

A aprendizagem de conteúdos científicos e tecnológicos em uma intervenção educacional

The scientific and technological content's learning on an educational intervention

Amanda Amantes¹

Universidade Federal da Bahia- UFBA
amandaamantes@gmail.com

Geide Coelho

Universidade Federal do Espírito Santo- UFES
geidecoelho@gmail.com

Rafael Marinho

Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG
raamarinho@gmail.com

Resumo

Nesse trabalho relatamos como o entendimento sobre conteúdos de natureza científico-escolar, tecnológica e híbrida progride em uma intervenção educacional. Uma unidade temática sobre o funcionamento da televisão foi desenvolvida para ser aplicada para os alunos do primeiro e terceiro ano do ensino médio de uma escola pública federal. Consorciamos métodos qualitativos e quantitativos para analisar os testes de conhecimento aplicados antes e depois do estudo da unidade temática. Verificamos a mudança no entendimento em termos das diferenças dos parâmetros dos itens estimados pelo modelamento *Rasch*. Identificamos características dos itens que correspondem a possíveis preditores da aprendizagem, testados em outra análise. Nossos resultados apontam que houve aprendizagem nos três domínios, mas ela é maior para conteúdos de natureza híbrida. Também identificamos que as características dos itens que proporcionaram maior aprendizagem estavam relacionados ao seu conteúdo e a recorrência da abordagem.

Palavras-chave: aprendizagem, ciência e tecnologia, métodos quali-quantitativos

Abstract

We report in this paper the understanding's improvement of high school students on an educational intervention that embraces knowledge of scientific-school, technologic and hybrid domains. We investigated learning about how television works, through tests applied before and after instruction. Three categorical systems were elaborated to classify answers. The change on understanding was identified from differences between the items parameters estimated through *Rasch* models. The characteristics of the items were investigated as possible learning predictors, which were tested in another analysis. Ours results appoint that learning happened on three domains, but it was greater on hybrid. The characteristics related to study's frequency and the type of content influence learning.

Keys-word: learning, science and technology, quali-quantitative methods

Introdução

A perspectiva para o Ensino de Ciências tem mudado significativamente nas últimas décadas. Abordagens contextualizadas que incorporam elementos cotidianos e tecnológicos,

¹ Apoio CNPq

assim como aspectos sociais, culturais e históricos têm sido cada vez mais reportadas em propostas curriculares. Essa tendência se assenta na visão da Ciência como produto do contexto econômico, político e social KRASILCHIK (1987) e, por isso, ela deve ser um instrumento que favoreça a formação geral do indivíduo, possibilitando a ele o acesso a um conhecimento que se insere no contexto amplo da sociedade vigente.

A proposição de formação geral no lugar da específica, referendada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999), assim como por outros documentos de regulamentação do ensino brasileiro, acaba por promover direcionamentos em relação ao tipo de abordagem que devemos fazer quando ensinamos diversos conteúdos. Em se tratando das disciplinas científicas, a perspectiva tecnológica tem sido incorporada em muitas propostas.

A questão da inserção do conhecimento tecnológico passa a se constituir em um dos pontos para se pensar no ensino de Ciências voltado para a alfabetização científica. As abordagens têm sido discutidas quanto a sua validade em um mundo cada vez mais dinâmico e tecnológico. O movimento interdisciplinar, assim como os de natureza CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) se configuram como preponderantes no cenário de educação, nacional e internacional.

Entretanto, a apropriação de conhecimentos de natureza tecnológica no domínio científico deve ser pensada em termos de que tipo de mudança estamos promovendo e que implicações teremos com essas mudanças. Nesse sentido, há discussões e reflexões recorrentes em relação ao currículo, pautadas na natureza, associação, distinção e limites dos dois tipos de conhecimento: científico e tecnológico (CACHAPUZ, 2008). As questões levantadas focalizam a relevância dos conteúdos enquanto saberes distintos, mas de valor para formação (VRIES, 2005; COMPTON, 2004; ROPOHL, 1997; MILLAR 1996; HERSCHBACH, 1995) e a integração dos conteúdos como algo imprescindível para compreensão de preceitos científicos em um contexto atualmente tecnológico (PETRINA et al., 2008; COLLUCCI-GRAY ET AL., 2006; MORTIMER 2000; REIS, 1995).

Algumas investigações apontam diversos desafios para a implementação de abordagens de caráter científico-tecnológico: Mortimer e Santos (2002) reconhecem que “*em geral, a tecnologia é reduzida apenas a seu aspecto técnico*” nas abordagens CTS; Oliveira e Vianna (2006) apontam que há uma defasagem entre os conteúdos estudados na escola e o que tem se divulgado na mídia em relação a descobertas científicas e tecnológicas. Nesse caso, há um distanciamento dos conteúdos escolares em relação à vida prática: “*Estudantes de sucesso em ciências no ensino médio acumulam grande quantidade de conhecimento passivo, mas com frequência e surpreendentemente apresentam pouco do que Layton (1992) chama de ação prática*” (FENSHAM, 1994). Amantes (2009) aponta que a abordagem tecnológica propicia, sobretudo, a aprendizagem não formal de conteúdos científicos.

Dentre as justificativas a favor do ensino de tecnologia, a ênfase é maior no reconhecimento de que a influência da dimensão tecnológica na vida atual é crescente e irreversível. Segundo Reis (1995), “*a tecnologia definitivamente invadiu nossas vidas*”, e “*o acesso ao mundo e à cultura contemporânea exige um cuidadoso tratamento escolar dos processos tecnológicos*” (Reis, 1995, p. 22). Muitos autores propõem argumentos econômicos, sociais, ambientais, políticos, morais e educacionais para justificar a importância da inserção do conhecimento tecnológico no ensino. Segundo Mortimer e Santos (2002), Bybee (1987) identifica basicamente três objetivos gerais das propostas CTS: i) aquisição de conhecimentos, ii) utilização de habilidades e iii) desenvolvimento de valores. Aprender conteúdos de ciências e tecnologia propiciaria aos alunos obter e interpretar informações que fazem parte dos discursos do campo político, social, econômico, cultural e ambiental.

