown e Cocking (2000 apud PIMENTEL; OMAR, 2006).

A avaliação diagnóstica tem por objetivo subsidiar a permanente inclusão do aluno no processo educativo na busca de resultados mais satisfatórios da aprendizagem e, portanto, é uma avaliação de cunho formativo. Assim, intentamos em verificar o desempenho do aluno através de instrumentos de coleta dados, com testes objetivos que possam fornecer um *feedback* das possíveis dificuldades e lacunas apresentadas por ele, tendo em vista que pode ser uma forma útil de prática avaliativa para a reorientação da aprendizagem dos alunos. Subjacente a essa ideia encontra-se o objetivo para o desenvolvimento da ferramenta DIA (Diagnóstico e Informação do Aluno): avaliação que proporcione um *feedback* (informação) regular (junto ou não às notas) para os alunos.

A seguir, faremos uma breve síntese do que vem a ser os Testes Adaptativos Informativos (TAI) e a Teoria da Resposta ao Item (TRI), já que partimos de seus pressupostos teóricos para o desenvolvimento da ferramenta DIA (Diagnóstico e Informação do Aluno).

3. Testes Adaptativos Informatizados

As pesquisas de Raabe (2005) e Pimentel e Omar (2006) utilizam recursos computacionais na tomada de decisões sobre a mediação e regulação da aprendizagem, e propõem processos de avaliação formativa assistidos por computador.

Assim, com o apoio computacional, tornam-se mais factíveis as avaliações, com acompanhamento e orientação contínuos das participações dos alunos em atividades de aprendizagem propostas ao longo de um curso, tais como o desenvolvimento de projetos individuais ou em grupo e testes *online*. Os chamados testes adaptativos informatizados (TAI) são ferramentas de grande potencial e podem ser utilizados para esse fim. Nesses testes, cada aluno se depara com um conjunto de perguntas que é adequado ao seu nível de habilidade. Dessa forma, para cada um deles, as questões são dinamicamente selecionadas, levando em conta seu desempenho individual.

Geralmente, em um TAI, o item inicial é uma pergunta aleatória de dificuldade média. Se for respondida corretamente, a estimativa da capacidade do aluno aumenta. Uma vez que a estimativa de habilidade aumentou, presume-se que ele também será capaz de responder a uma pergunta mais difícil. Assim, segue-se uma questão mais desafiadora apropriada para esta nova estimativa mais elevada. Por outro lado, se a resposta fornecida

está incorreta, a estimativa de sua capacidade é reduzida e, conseqüentemente, uma pergunta mais fácil, que é adequada para esta nova estimativa mais baixa, é apresentada em seguida (LILLEY et al, 2004).

Desta feita, a ferramenta DIA tem como propósito oferecer um suporte à avaliação formativa, proporcionando informações aos alunos, apontando os objetivos de aprendizagem envolvidos nos itens por ele respondidos que ainda não foram alcançados. Na ferramenta DIA, os objetivos de aprendizagem associados a cada um dos itens, do Banco de Itens, encontram-se entrelaçados entre si. Direito, Pereira e Duarte (2010) afirmam que o estabelecimento dessas relações de dependência entre objetivos de aprendizagem em um determinado domínio de conhecimento permitem estruturar o processo de avaliação e sequenciar os processos de ensino e de aprendizagem. Dessa forma, cada aluno pode se tornar monitor do progresso de sua aprendizagem e de seu desempenho. Em paralelo, ela também oferece aos professores a oportunidade de utilizar essas informações para rever sua ação pedagógica.

De maneira geral, um teste adaptativo contempla essa estrutura. A incorporação da Teoria da Resposta ao Item (TRI) à testagem adaptativa torna possível estimar as habilidades dos candidatos com base nas suas respostas aos itens, desde que cumpridas características fundamentais dessa teoria.

