

**ENTENDIMENTO SOBRE MOVIMENTO RELATIVO E SISTEMA DE REFERÊNCIA: O SABER
EXPLICITAR COMO INDÍCIO DO PENSAMENTO FORMAL**

**UNDERSTANDING ABOUT referential framework and relative movement: the
capacity to elicit as a sign of the formal thinking**

**Amanda Amantes^a
Oto Borges^{b1}**

^a Universidade Federal de Minas Gerais /Faculdade de Educação/ Centro Universitário de Caratinga,
amandaamantes@pop.com.br

^b Universidade Federal de Minas Gerais /Faculdade de Educação/ Colégio Técnico da UFMG,
oto@coltec.ufmg.br

RESUMO

Nesse artigo é apresentado um estudo sobre a relação entre o nível de formalização do pensamento e a explicitação do entendimento de alunos do Ensino Médio sobre os conceitos de Movimento Relativo e Sistema de Referência. O objetivo foi identificar se há correspondência entre a maneira pela qual os estudantes expressam seu conhecimento e o patamar de abstração que possuem em relação a esse conhecimento. Verificamos que para os conceitos investigados a maioria dos alunos se encontra no nível concreto-simbólico, mas aqueles que melhor conseguiram explicitar seu entendimento tiveram maior representatividade nos níveis mais elevados de formalização do pensamento.

Palavras-chave: Cognição, Ensino, Física

ABSTRACT

In this paper we report a study about the relationship between the students thinking level and the way that they can elicit their understanding. We intend to identify how the capacity of putting in words their knowledge is linked with their thinking level of abstraction. Our results show that for the concepts of referential framework and relative movement, most of the students are in concrete-symbolic level, but those who could better elicit understanding were mainly in the high level of thinking.

Keywords: Cognition, Teaching, Physics

INTRODUÇÃO

Nesse artigo apresentamos o estudo da relação específica entre a explicitação do entendimento e o patamar de formalização atingido pelos alunos, tanto da primeira, como da segunda e terceira séries do Ensino Médio.

Esse trabalho integra uma pesquisa cujo intuito é o de investigar o entendimento de estudantes a respeito de conceitos abstratos, sendo o conteúdo abordado referente aos conceitos de

1 Apoio CNPq

Movimento Relativo e Sistema de Referência. Tal pesquisa se deteve nas relações entre o saber dizer e saber fazer, bem como no nível de formalização do pensamento dos alunos quando os mesmos respondem questões de um questionário, contendo perguntas diretas e também de interpretação de situações problemáticas.

Acreditamos que a aquisição do pensamento formal ou mais próximo do científico passa por um processo de rupturas e continuidades, sendo a capacidade de conceitualização um indicativo da formalização. Entretanto, aceitamos que utilizar o vocabulário científico adequado para explicitar um conceito não significa que o estudante atingiu o patamar formal de pensamento. Esse fato só será constatado se, ao mesmo tempo em que expressa eficazmente o conceito, o estudante resolve problemas que o envolvam. Isso porque para que o aprendiz domine a solução de situações problemáticas, ele deve ter conhecimento a respeito dos conteúdos necessários para fazê-lo. Nesse sentido, *“A conceitualização é o ápice do desenvolvimento cognitivo; é a expressão do entendimento em sua maior intensidade; representa o mais alto grau de compreensão em meio à complexidade dos mecanismos de apreensão de significados.”* (MOREIRA, 2002)

Utilizamos dois sistemas de categorias, baseadas em diferentes perspectivas e com focos distintos. As categorias de explicitação objetivam identificar a proximidade da resposta analisada com a cientificamente aceita. Ela se detém na exatidão da idéia geral contida nas explicações dos estudantes. A Taxionomia SOLO, proveniente de uma teoria neo-piagetiana desenvolvida por BIGGS e COLLIS nos anos setenta, se detém nos conteúdos e relações estabelecidas em cada resposta, a fim de identificar o patamar de formalização do pensamento.

Nossos resultados mostram que, em geral, os estudantes que articulam melhor suas idéias de forma a deixar claro o seu entendimento se encontram nos níveis mais elevados de formalização do pensamento, apesar de não terem alcançado, em sua grande maioria, o patamar formal.