Entretanto atender essa nova perspectiva de ensino não é simples: requer pensar e refletir sobre muitos aspectos, dentre eles a própria natureza desses dois tipos de conhecimento, em que medida eles se imbricam e quais as implicações de promover uma

instrução que integre parâmetros científicos e tecnológicos (AMANTES, 2009). Também “é necessário fazermos uma avaliação crítica sobre a tecnologia, sua constituição histórica e sua função social, no sentido de não só compreender o sentido da tecnologia, mas também de repensar e redimensionar o papel da mesma na sociedade”(SILVEIRA E BAZZO, 2007, pag.683).

Auler (1998) pontua alguns desafios para a proposição de abordagens CTS no cenário brasileiro, dentre eles a formação de professores em termos de conteúdos e sua falta de compreensão sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, o enfoque do ensino nos exames de seleção e a escassez de material didático pedagógico, dentre outros. Em relação a materiais didáticos, MARTIN *et al.* (2011) relata que muitos autores de livros na área de química não mencionam a relação da tecnologia com os conteúdos dessa disciplina ou a apresentam como ciência aplicada, em uma ótica predominantemente positivista.

Acrescente-se a esses, o desafio de propor abordagens que *realmente* contemplem o objetivo de relacionar os conteúdos formais das Ciências a conteúdos que subtendem uma lógica de entendimento distinta, como é o caso da área de tecnologia ou do conhecimento cotidiano. Isso requer pensar nas dimensões que compreendem os dois campos de conhecimento e não tomar a postura convencional, como colocado por Bazzo, Von Linsingen e Pereira (2003), da tecnologia como resultado da aplicação de leis Físicas e Químicas. Para López e Cerezo (2004) adotar essa perspectiva é conceber a aplicação tecnológica como posterior a uma fundamentação científica teórica confiável, e isso implica na visão da tecnologia como simples aplicação de preceitos científicos.

Tendo em vista a discussão sobre a dificuldade em se promover o ensino dos conteúdos científicos em meio ao contexto da educação geral e da alfabetização tecnológica, acreditamos que a definição e delimitação desses dois tipos de conhecimento é essencial para melhor fundamentarmos propostas curriculares com enfoque tecnológico. Algumas pesquisas têm sido realizadas no sentido de verificar as concepções acerca desses campos. Alonso *et al.* (2010), em uma investigação sobre as atitudes e crenças dos estudantes sobre a natureza da ciência e tecnologia, reporta uma certa superficialidade do pensamento desses estudantes.

Em nossa pesquisa partimos do pressuposto que Ciência e Tecnologia são áreas do conhecimento com especificidades próprias e que podem se relacionar, promovendo a construção de um novo conhecimento que se configura na zona de imbricação (FENSHAN, 1994). O intuito do nosso trabalho é investigar como se efetua a aprendizagem de conteúdos de natureza científica-escolar, tecnológica e híbrida em uma intervenção educacional durante a qual um material de caráter contextual e interdisciplinar, com enfoque tecnológico, foi estudado.

Relatamos a análise sobre os efeitos de aspectos específicos dos conteúdos abordados que foram determinantes na aprendizagem, como, por exemplo, a frequência de abordagem e a natureza instrumental do conteúdo mobilizado em uma tarefa. Um trabalho nesse sentido busca, principalmente, entender aspectos do processo de aprendizagem em abordagens que integram distintas áreas, sendo relevante no sentido de fomentar discussões e reflexões acerca dos limites e possibilidades de propostas com esse viés.

A Pesquisa

Para investigar a aprendizagem de conteúdos de caráter formal das Ciências (da Física em específico) e de natureza tecnológica, foi desenvolvida uma unidade temática sobre a televisão. O objetivo do material foi manter o foco no princípio de funcionamento, e não utilizar o aparato para explicar fenômenos físicos específicos. A televisão foi concebida no material em termos de seus aspectos técnicos, físicos e tecnológicos, tendo conteúdos referentes a captura da imagem e do som, passando pelo seu transporte até a recepção e reprodução dos sinais.

A escolha do tema e do tipo de abordagem se baseou na perspectiva de favorecer “a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação” (BRASIL, 1999). A unidade incorporou elementos de diferentes áreas e campos do conhecimento, buscando integrar conteúdos de disciplinas diversas. Ela foi composta por material escrito e virtual, sendo esse último do tipo hipertexto, em que os alunos determinavam seu próprio caminho de estudo. Ainda fizeram parte da unidade, *applets* interativos sobre fenômenos específicos, vídeos sobre os processos gerais de captura, transmissão e recepção de sinais e simulações sobre movimentos e codificação de cores.

Nesse trabalho relatamos um dos aspectos investigados no processo de ensino-aprendizagem, que diz respeito a como características específicas do tipo de abordagem e dos conteúdos estão associadas ao progresso no entendimento.