4. Teoria da Resposta ao Item

O termo TRI, de acordo com Pasquali e Primi (2003), se refere:

[...] a uma família de modelos matemáticos que relaciona variáveis observáveis (itens de um teste, por exemplo) e traços hipotéticos não observáveis ou aptidões, estes responsáveis pelo aparecimento das variáveis observáveis ou, melhor, das respostas ou comportamentos emitidos pelo sujeito que são as variáveis observáveis. Assim, temos um estímulo (item) que é apresentado ao sujeito e este responde a ele. A resposta que o sujeito dá ao item depende do nível que o sujeito possui no traço latente ou aptidão. Desta forma, o traço latente é a causa e a resposta do sujeito é o efeito. Agora, para se poder estimar, a partir da resposta dada pelo sujeito, o seu nível no traço latente, é preciso que se hipotetizem relações entre as respostas observadas do sujeito e o seu nível neste mesmo traço latente. (PASQUALI; PRIMI, 2003, p.102)

Uma característica marcante dessa teoria é a invariância dos parâmetros dos itens. A habilidade e os parâmetros dos itens são estimados a partir das respostas de um grupo de alunos submetidos a esses itens. E, uma vez estabelecida a escala de medida da habilidade,

os valores dos parâmetros dos itens não mudam, isto é, seus valores são invariantes a diferentes grupos de respondentes, desde que os alunos destes grupos tenham suas habilidades medidas na mesma escala.

A ferramenta DIA está concebida como um TAI, baseado na TRI. Para tal, inicialmente foi desenvolvido um protótipo para verificar se, a partir de uma escala de objetivos proposta e de um banco de itens a ela associado, o algoritmo desenvolvido provê um diagnóstico com informações das dificuldades apresentadas pelo aluno testado.

Na TRI, o que diferencia os modelos é a expressão matemática adotada para a relação (admitida existente) entre o nível de habilidade do respondente e certas características do item que será respondido. No caso do modelo logístico de três parâmetros (ML3P), conforme apresentado por Andrade, Tavares e Valle (2000), a probabilidade de acerto do item por um indivíduo com habilidade θ é dada por:

$$P(U = 1 / \theta) = c + (1 + c) \frac{1}{1 + e^{-Da(\theta - b)}} \quad (1)$$

onde:

- U é uma variável aleatória dicotômica que assume os valores 0 ou 1 indicando que o item foi incorreto ou corretamente respondido respectivamente.
- θ representa a habilidade (traço latente) do indivíduo.
- $P(U = 1 / \theta)$ é a probabilidade de um indivíduo com habilidade θ responder corretamente o item.
- b é o parâmetro de dificuldade do item.
- a é o parâmetro de discriminação do item.
- c é o parâmetro do item que representa a probabilidade de indivíduos com baixa habilidade responderem corretamente ao item (probabilidade de acerto casual).
- D é um fator de escala.

No protótipo da ferramenta DIA, utilizamos o modelo de três parâmetros, da Teoria de Resposta ao Item, para indicar o desempenho do aluno (informações) relacionado com a sua habilidade em um determinado conteúdo.

5. O PROTÓTIPO DA FERRAMENTA DIA

Diferente da maioria dos TAI baseados na TRI, a escala, subjacente ao TAI desenvolvida para o protótipo, tem o propósito de viabilizar o diagnóstico da aprendizagem do aluno em oposição a sua classificação. A construção da escala de objetivos envolveu os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), as matrizes de referência do SAEB, a reinterpretação de descritores da matriz de referência, como objetivos e a elaboração de outros objetivos. Ela está estruturada em quatro camadas: Temas, Competências, Habilidades e Objetivos. A camada de objetivos é uma peça chave na determinação do diagnóstico, já que, como bem expõe Luckesi (2010):

[...] com a função diagnóstica, [...], ela (*a avaliação*) constitui-se num momento dialético do processo de avançar no desenvolvimento da ação, do crescimento para a autonomia, do crescimento para a competência etc. Como diagnóstica, ela será um momento dialético de "senso" do estágio em que se está e de sua distância em relação à perspectiva que está colocada como ponto a ser atingido à frente. (LUCKESI, 2010, p.35. *Grifo nosso*)

Acreditamos que, para consolidar uma habilidade em determinado conteúdo, devemos utilizar objetivos bem definidos a ele associados. A definição clara e estruturada de objetivos, considerando a aquisição de conhecimento, fornece uma direção no processo de ensino para a escolha adequada de estratégias, métodos, instrumentos de avaliação e, conseqüentemente, para uma aprendizagem efetiva e duradoura.

Ferraz e Belhot (2010) destacam duas vantagens do trabalho com objetivos:

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

(FERRAZ; BELHOT, 2010, p.422)

Além disso, acreditamos que o uso de objetivos definidos oferece um bom apoio ao esforço de compatibilizar testes de avaliação com conteúdos de ensino.