O PROBLEMA ESTUDADO

Embora muitas vezes consigamos entender determinados conceitos, nem sempre conseguimos verbalizar nosso entendimento (POLANYI, 1858; POLANYI, 1967; KARMILLOFF-SMITH, 1995; MILLAR e KING, 1993; MILLAR e BEH, 1993). Isso porque lidamos eficazmente com muitos conceitos em termos de performances específicas para resolução de problemas em determinadas situações, sem, no entanto, saber explicitá-los com acuidade. Quando o fazemos, entretanto, nossa concepção se encontra em um nível de formalização superior, que permite articular o conceito de forma mais consistente, dando-lhe um sentido que extrapola seu caráter procedimental.

Temos a hipótese de que ao explicitar um conhecimento nos valem de contribuições de muitas fontes (esquemas de raciocínios, sistemas de coordenações de pensamento, quadro conceitual), relacionadas tanto à experiência de vida como a conceitos apreendidos durante um certo tempo e que estão, de certa forma, relacionados ao que vamos expor. Assim, o que verbalizamos ou exteriorizamos, seja na fala ou na escrita, representa o ápice de um conhecimento relacionado a muitos fatores que não estão expressos na sua explicitação. Quando esse conhecimento se encontra formalizado, ou seja, se insere em um quadro pertencente a um nível mais abstrato de pensamento, sua explicitação se realiza de maneira mais clara e inteligível (AMANTES, 2005).

A escolha pelo tema “Referenciais Inerciais e Movimento Relativo” foi, em primeiro lugar, devido à nossa intenção de investigar como os estudantes entendiam conceitos mais abstratos e elusivos, e que são muito utilizados no ensino de mecânica. Em segundo lugar, é um tema que se faz presente em diferentes fases da aprendizagem durante o ensino médio, já que eles são ensinados explicitamente no conteúdo de mecânica, geralmente dado no primeiro ano, e retomado, pelo menos

de forma subsidiária, em outras ocasiões durante o ensino de outros conteúdos, como a quantidade de movimento.

Para estudar o entendimento declarado pelos estudantes fizemos uso de teoria de desenvolvimento do entendimento proposta por Biggs e Collis (1982), inicialmente como uma taxionomia para classificar os desempenhos de estudantes em avaliações da aprendizagem. O esquema de classificação, denominado modelo SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome), foi proposto em uma perspectiva neo-piagetiana. Essa perspectiva tenta conciliar alguns aspectos de modelos cognitivos baseados em teoria de processamento da informação com os principais resultados do programa de pesquisa piagetiana, principalmente a existência de estágios de desenvolvimento do pensamento (BIGGS E COLLIS, 1991).

As mesmas questões submetidas à análise na perspectiva SOLO foram também categorizadas segundo o nível de explicitação; esse tipo de categoria, ao contrário da Taxionomia SOLO, surgiu em meio à leitura dos dados e teve como foco a exatidão da concepção dos conceitos de acordo com a concepção academicamente aceita.

A PESQUISA

CONTEXTO E METODOLOGIA

Nosso instrumento de pesquisa foi um questionário aplicado a estudantes da primeira, segunda e terceira séries do Ensino Médio de uma escola Pública Federal. Esse questionário foi re-elaborado e aplicado três vezes, em diferentes períodos (2001, 2002 e 2003).

No ano de 2003 o questionário foi aplicado a 417 estudantes, dos quais 84 estudavam na terceira série, 155 na segunda e 178 na primeira série. A partir de uma análise preliminar, optamos por reduzir a amostra para 369 respondentes, uma vez que constatamos a impossibilidade de incluir 48 respondentes na análise. Essa foi uma decisão metodológica baseada em reflexões acerca dos resultados que obtivemos da análise feita por programas estatísticos específicos.

Nosso questionário continha 6 questões, das quais a primeira era uma pergunta direta sobre o entendimento dos conceitos de Referencial Inercial e Movimento Relativo. As demais se dividiam em questões de interpretação abertas e fechadas, essas últimas do tipo V ou F. A análise apresentada foi feita a partir das respostas a essa primeira questão, mostrada a seguir, tendo como dados as respostas do questionário de 2003.

Questão 1: Diga o que você entende pelas expressões:

- a) Sistema de referência
- b) Movimento relativo

APRESENTAÇÃO DAS CATEGORIAS

- *Categorias SOLO:*

Como ocorre em diversas outras teorias neo-piagetianas, Biggs e Collis admitem que existem estágios no desenvolvimento cognitivo. Eles interpretam que os estágios não podem ser definidos em termos de mudanças estruturais na lógica operatória: ao mudar de estágio muda-se a forma de representar o conhecimento aprendido, não a estrutura da totalidade de tarefas com que se lida em cada estágio. Os estágios de Biggs e Collis obedecem à regras de desenvolvimento, surgindo em idades mais ou menos definidas. Ao surgir um novo estágio, o sujeito ainda é capaz e efetivamente funciona no modo como funcionava no estágio anterior. O que caracteriza um estágio não é a complexidade estrutural, mas o nível de abstração do modo como os conteúdos da experiência são

representados. Para esses autores, o surgimento de um estágio não impede o funcionar dos outros. Vários estágios podem coexistir e serem utilizados simultaneamente em diferentes conteúdos.