Contexto

Para avaliarmos a aprendizagem sobre os conteúdos abordados na unidade temática, analisamos os dados de 147 alunos da primeira série (6 turmas) e 113 alunos da terceira série (5 turmas) do Ensino Médio de uma escola pública federal que foram submetidos à intervenção, totalizando em uma amostra de 260 participantes. O estudo foi realizado em aproximadamente 3 semanas, com 4 aulas de Física semanais. Os professores da disciplina conduziram o estudo do material e os estudantes trabalharam em grupos que variavam entre 2 a 7 componentes. As aulas de Física da escola eram centradas no aluno; isso quer dizer que na maior parte do tempo eles realizavam atividades e tarefas, sendo mais restrito o tempo de exposição do professor. Durante as aulas, os professores auxiliavam cada grupo em particular, esclarecendo dúvidas em relação às tarefas ou em relação ao conteúdo estudado.

Cada grupo teve acesso a um computador, onde o arquivo referente à parte virtual da Unidade foi explorado. A exploração foi livre, mas em todas as aulas uma série de tarefas foi feita individualmente e entregue ao final. As discussões de cada grupo foram gravadas em arquivo de áudio, a dinâmica das aulas foi registrada em caderno de bordo pela pesquisadora e todas as atividades, assim como pré testes e pós testes, foram copiadas e arquivadas para a pesquisa.

Metodologia

Os dados analisados para esse relato foram as respostas que os estudantes forneceram aos testes de conhecimento. Eles foram compostos por 3 questões discursivas, em que os estudantes deveriam expressar seu entendimento sobre conteúdos específicos e 31 questões dicotômicas, do tipo falso/verdadeiro, nas quais eles tinham que interpretar sentenças que diziam respeito a conceitos científicos ou a preceitos tecnológicos.

As respostas foram analisadas qualitativamente e quantitativamente. Para análise qualitativa, estabelecemos 3 sistemas de categorias: i) Categorias de Conteúdo para classificar as respostas dos estudantes; ii) Categorias de domínio de conhecimento e ii) Categorias da natureza dos itens para classificar os itens analisados.

O sistema de Categorias de Conteúdos foi construído na perspectiva docente com um refinamento de níveis hierárquicos de entendimento, baseados nos sistemas elaborados por Dawson (2004) para o tema Energia. Tal classificação foi fundamentada pela Teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980, 2008), no que diz respeito aos níveis hierárquicos de entendimento, determinados pela complexidade das relações estabelecidas entre diferentes elementos e construtos. Essa perspectiva de avaliar o entendimento em graus de complexidade das respostas é adotada por outros autores (BIGGS e COLLIS, 1982,1995; SAGLAM-ARSLAN, 2010; COELHO e BORGES, 2010; COELHO, 2011; AMANTES, 2009; RAPPOLT-SCHLICHTMANN *et all*, 2007; PANIZZON 2003; HOLMES, 2004) para

investigar a aprendizagem em diferentes situações de ensino. As questões analisadas por esse sistema foram:

- 1- *Explicita seu entendimento sobre o funcionamento da TV do ponto de vista da tecnologia e dos fenômenos físicos envolvidos.*
- 2- *Compare a TV que utiliza como princípio de funcionamento a tecnologia digital e a TV que funciona a partir da tecnologia analógica.*
- 3- *Diga o que você sabe sobre o funcionamento da TV de tubos de Raios Catódicos e a TV de Plasma, tentando explicitar as diferenças entre elas.*

Para cada uma das perguntas, alguns temas foram determinados por um processo de construção teórica de taxonomias e leitura das respostas. A classificação foi tomando o formato de temas e níveis hierárquicos que correspondem a uma ascensão do entendimento. Esses níveis foram estabelecidos como itens em uma escala qualitativa, associadas à escala do tipo *Guttman* (Guttman, 1944). O sistema categórico construído foi validado por pares em momento posterior. Devido à limitação de espaço e ao foco desse trabalho (que está na análise quantitativa), não iremos expor os sistemas construídos².

A utilização desse sistema se pauta na consideração de que podemos ter indícios sobre a aprendizagem através da avaliação do progresso do entendimento em um determinado espaço temporal (AMANTES, 2009; COELHO, 2011). Assim, a partir de uma escala de entendimento, podemos comparar os níveis em um instante com níveis em outro instante, identificando o ganho ou progresso, ainda que de maneira pontual. Consideramos que o processo é influenciado por fatores diversos, dentre eles o estado emocional, a familiaridade com os conteúdos, o suporte social e a própria história de aprendizagem (FISCHER, 2006). O entendimento, nessa perspectiva, se configura como um atributo latente, não mensurado diretamente por observáveis. Dessa forma, utilizamos como aporte metodológico modelos da teoria Rasch (1960), cujo foco está justamente na estimação de atributos dessa natureza.

Uma vez classificadas as respostas dos estudantes de acordo com o sistema construído, obtivemos uma matriz de dados dicotômicos, referentes à escala Guttman. As questões de falso e verdadeiro, também em formato dicotômico, foram incorporadas à matriz de respostas. O sistema de categorias hierárquicas, estabelecidas para as respostas abertas, juntamente com as questões de falso/verdadeiro, constituíram um conjunto de 82 itens. Os dados da matriz de respostas foram modelados por métodos da teoria *Rasch* (RASCH, 1960). A partir desse modelamento obtivemos medidas para os parâmetros de desempenho dos estudantes (proficiência) e dos itens (índice de dificuldade).

O outro sistema de categorização relativo ao domínio de conhecimento dos itens foi utilizado para classificar os 82 itens e validado por três pesquisadores da área de Física. O objetivo desse sistema foi avaliar qual tipo de conhecimento era mobilizado quando os estudantes resolviam os itens, focalizando em três domínios específicos: o científico-escolar, o tecnológico e o híbrido. O pressuposto que adotamos para nossa investigação é o de que a associação entre conhecimentos científicos e tecnológicos acaba por produzir uma nova área, distinta das duas e que se estabelece pelas relações entre os conteúdos (FESNHAM, 1990), preservando o caráter teórico das Ciências em conjunto com a funcionalidade característica da Tecnologia. Essa nova área diz respeito a um conhecimento que denominamos como Híbrido.