Entendemos que, para identificar as dificuldades pontuais (mais específicas), encontradas na resolução dos itens que avaliam essas habilidades, é necessária a criação de

objetivos que apontem essas dificuldades e equívocos. De acordo com Gitirana (2004, p.75), “a explicitação dos objetivos é um dos pontos essenciais para o planejamento e para a avaliação”. Criamos objetivos com o intuito de especificar e descrever de forma mais detalhada as ações inerentes aos conteúdos. Vale ressaltar que utilizamos alguns descritores do SAEB, transformando-os em objetivos.

Lembramos que não há uma hierarquia solidificada entre os conceitos, nem tampouco entre os objetivos. E, também, não esgotamos todos os possíveis objetivos na criação da escala para o protótipo.

A construção da escala de objetivos criada para o protótipo foi de grande importância na análise para a possibilidade de a ferramenta DIA existir. Deve-se a eles a captação dos erros, apontando as dificuldades e deficiências encontradas. Vale ressaltar, conforme afirma Gitirana (2004, p. 78), “que nem sempre o aluno não alcançar um objetivo significa que o problema esteja no seu entendimento da noção ou do conhecimento em foco”.

No momento da construção da escala, ao conceber e definir os diferentes objetivos relacionados aos conceitos matemáticos escolhidos (perímetro, área e volume), procuramos não nos restringir a situações em que um conhecimento de um determinado conteúdo favorecesse o conhecimento de outro, ou de que o conhecimento de um conteúdo não seja possível sem o conhecimento de outro. Procuramos, naquele momento, definir elementos que tanto permitissem o refinamento da análise quanto se constituíssem em elementos necessários e inerentes ao desenvolvimento de habilidades, na perspectiva dos conteúdos associados ao tema tratado.

6. EXPERIMENTOS

Os experimentos foram realizados por meio de simulações de respondentes bem como de suas respostas às questões propostas pelo algoritmo. O estudo simulou o comportamento de 23 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, com habilidades conhecidas (de -3 a 3). Esses valores foram usados apenas para a simulação da resposta dos respondentes. Para simular a resposta de um respondente de habilidade conhecida a um item com três parâmetros foi gerado um número k , no intervalo entre 0 e 1, aleatoriamente. A probabilidade p de esse aluno responder corretamente a esse item foi calculada pela TRI, usando o modelo de três parâmetros (EGGEN; STRAETMANS, 2000). Se p fosse maior ou igual a k , o item era considerado corretamente respondido. Caso

contrário, o item era computado como incorretamente respondido. Foi criado um algoritmo que descreveu os procedimentos de seleção das questões e o mecanismo de refinamento que subsidiou o diagnóstico final. (ABREU, 2012)

7. Análise

Para ilustrar o funcionamento do protótipo, passamos, agora, a descrever os dados utilizados na análise do aluno com habilidade $\theta = -2,25$.

A iteração 0 foi chamada de calibração. Foi utilizada para selecionar, através das respostas dadas ao bloco de itens inicialmente apresentado, quais objetivos seriam testados. Como a habilidade do aluno não é conhecida pela ferramenta de diagnóstico, estabelecemos, no algoritmo, a habilidade inicial média ($\theta = 0$) para habilidade conhecida $-2,25$. Foi determinado que, nessa etapa, seriam selecionados 10 itens, aleatoriamente. Todos os itens referentes ao 9º ano.

Foram geradas as respostas conforme a tabela a seguir:

Tabela 1: Respostas aos itens

Resposta	Nº item	b	Nº objetivos				
0	202	-1,5	210	0	0	0	0
0	185	1,0	194	185	165	187	213
0	124	0,5	159	174	168	170	194
0	173	1,5	194	192	185	165	171
0	209	-1,0	212	116	208	0	0
0	131	0,0	194	0	0	0	0
0	126	0,0	164	193	0	0	0
0	139	0,0	194	192	165	0	0
1	94	-1,5	159	187	174	168	0
1	38	1,0	123	176	120	0	0

Fonte: Dados da pesquisa

Nessa tabela, Tabela 1, podemos observar: o número dos itens do banco, a resposta de cada item (correta (1) ou incorreta (0)), o valor do nível de dificuldade de cada item (parâmetro b) e os números dos objetivos que estão relacionados ao item.