Segundo Biggs e Collis, são cinco os modos de pensamento, caracterizados pelo nível de abstração do modo de representar a experiência vivida: sensório-motor, icônico, concreto-simbólico, formal e pós-formal. Nos interessa mais os modos concreto-simbólico e formal.

O modo concreto-simbólico surge por volta dos 6 anos e marca uma mudança significativa no nível de abstração envolvido na representação do conhecimento. Ao funcionar nesse modo o indivíduo passa a usar sistemas simbólicos de segunda ordem, as linguagens escritas, para se referir ao mundo experienciado ao invés da simbolização direta através da linguagem oral. (BIGGS e COLLIS, 1982, 1991).

Já no modo formal, o pensamento é capaz de abstrações de mais alta ordem. O indivíduo considera conceitos mais abstratos, sem referentes imediatos no mundo perceptível. Seu pensamento se apóia em princípios e teorias. Mas tais teorias envolvem conceitos mais abstratos e elusivos. O pensamento formal refere-se a um sistema abstrato de alta ordem, no qual um dado tópico está envolvido. Esse sistema abstrato de alta ordem eventualmente se identifica com o corpo de conhecimento hegemônico em uma dada disciplina. Seu surgimento dá-se por volta dos 14 anos, mas ele não se generaliza automaticamente para todos os domínios de conhecimento e pensamento (BIGGS e COLLIS, 1982, 1991).

É importante ressaltar que a teoria de Biggs e Collis é intrinsecamente multimodal. Assim, ainda que os estágios se sucedam na mesma ordem, obedecendo às leis de desenvolvimento, (i) o surgimento de um novo modo não obstrui o funcionar em outro modo, (ii) pode-se funcionar de modos distintos em diferentes domínios de ação, mas (iii) em cada domínio de ação passa-se de um estágio a outro através de um ciclo de aprendizagem que envolve uma progressão em níveis crescentes de complexidade do modo de funcionamento.

Essa teoria se apóia na idéia da existência de quatro formas de conhecimento (tácito, intuitivo, declarativo e teórico), representados pelos modos de pensamento que determinam a aprendizagem. Esta, por sua vez, é influenciada por diferentes fatores, como maturação física, disponibilidade da memória de trabalho, suporte social e o confronto com um problema. Os estágios a que se referem Biggs e Collis não podem ser definidos em termos de desenvolvimento ou estruturas de pensamento do aprendiz segundo as definições piagetianas desses termos. Um adulto cujas estruturas formais supostamente já foram formadas pode apresentar um pensamento no sensório motor para determinada área do conhecimento.

Entretanto, um adulto ou adolescente que esteja submetido à uma aprendizagem no modo sensório motor tem sua atuação diferente da de uma criança, pois além de seus cérebros e sistema nervoso serem mais desenvolvidos, eles já elaboraram modos mais complexos de pensamento ao longo da vida. Por isso, os atos do indivíduo mais maduro são apoiados em níveis de modos de ordem mais elevada, mesmo quando se referem a modos de baixa ordem de aprendizagem; são, portanto, distintos dos atos de um iniciante e se remetem a mais de um modo de pensamento.

Os cinco modos de representar a aprendizagem possuem níveis de complexidade que se referem a uma seqüência estrutural hierárquica de subestágios ou níveis, onde essa aprendizagem é expressa; se referem tanto à qualidade quanto à quantidade de informações processadas. Esse sistema hierárquico é denominado Taxonomia SOLO, e pode ser usado para avaliar a qualidade de aprendizagem ou para objetivos curriculares (BIGGS e COLLIS, 1982). São eles:

- *Pré-estrutural (P)*: forma de pensar em que as respostas explicitadas são inadequadas. O indivíduo opera em modo aquém do que o solicitado em uma questão a ele colocada, sendo distraído ou confundido por aspectos irrelevantes pertencentes a um estágio ou modo prévio.