Distinguimos, portanto, o conhecimento Tecnológico do que nomeamos Científico-escolar e Híbrido. Na perspectiva desse trabalho, o conhecimento Tecnológico se refere ao conhecimento de processo, associado ao aspecto de funcionalidade em relação ao aparato ou

² Os sistemas podem ser entendidos a partir da descrição categórica em AMANTES e GOMES, 2010: “A avaliação do entendimento de estudantes através de Sistemas diferenciados de Categorias”; e em COELHO e BORGES, 2010: “Construindo uma escala para avaliar o entendimento dos estudantes em eletricidade”. A análise qualitativa do contexto é reportada em AMANTES e BORGES, 2011: “Identificando fatores que influenciam a aprendizagem a partir da análise do Contexto de Ensino”.

artefato tecnológico (COMPTON, 2004; BAIRD, 2002). O conhecimento Científico-escolar, por outro lado, tem o caráter conceitual, e está relacionado ao pensamento lógico e sistêmico e à capacidade de abstração (VRIES, 2005). Ele possui regras, linguagem e significados próprios (ROPOHL, 1997), muitas vezes distintos dos da vida ordinária ou cotidiana. O conhecimento Híbrido está associado à desconstrução do conhecimento já estabelecido e a reconstrução do novo conhecimento, referente não só aos conteúdos teórico-científicos, mas também à sua aplicação em situações práticas específicas. Ele não é específico de um ou outro domínio, pois se constitui em uma nova área de interseção dos dois tipos de conhecimento.

Dessa forma, admitimos que, na instrução realizada, ainda que integrados nos procedimentos e material de ensino, os conteúdos e conceitos estudados referem-se a dimensões distintas, que compreendem lógicas de pensamento específicas de cada área. Quando relacionados, seus significados são construídos em um outro contexto (FEHSHAM, 1990) e, por isso, sua integração tem implicações na forma como são aprendidos.

Esses dois sistemas foram utilizados na primeira análise dos dados. A partir dos parâmetros estimados pelo modelamento *Rasch*, identificamos o progresso em termos da mudança das medidas dos itens antes e após a instrução. Essa é uma forma de considerar progresso, ou seja, verificar o quanto o item fica “mais fácil” de uma ocasião para outra, considerando constantes os parâmetros dos sujeitos (BOND e FOX, 2007):

$$\ln\left(\frac{P_{nij}}{1 - P_{nij}}\right) = \theta_n - (\beta_i + \mu_j)$$

As medidas estimadas para os itens permitiram avaliar o progresso em cada um dos domínios específicos, a partir da diferença dos parâmetros (ganho). Elas fundamentaram a avaliação de quais características dos conteúdos abordados nos itens foram determinantes para a aprendizagem. Para identificarmos tais características, classificamos os itens utilizando o terceiro sistema de categorização, cujo enfoque foi na natureza dos mesmos:

1 - Natureza instrumental: os itens classificados como instrumentais foram aqueles que diziam respeito ao funcionamento ou descrição de um dispositivo.

2 - Complexidade do item: a complexidade foi avaliada em termos da natureza e quantidade de relações entre os elementos que o item compreende. O item foi classificado como mais complexo quando se referiu a um ou mais fenômenos cujas relações ou definições apresentaram nível mais profundo de entendimento. Três foram os níveis de complexidade: 1 - baixo, 2 - médio e 3 - alto.

3 - Natureza declarativa: procuramos avaliar se o item compreendia uma característica declarativa ou conceitual. Definimos a característica declarativa em termos de descrição, seja de um fenômeno ou instrumento. Quando o item se referiu a relações entre os conteúdos, ele foi classificado como conceitual, pois indica um entendimento mais estruturado.

4 - Nível de abordagem: diz respeito aos aspectos de um fenômeno ou dispositivo que foram enfatizados no estudo da Unidade. Se um fenômeno ou dispositivo foi estudado exaustivamente, com a mais completa abordagem possível em relação às suas características, o nível correspondente foi 3.

5 - Frequência de estudo: classificamos os itens de acordo com a frequência de estudo de seus conteúdos no decorrer da aplicação da Unidade. Essa frequência foi avaliada pelo número de vezes em que o conteúdo foi abordado nas atividades, discussões e nos conteúdos, de forma explícita ou subjacente. Para essa característica também separamos os itens em três níveis, sendo o terceiro aquele em que o conteúdo do item foi retomado em mais ocasiões e oportunidades no decorrer do estudo (mais de 3 vezes). O segundo nível corresponde àquele em que o conteúdo foi estudado de 2 a 3 vezes e o primeiro nível foi determinado por apenas um momento de estudo.

6 - Conteúdo: classificamos cada item conforme seu conteúdo:

a) *pti*: produção, transmissão e interpretação de sinais

- b) *dda*: descrição de dispositivo/artefato
- c) *exp*: explicação de processo
- d) *dec*: definição de conceito

Esses sistemas de categorias foram investigados do ponto de vista de diferença de média e testados enquanto preditores quando avaliamos o progresso do entendimento.

Análise dos Dados

Desenho da Análise

Os nossos dados brutos, analisados para esse trabalho, referem-se a respostas diretas dos estudantes fornecidas aos testes de conhecimento, aplicados antes e após a instrução. Esses dados, categorizados e transformados em dados de segunda ordem, foram utilizados para avaliar o progresso no entendimento pela diferença dos parâmetros dos itens de uma ocasião e outra. Esse progresso foi investigado para o domínio Tecnológico, Científico-escolar e Híbrido.