Com a intenção de apontar, através do diagnóstico, o(s) objetivo(s) ainda não atingido(s) pelo aluno, procuramos observar e perseguir apenas os itens respondidos incorretamente por ele.

Esse processo se repete até que se alcance um refinamento suficiente para o diagnóstico ou haja uma iteração com 100% de acerto. Entendemos por “refinamento suficiente para o diagnóstico”, itens com apenas um ou dois objetivos, respondidos de forma incorreta.

A ocorrência de uma iteração com 10 itens (I10), selecionados aleatoriamente dentre todos os itens do banco (e não somente dentre aqueles compostos por objetivos associados a itens previamente respondidos incorretamente), indica o início de um novo processo de diagnóstico.

Como exemplo, vamos nos deter na análise de uma etapa de diagnóstico deste aluno com habilidade igual a -2.25. Chamamos de etapa ao bloco de iterações que se inicia com o conjunto de novos objetivos para serem testados (respondido corretamente ou incorretamente em itens com mais de um objetivo), ou diagnosticados (respondidos incorretamente em itens que permitem o diagnóstico). Essa etapa foi composta de 7 iterações, após a calibração (iteração 0). A primeira iteração se iniciou com nova habilidade (calculada na etapa calibração) passando a -2.09 (para habilidade conhecida -2.25). Dentre os objetivos testados, os objetivos listados abaixo estavam associados a itens respondidos incorretamente:

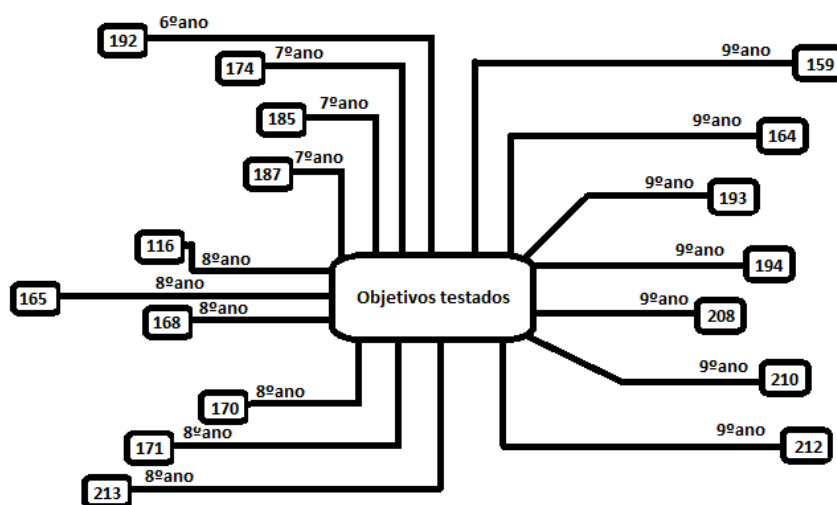
Tabela 2: Objetivos respondidos incorretamente

116	159	164	165	168	170	171	174	185	187	192	193	194	208	210	212	213
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fonte: Dados da pesquisa

Após as 7 iterações de refinamento, finalizando o teste (TAI), nessa etapa, o diagnóstico fornecido pela ferramenta DIA foi apresentado em forma de diagrama. Na Figura 1, vemos todos os objetivos que foram testados.

Figura 1 – Objetivos Testados



Fonte: Dados da pesquisa

Legenda: Lista dos **objetivos testados**.

De **nono ano**:

- 120 Determinar a razão de semelhança entre dois polígonos;
- 123 Reconhecer que a razão entre os volumes de dois sólidos semelhantes é igual ao cubo da razão de semelhança;
- 159 Calcular área utilizando a resolução de equações do 2º grau;
- 164 Resolver problema que envolva o volume de paralelepípedos (cubos);
- 193 Efetuar operações com radicais (raiz quadrada; raiz cúbica);
- 194 Resolver equações polinomiais do 2º grau;
- 208 Aplicar as relações métricas do triângulo retângulo na resolução de exercícios;
- 210 Aplicar as razões trigonométricas na resolução de problemas;
- 212 Reconhecer o Teorema de Pitágoras e utilizá-lo na resolução de problemas.