- *Uni-estrutural (U)*: o foco é correto, mas o aprendiz obtém poucas informações dos dados e as respostas podem ficar inconsistentes.
- *Multi-estrutural (M)*: o aprendiz se vale de características mais relevantes e corretas, mas elas não se integram totalmente; algumas inconsistências podem aparecer em suas respostas.
- *Relacional (R)*: as informações são acessadas, os dados são avaliados e as relações são estabelecidas. O todo se torna uma estrutura coerente; não há inconsistências.
- *Abstrato estendido (A)*: O aprendiz agora generaliza a estrutura para um novo quadro com características mais abstratas, representando um novo e elevado modo de operação. Normalmente esse nível torna-se o nível uni-estrutural do modo seguinte da hierarquia de categorias de funcionamento.

Esses níveis de complexidade se estabelecem em cada estágio, formando ciclos de aprendizagem crescente, que podem se constituir em um ou mais ciclos dentro de um mesmo modo. O número de ciclos depende da natureza do conhecimento apreendido: se for muito complexo (demanda muitos conteúdos, muitas relações e um grau maior de abstração) certamente haverá mais de um ciclo de aprendizagem. A seguir há uma ilustração da progressão de um estágio a outro pelos níveis de complexidade dentro de cada um desses estágios; representamos a passagem do modo concreto-simbólico para o formal com dois ciclos dos níveis de complexidade dentro do concreto simbólico, para um tema qualquer.

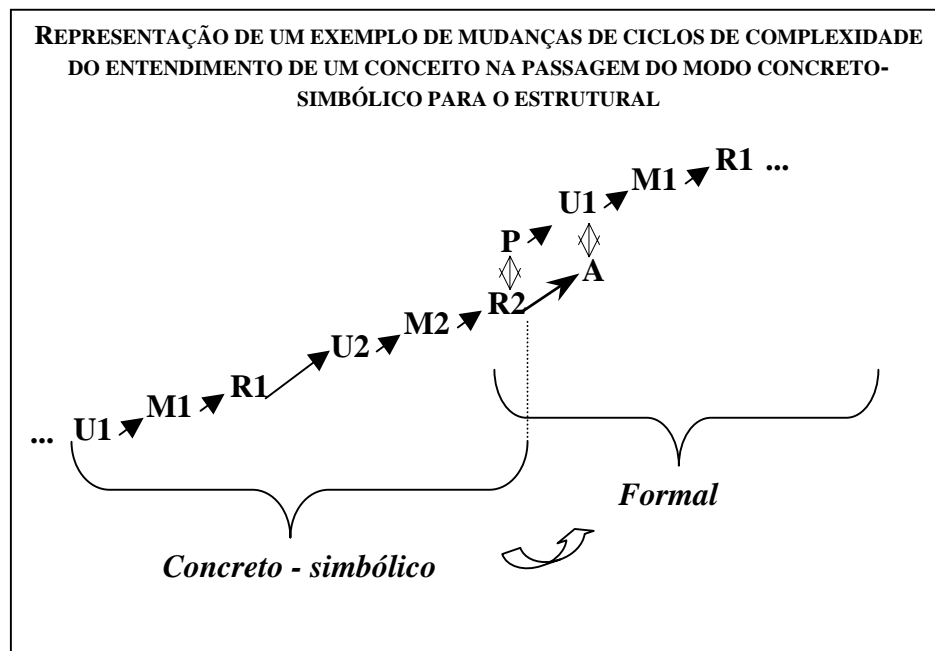


FIGURA 1: P representa o nível pré-estrutural do modo formal, que corresponde, nesse exemplo, ao relacional do segundo ciclo do modo concreto-simbólico (pode corresponder a qualquer nível de complexidade do concreto-simbólico). A representa o nível abstrato estendido do concreto-simbólico, que corresponde ao uni-estrutural do modo formal.

Nesse trabalho apresentamos a análise feita somente com os ciclos de cada modo de pensamento; não ressaltamos os níveis de complexidade uma vez que o interesse está na identificação dos estágios (ou modos) relacionados às categorias de explicitação. Por facilidade de análise e visualização dos resultados, optamos por colapsar os níveis de complexidade. Assim, os níveis unidimensional, multiestrutural e relacional do patamar concreto-

simbólico pertencentes ao nível de complexidade 1 foram colapsados em Concreto-simbólico1 (CS1). Os mesmos níveis na complexidade 2 foram colapsados em Concreto-simbólico2 (CS2), acontecendo o mesmo para o patamar formal: Formal 1 (abrange unidimensional, multiestrutural e relacional no nível de complexidade 1) e o Formal 2 (abrange o unidimensional, multiestrutural e relacional no nível de complexidade 2).