Uma análise de Regressão Múltipla foi feita para testar a influência dos preditores (originados do terceiro sistema de categorias) na aprendizagem, mas essa análise não é reportada nesse trabalho. Para maiores informações sobre o procedimento de regressão múltipla ver Amantes (2009).

Progresso no Entendimento segundo os Itens

Para avaliar o progresso no entendimento, inicialmente os parâmetros referentes ao desempenho dos sujeitos e à dificuldade dos itens foram estimados pelo modelamento *Rasch*, através do pacote estatístico do software CONQUEST (WU *et al.*,2007). Em seguida fizemos uma regressão linear dos valores estimados para a dificuldade dos itens na segunda ocasião em função dos valores estimados na primeira ocasião. O progresso foi investigado pela diferença entre os parâmetros de dificuldade dos itens, pela análise da variância da regressão linear e pelos índices das equações.

Em relação às regressões, constatamos que em todos os domínios elas apresentaram bons índices de explicação da variância ($R^2= 90,7\%$ no domínio Tecnológico, $R^2= 80,7\%$ no domínio Híbrido e $R^2=82,1\%$ no domínio Escolar), o que nos garante haver uma dependência linear das medidas do pós-teste em relação às do pré-teste.

Quanto aos índices das equações geradas para cada domínio, o coeficiente de inclinação foi menor do que 1 em todas, indicando que a medida inicial não explica todo o ganho, mas é responsável por parte da explicação, já que a existência do coeficiente implica em dependência das variáveis. Isso quer dizer que pessoas com muito ou pouco conhecimento inicial devem obter resultados distintos após o estudo. Nas equações de regressão, os coeficientes *b* menores que um nos revelam que as posições dos itens na escala de logit no pós teste não decresceram uniformemente em cada dimensão. De fato, se o coeficiente de inclinação fosse 1, isto indicaria um ganho (medida do pós-teste – medida do pré-teste) constante e negativo, revelando que cada item fica igualmente mais fácil no pós-teste. Entretanto, nem toda a variância é explicada pelas medidas no pré teste, o que significa que há diferenças entre os ganhos dos itens para cada domínio. Verificamos também que há uma correlação negativa entre o conhecimento inicial e o ganho de entendimento: quem tem maior entendimento inicial aprende menos com o estudo da Unidade.

Analisando a diferença entre os parâmetros dos itens em uma escala de *logit*, constatamos que o ganho médio no domínio Tecnológico foi **1,311**, no Híbrido **1,789** e no Escolar **1,178**³. Nos domínios Tecnológico e Híbrido tivemos itens cujo índice de dificuldade

³ Essas medidas dizem respeito à média das diferenças entre as medidas referentes aos índices de dificuldade dos itens na primeira e segunda ocasião, para cada domínio de conhecimento investigado.

aumentou, ao invés de diminuir. Os primeiros 4 itens se comportaram dessa forma (14,8 % do total) e no segundo apenas 1 (4 % do total). Nesses casos, podemos dizer que o estudo da Unidade confundiu ou desviou o foco de atenção para o entendimento dos conteúdos.

Verificamos que, em termos gerais, houve aprendizagem. Ela ocorreu em maior proporção no domínio Híbrido, seguido do domínio Tecnológico e por fim o domínio Escolar.

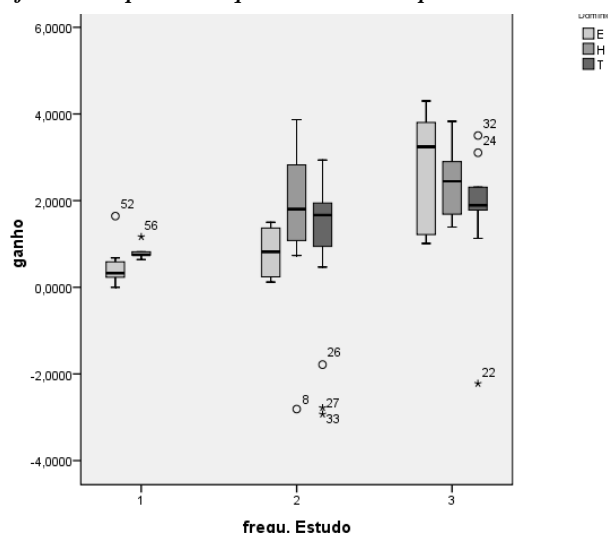
Aspectos da aprendizagem segundo os itens

Para avaliar alguns possíveis efeitos na aprendizagem, os critérios estabelecidos para classificação dos itens de acordo com o terceiro sistema de categorização foram analisados em relação às diferenças de média dos agrupamentos feitos para cada categoria.

Para avaliar se os grupos realmente se diferem em cada classificação, fizemos o teste ANOVA. Nossos resultados mostram que para os fatores *complexidade do item*, *natureza instrumental*, *nível de abordagem*, *relação com o cotidiano* e *natureza declarativa*, os grupos não diferem em relação à média de ganho (os itens separados por esses fatores possuem, em média, o mesmo ganho). Isso equivale a dizer que o fato de um item ser de natureza instrumental não é determinante na sua aprendizagem, ou que a característica declarativa de outro item não o distingue, em termos de melhor entendimento depois do estudo, de outro item de característica conceitual. Esse é um indício de que tais fatores não interferiram para aprendizagem dos itens no contexto de ensino da investigação.

Os fatores para os quais houve diferença entre o ganho médio dos grupos ou categorias foram os *de frequência de estudo e conteúdo*. A média de ganho dos itens que não foram abordados em muitas ocasiões, ou seja, de baixa frequência de abordagem, foi **0,619**. A média de ganho dos itens de razoável frequência de abordagem foi de **1,295** e o de alta frequência de abordagem **2,175**. O gráfico 1, mostra o ganho médio em cada domínio, para cada um dos grupos de frequência de estudo.