De **oitavo ano**:

- 116 Descrever por meio de uma expressão algébrica o comprimento (perímetro) de uma figura geométrica;
- 165 Descrever por meio de uma expressão algébrica o volume de uma figura geométrica;
- 168 Empregar o valor numérico real em uma expressão algébrica;
- 170 Operar com polinômio;
- 171 Aplicar os casos de produtos notáveis;
- 187 Resolver equações polinomiais do 1º grau;
- 213 Resolver equações polinomiais utilizando o conceito de equações equivalentes.

De **sétimo ano**: 174 Resolver e dar o conjunto-verdade de equações, observando restrições;

176 Aplicar a propriedade fundamental das proporções;

185 Operar com números racionais.

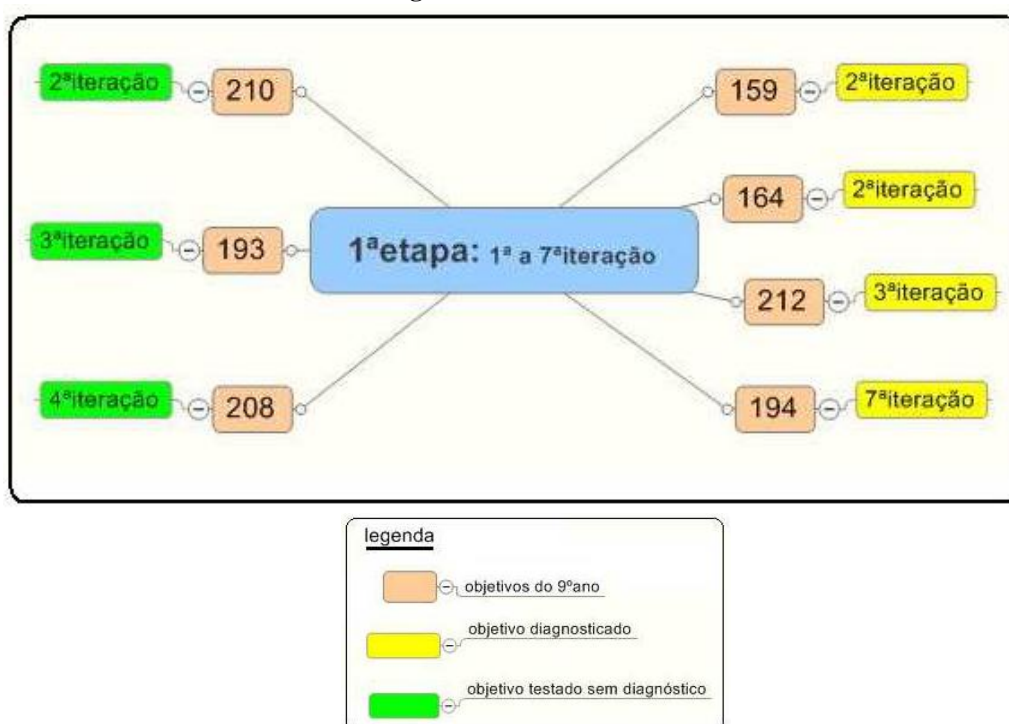
De **sexto ano**:

192 Efetuar operações com potências.

Como utilizamos nesse exemplo um aluno do 9ºano, a interpretação, a partir desse diagnóstico, para ações que possam ajudar ao aluno, deve ser feita com foco neste ano.

Desses objetivos, apenas os objetivos: 159; 164; 193; 194; 208; 210 e 212 se referem ao 9º ano. Esses objetivos foram destacados no quadro da Figura 2:

Figura 2 – Grafo do Teste



Fonte: Dados da pesquisa

Esse quadro, Figura 2, organiza todos os objetivos que foram testados ou diagnosticados até a sétima iteração. Destacamos, em amarelo, em qual iteração o objetivo foi diagnosticado e, em verde, a iteração em que o item foi respondido de forma correta com apenas um objetivo sendo testado.

Uma possível ação posterior à interpretação desse diagnóstico é propor itens apenas com os objetivos 170 (operar com polinômio) e 174 (resolver e encontrar o conjunto-verdade de equações, observando restrições). Esses objetivos estão entrelaçados ao objetivo 159 (calcular área utilizando a resolução de equações polinomiais do 2º grau) e esse objetivo foi identificado no diagnóstico.