Gráfico 1- Grupos de Frequência de Estudo por Domínio



A maioria dos itens do domínio Escolar teve baixa frequência de abordagem, enquanto não houve incidência de nenhum item do domínio Tecnológico nessa categoria. Os itens do domínio Híbrido e Tecnológico tiveram maior representatividade na categoria de média frequência de abordagem, ou seja, foram revisitados pelo menos mais uma vez durante o estudo da Unidade. O ganho (média da diferença dos parâmetros nas duas ocasiões para cada domínio) é maior para os itens estudados mais vezes em todos os domínios. Em especial, no conjunto geral desses itens, os do domínio escolar apresentaram maior ganho. Ou seja, em relação à abordagem, os itens escolares que foram tão recorrentes como os itens dos outros domínios apresentaram maior aprendizagem. Para os itens de baixa frequência de abordagem

ou média frequência, houve maior ganho no domínio Híbrido. Em relação aos conteúdos, a tabela 01 nos mostra a média de ganho dos agrupamentos de itens. A tabela 02 nos fornece a quantidade de itens em cada domínio.

Média dos itens das Categorias de Conteúdo		
Característica do item referente ao conteúdo	Número de itens	Média
<i>exp</i> : explicação de processo	15	2,236800
<i>dec</i> : definição de conceito	16	0,696750
<i>dda</i> : descrição de dispositivo/artefato	21	1,994143
<i>pti</i> : produção, transmissão e interpretação de sinais	19	0,837789

Tabela 01: Descrição dos itens de acordo com o conteúdo

		Grupos de Conteúdo por Domínio				
		dda	dec	exp	pti	Total
Domínio	E	1	14	4	0	19
	H	17	2	2	4	25
	T	3	0	9	15	27
	Total	21	16	15	19	71

Tabela 02: Grupos de Conteúdo por domínio

Quanto aos conteúdos, os itens sobre explicação de processo, físico ou fenomenológico, foram os que tiveram maior ganho, seguido dos itens de descrição de dispositivo, itens sobre produção, transmissão e interpretação de sinais e por último os itens de definição conceitual.

O domínio que compreendeu maior número de itens de definição de conceito foi o Escolar, sendo o Híbrido predominantemente de descrição de dispositivo e o tecnológico de itens relacionados ao processo de produção, transmissão e interpretação de sinais. Podemos dizer que os itens do domínio Escolar são em sua essência itens que exigem uma habilidade conceitual mais elevada, uma capacidade em abstrair os conteúdos de maneira a estabelecer relações no processo de conceitualização. Os itens do domínio Tecnológico, por outro lado, estão estritamente relacionados à visão do processo como um todo e à explicação de cada processo em particular, sem a preocupação com definições. O Híbrido, por final, está mais relacionado à explicação de dispositivo: ele integra tanto a visão geral de funcionamento como conhecimentos específicos de conceitos.

Alguns itens do domínio Tecnológico e um do domínio Híbrido apresentaram ganho negativo. Eles diziam respeito à produção, transmissão e recepção de sinais ou à descrição de dispositivo. Pertencem à categoria de média ou alta frequência de abordagem. Esse resultado certamente contraria o esperado, pois itens dessa natureza deveriam ter um alto ganho. Isso pode ter ocorrido devido a dois fatores: i) tais itens possuíam uma característica em comum: são muito gerais ou muito fáceis, o que pode ter comprometido a análise do ponto de vista da metodologia empregada⁴; ou ii) houve realmente confusão dos estudantes em relação aos conteúdos dos itens que apresentaram tal característica, o que promoveu um baixo ganho.

⁴ Menos pessoas classificadas nessa categoria representa um baixo índice de acerto o que, para as questões abertas, não é o que necessariamente ocorre.

Nenhuma dessas possibilidades foi investigada. Contudo, acreditamos que tal resultado não compromete nossa análise porque somente 5 itens no universo de 71 apresentaram essa característica, além de terem os mesmos padrões que os outros itens em relação a todas às análises.

Resultados e Discussão

Nosso primeiro resultado é que o “ganho” nos itens decorrente do estudo da Unidade é explicado, mas apenas em parte, pela medida inicial dos índices de dificuldade. Essa parcialidade na explicação do ganho pela medida inicial do pré teste é razoável do ponto de vista educacional, pois pessoas com conhecimentos iniciais distintos deverão ter resultados diferentes após a intervenção. Isso nos indica que, no ambiente escolar, lidamos com diversos caminhos e possibilidades de promover o entendimento dos estudantes sobre os conteúdos que ensinamos. Qualquer que seja a abordagem, o caminho de entendimento é diferente para os sujeitos submetidos a uma mesma instrução.

Além disso, cada estudante construirá um entendimento distinto dos demais estudantes, que é pessoal e marcado pela sua história de aprendizagem. O resultado aponta ainda para uma dependência negativa entre os índices dos itens medidos no primeiro momento e o “ganho”. Essa é uma evidência de que a instrução foi mais favorável ao progresso do entendimento de conteúdos pouco familiares: quanto maior o entendimento inicial, menor o “ganho” em cada domínio.

Constatamos que, do ponto de vista das características dos itens, os únicos fatores que apresentaram uma parcela de influência foram a frequência de abordagem dos conteúdos desses itens e a própria natureza do conteúdo. Os itens que apresentaram conteúdos estudados em poucas ocasiões apresentaram significativamente menor ganho. Dentre eles, os do domínio Escolar representam a maioria. Contudo, quando identificados os itens desse domínio no conjunto de itens de alta frequência de abordagem, eles são os que apresentaram ganho médio maior. Isso significa que, dentre os itens escolares, a maior parte foi classificada na categoria de baixa frequência, que apresentou o menor ganho médio; mas quando olhamos para a categoria de alta frequência, os itens do domínio escolar se sobressaíram em termos de ganho.

Esse é um fator importante para explicar a menor aprendizagem constatada para o domínio Escolar, além de ser um indício de que, quando abordados com frequência, os conteúdos desse domínio são mais aprendidos. Esse efeito em especial indica as vantagens de abordagens recorrentes de conteúdos, ainda que em um curto período de tempo. Nessa perspectiva recursiva, alguns conceitos foram retomados várias vezes nas semanas de intervenção, sob diferentes pontos de vista e relacionados com elementos distintos em cada retomada, e como resultado eles foram mais bem entendidos ao final do estudo. Esse fator evidencia a necessidade de apresentar conteúdos em diferentes momentos no processo de ensino para promover formas diferenciadas de significação e conseqüente aprofundamento do entendimento.

Verificamos que a instrução favoreceu a aprendizagem de conteúdos nos três domínios, Tecnológico, Escolar e Híbrido, mas foi mais significativa para o último, já que a modificabilidade média ou o ganho médio foi maior. O domínio onde houve menor aprendizagem foi o Escolar, sendo esse resultado evidenciado pelo menor valor do ganho médio dos itens. Podemos interpretar esse resultado como sendo um indício de que o ensino mais geral, que contempla uma gama maior de domínios de conhecimento, favorece mais o aprendizado de conteúdos hibridizados, não específicos de uma ou outra área. Isso quer dizer que a Unidade possibilitou mais o aumento do entendimento que relaciona os conteúdos dos dois domínios (Escolar e Tecnológico) do que o aprofundamento no entendimento de conteúdos mais formais e especializados.

Esse resultado nos chama a atenção para a questão da elaboração de propostas de Ensino. Ao propor um ensino de Ciências com embasamento no conhecimento tecnológico, devemos considerar que o processo irá compreender uma reconstrução dos objetos teóricos científicos, e isso implica no desenvolvimento de habilidades e capacidades distintas tanto do âmbito do conhecimento tecnológico, como do âmbito do científico-escolar. Elas são próprias de um campo em que os dois tipos de conhecimento se relacionam, de maneira a formar um todo diferente das partes que o compõe.

Dessa forma, propostas de ensino com foco em conteúdos Tecnológicos devem avaliar a importância do conhecimento a ser aprendido, seja em termos econômicos, sociais ou culturais. Devemos discutir sobre o valor do que se ensina, pois uma adotar uma perspectiva dessa natureza é ir além de promover o ensino de “*conhecimentos/informações, necessários para uma participação mais qualificada da sociedade. Necessitamos, também, iniciar a construção de uma cultura de participação.*” (AULER e BAZZO, 2001).

Nesse sentido, o Ensino de Tecnologia não deve se restringir a um mero artefato de motivação para a aprendizagem de Ciências, pois aprender conteúdos dessa natureza requer um esforço de construir outros significados que não compreendem as mesmas especificidades dos significados científicos. Os conteúdos de tecnologia, incorporados em propostas curriculares, devem ter, por si só, importância enquanto conhecimento de valor para os estudantes.

Referências Bibliográficas

1. ALONSO, A. V.; MAS, M.A.; TALAVERA, M. Actitudes y creencias sobre naturaleza de la ciencia y la tecnología en una muestra representativa de jóvenes estudiantes. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 9, Nº 2, 333-352 (2010)
2. AMANTES, A. Contextualização no ensino de Física: feito sobre a evolução do entendimento dos estudantes. **Tese de doutorado**, UFMG, 2009, 275p.
3. AMANTES, A.; BORGES, O. Identificando que influenciam aprendizagem a partir da análise do Contexto de Ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.28, n.2, 2011, p.273-296.
4. AMANTES, A.; GOMES, E. A Avaliação do Entendimento de Estudantes através de Sistemas diferenciados de Categorias. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, XII, Águas de Lindóia, SP, 2010. IN Atas
5. AULER, D; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.
6. AULER, D.; BAZZO, W.. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto Educacional Brasileiro. *Ciência & Educação*, v.7, n.1, p.1-13, 2001
7. AULER, D. Movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS): modalidades, problemas e perspectivas em sua Implementação no ensino de física. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 6, *Resumos...*, Florianópolis, 1998.
8. BAIRD, D. Thing Knowledge – Function and Truth. **Techno: Journal of the Society for Philosophy and Technology**. v. 6, n. 2, 2002.
9. BAZZO, W. A. VON LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução aos estudos CTS** (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Madri: Organização dos Estados Ibero-americanos, 2003.
10. BIGGS, J. Assessing for learning: Some dimensions underlying new approaches to educational assessment. **The Alberta Journal of Educational Research**, v.41, n. 1, 1995, p. 1-17.
11. BIGGS, J.; COLLIS, K. **Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy**. New York: Academic Press, 1982.