Da mesma forma, podemos observar o objetivo 194 (resolver equações polinomiais do 2º grau) que pode aparecer entrelaçado aos objetivos 185 (operar com números racionais), 171 (aplicar os casos de produtos notáveis).

Essa simulação não só identifica objetivos associados a possíveis lacunas de aprendizagem como também apresenta-os em sua estrutura entrelaçada que permite indicar possibilidades e caminhos de superação dessas lacunas.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferentes possibilidades de aprender, por diversos meios, indicam que o processo de ensino e de aprendizagem é complexo, mas devem ser viabilizado com estratégias que permitam ao aluno mais controle e reflexão sobre seu próprio processo de aprendizagem. Para proporcionar essa reflexão, o processo deve ser ajustado às necessidades e às características individuais de cada um deles. Os testes adaptativos informatizados (TAI) têm se mostrado como ferramentas de grande potencial nesse processo. O diagnóstico proposto no ensaio da ferramenta DIA conjugou a análise dos erros com os TAI, mostrando um caminho na direção por soluções que minimizem os obstáculos na aprendizagem da Matemática. Reconhecer um obstáculo ou verificar que ainda não compreendeu algo é uma habilidade de grande importância para o desenvolvimento da aprendizagem. Reforçar as capacidades do aluno para refletir sobre seus equívocos, é outro aspecto igualmente importante.

O diagnóstico pode auxiliar o trabalho de planejar-avaliar-replanejar da atividade docente, conduzindo o professor a uma maior compreensão do desenvolvimento da aprendizagem do aluno. Para o aluno, o diagnóstico pode ser um sinalizador dos objetivos ainda não alcançados por ele naquela etapa.

A ferramenta DIA coloca os professores a par da importância de se trabalhar com objetivos que descrevem os conteúdos a serem desenvolvidos e permitem um *feedback* das avaliações da aprendizagem. O uso de uma ferramenta como o DIA representa, apenas, mais uma alternativa dentro do leque de instrumentos e técnicas disponíveis ao professor para o acompanhamento do aluno e avaliação de sua aprendizagem.

Referências

- ABREU, R. C. P. **Ensaio da Ferramenta DIA – Diagnóstico e Informação do Aluno**. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Computacionais) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- BARNSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R. **How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School**. expanded. Washington, DC: National Academies Press, 2000.
- COSTA, D. R. **Métodos estatísticos em testes adaptativos informatizados**. 107 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- DIREITO, I; PEREIRA, A. M. S.; DUARTE, M. O. A representação do conhecimento e competências: contributos da psicologia cognitiva para sistemas de aprendizagem apoiados por computador. In: Minho: [s.n.], 2010. (Actas do VII Simpósio Nacional de Investigação em Psicologia Universidade do Minho), p. 2552–2560.
- EGGEN, T.; STRAETMANS, G. Computerized adaptive testing for classifying examinees into three categories. **Educational and Psychological Measurement**, v. 60, n. 5, p. 713–734, 2000.
- FERRAZ, A. P. D. C. M.; BELHOT, R. V. **Taxonomia de Bloom**: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, Scielo, v. 17, p. 421 – 431, 2010.
- FERREIRA, F. F. G. **Escala de Proficiência para o ENEM utilizando a Teoria da Resposta ao item**. 107 f. Dissertação (Mestrado em Matemática e Estatística) Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.
- GITIRANA, V. **Práticas avaliativas e aprendizagens significativas**. 2 ed. Porto Alegre: Mediação, 2004.
- LILLEY, M.; BARKER, T.; BRITTON, C. The development and evaluation of a software prototype for computer-adaptive testing. **Computers & Education**, v. 43, n. 1–2, p. 109–123, 2004.
- LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições**. 21 ed. São Paulo: Cortez, 2010.
- PASQUALI, L.; PRIMI, R. **Fundamentos da teoria da resposta ao item: TRI**. *Avaliação Psicológica*, scielo pepsic, v. 2, p. 99–110, 12 2003.
- PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola**. Trad. Bruno Charles. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PIMENTEL, E.; OMAR, N. Métricas para o mapeamento do conhecimento do aprendiz em ambientes computacionais de aprendizagem. In: Brasília: [s.n.], 2006. (Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação), p. 247–256.