12. BOND, G. T., & FOX, C. M.(2007). *Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human Sciences* – 2.ed. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 340p.
13. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC, 1999.
14. BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais - Apresentação** – versão ago. 1996, p. 34.
15. BRIGGS, J.; Wilson, M. An introduction to multidimensional measurement using *Rasch* models. In: SMITH, E.; SMITH, R. (Eds.) **Introduction to Rasch measurement**. Theory, models and applications. Maple Grove, MN: JAM Press, 2004, p. 322-341.
16. BRUNER, Jerome.: In **Search of Mind: Essays in Autobiography**. Publisher: Harper & Row. Place of Publication: New York. Publication Year: 1983.
17. BYBEE, Rodger. The Sisyphean Question in Science Education: What should the Scientifically and Technologically Literate Person Know, Value and Do-as a Citizen? In: BYBEE, Rodger (Ed.). **Science-Technology-Society**. Washington, DC: National Science Teachers Association, 1985.
18. CACHAPUZ, et al. Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o Caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.1, n.1, p. 27-49, mar.2008.
19. COELHO, G. R.; BORGES, O. Construindo uma escala para avaliar o entendimento dos estudantes em eletricidade. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, XII, Águas de Lindóia, SP, 2010. IN Atas
20. COELHO, G. R. A evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade: um estudo longitudinal, 2011. Tese de Doutorado (Doutorado em Educação)- Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
21. COMPTON, V.J.; HARWOOD, C.D. Moving from the one-off: Supporting progression in technology. **Research Information for Teachers**. v. 1, p.23– 30, set. 2004.
22. DAWSON, T. L.; WILSON, M. The LAAS: A computerized developmental scoring system for small - and large-scale assessments. **Educational Assessment**, v. 9, 2004. p. 153-191.
23. DAWSON, Theo L.; STEIN, Z. Cycles of research and application in education: Learning pathways for energy concepts. **Mind, Brain, e Education**, v. 2, n. 2, 2008. p. 90-103.
24. FENSHAM, Peter; GUNSTONE, Richard; WHITE, Richard: **The Content of Science: a constructivism Approach to its Teaching and Learning**. HongKong: The Falmer Press, 1994.
25. FISCHER, G. Derivation of the *Rasch* model. In: FISCHER, G.; MOLENAAR, I. (Eds.). **Rasch models – foundations, recent developments, and applications**. New York: Springer, 1995. p. 15-38
26. FISCHER, K. W. A theory of cognitive development: the control and construction of hierarchies of skills. **Psychological Review**, v. 87, 1980. 477–531.
27. FISCHER, K. W. Dynamic cycles of Cognitive and Brain development. In: BATTRO, A. M.; FISCHER, K. W. (Eds.). **The educated brain**. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. 2006. Disponível em: http://sitemaker.umich.edu/carss_education/files/fischerbrain.pdf. Acesso em: out. 2008.
28. GUTTMAN, L. (1944). A basis for scaling qualitative data. *American Sociological Review*, 9(2), 139-150.
29. HOLMES, Kathryn. Analysis of Asynchronous. Online Discussion using the SOLO Taxonomy. Annual Conference. Melbourne, Nov-Dec 2004. University of Newcastle. Disponível em:< <http://www.aare.edu.au/04pap/ho104863.pdf>.> Acesso em: 9 mai. 2007.
30. KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EDUSP. 1987.

31. LATENT VARIABLE ANALYSIS WITH CATEGORICAL OUTCOMES: Multiple-Group and Growth Modeling. In.: **Mplus Bengt Muthén University of California**. Los Angeles Tihomir Asparouhov Muthen Web Notes, n. 4, version 5, Dec. 9, 2002.
32. LÓPEZ, J. L. L.; CERESO, J. A. L. De la promoción a la regulación. El conocimiento científico en las políticas públicas de Ciencia e Tecnología. In: LUJÁN, J. L.; ECHEVERRÍA, J. (Orgs.). **Gobernar los riesgos: ciencia y valores en la sociedad del riesgo**. Madrid: Biblioteca Nueva/Organização dos Estados Ibero-americanos, 2004. p. 254-272.
33. MARTIN, A. M., Carmen BARRERO, C.; SANCHEZ, L.; CORNEJO, J. N.. La visión del conocimiento científico y del conocimiento tecnológico en los libros de Química General utilizados en carreras de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol 10, Nº 3, 550-566 (2011)
34. MORTIMER, E. F; SANTOS, W. L. P. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência- Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000.
35. OLIVEIRA, Fábio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda. O ensino de Física Moderna, com enfoque CTS: um tópico para o Ensino Médio – Raios X. [Rio de Janeiro]: UFRJ, 2006. Disponível em:
<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/x/atas/resumos/T0101-2.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2009.
36. PANIZZON, Debra. Using a cognitive structural model to provide new insights into students' understandings of diffusion. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v. 25, n. 12, p. 1427-1450, 2003.
37. PETRINA S.; FENG F. & KIM J. (2008). Researching cognition and technology: how we learn across the lifespan. . *International Journal of Technology and Design Education* 18:375–396.
38. PINHEIRO, N.A.M.; SILVEIRA, R. M.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: A Relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007
39. RAPPOLT-SCHLICHTMANN, Gabrielle. Transient and Robust Knowledge: contextual support and the dynamics of children's reasoning about density. **Mind, Brain, and Education**. v. 1, n. 2, June 2007, p. 98-108.
40. RASCH, G. (1960). *Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. (Copenhagen, Danish Institute for Educational Research). Chicago: The University of Chicago Press.
41. VRIES, Marc J. The Nature of Technological Knowledge: philosophical reflections and educational consequences. *International Journal of Technology and Design Education*. Great Britain , v. 15, n. 2, p. 149-154, 2005.
42. WU, Margaret L. *et al.* **ACER Conquest**: generalized item response modeling software. Version 2.0. Melbourne, 2007, 253 p (manual).
43. SAGLAM-ARSLAN, Aysegul. Cross-Grade Comparison of Students' Understanding of Energy Concepts. **Journal of Science Educational and Technology**, [Netherlands], n. 19, p. 303 – 313, 2010.
44. SILVEIRA, R.M.; BAZZO, W. Ciência, Tecnologia e suas Relações Sociais: A Percepção de Geradores de Tecnologia e suas implicações na Educação Tecnológica. **Ciência & Educação**, V. 15, N. 3, P. 681-694, 2009