- *Categorias de Explicação*

Nesse tipo de categorização o interesse estava centrado na forma como o aluno conseguiu expor suas idéias. Nos detemos então no significado das palavras como um todo. Nos preocupamos em dar sentido às frases escritas e não às partes das mesmas: o foco foi a idéia central do texto escrito.

Acreditamos que essas categorias, ainda que carreguem inferências por parte do pesquisador – qualquer forma de análise o faz – têm como foco principal a apreensão do pensamento exposto nas palavras como um todo, em cada resposta dada às questões diretas, e podem nos servir de instrumento para identificar o entendimento dos alunos segundo alguns critérios pré-estabelecidos.

O olhar se volta também para a aceitabilidade, em termos científicos, das respostas; ou seja, se elas estão corretas do ponto de vista acadêmico. Essas categorias emergiram de uma interpretação que avaliou não só a clareza das idéias colocadas como também sua coerência, tendo como parâmetro a definição científica dos conceitos. Essas categorias podem ser definidas da seguinte forma:

- 1- *(E) explícitas*: respostas que traduzem claramente o entendimento *correto* sobre os conceitos; as idéias estão explícitas de forma clara e objetiva. São compreensíveis do ponto de vista do leitor, uma vez se apresentam de forma articulada e de fácil entendimento, além de estarem condizentes com a definição cientificamente aceita.
- 2- *(PE) parcialmente explícitas*: respostas que apresentam uma idéia não muito clara a respeito do conceito, mas possuem indícios de que o entendimento é correto. Ou seja, elas têm elementos coerentes, mas não estão totalmente condizentes com a definição acadêmica, pois podem apresentar algum elemento de erro (que não compromete sua aceitação parcial) ou podem estar incompletas.
- 3- *(NE) não explícitas*: respostas nas quais é impossível identificar o entendimento do aluno, uma vez que as informações estão dispostas de maneira a impedir a compreensão da idéia formulada. Não transmitem idéia alguma, pois são desprovidas de contexto, tornando-se sem sentido quando interpretadas pelo leitor, ou ainda as respostas totalmente equivocadas, incorretas, confusas e vagas.

- *Taxionomia SOLO X Categorias de Explicação*

As categorias de explicação e da teoria SOLO possuem características em comum, mas diferem quanto ao objetivo e foco principal. Enquanto a primeira se concentra na resposta como um todo para verificar a expressão do entendimento enquanto conteúdo, a outra procura identificar as associações e relações entre elementos utilizados pelos alunos para definirem os conceitos.

As de explicação não se preocupam se o estudante tem a concepção como concreto ou não, se mais associado a ponto de vista ou mais próximo de um lugar; o que importa é se a afirmação está cientificamente correta e é inteligível, não apresentando elementos que se contradizem na resposta como um todo.

Já a Taxionomia SOLO se traduz em um sistema de categorização mais complexo, apoiado no significado atribuído aos conceitos: como ponto de vista, como local, apresenta realidade de

movimento ou não, etc. Apesar de considerar como idéia mais abstrata aquela que se aproxima da concepção cientificamente aceita, o foco não está exatamente em identificar respostas corretas ou erradas e sim verificar a idéia que está por trás da explanação dada; se ela está mais próxima de uma concepção mais abstrata e abrangente ou se ela se encontra fortemente apoiada em elementos concretos, da realidade imediatamente perceptível.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nossa hipótese é a de que, ao passar por esses níveis de entendimento, nossa capacidade de explicitar o que sabemos se aprimora na medida em que esse entendimento vai se tornando mais consistente. Articulamos melhor uma idéia quando temos clareza do que vamos colocar em palavras. Por isso, acreditamos ser possível obter pistas do estado de articulação de um entendimento através da externalização da concepção.

A seguir, apresentamos algumas tabelas de freqüência, relacionando as categorias SOLO com as de explicitação. A análise estatística não é apresentada, por limitação de espaço, mas seus resultados são discutidos

Pela TAB. 1, notamos que a maioria dos alunos conceitualizam Sistema de Referência em um nível abaixo ao solicitado na questão, enquanto que para Movimento Relativo, a maioria consegue explicar com elementos concretos, mas em um nível no qual as relações não são amplamente realizadas. Poucos alunos, para ambos os conceitos, atingem o patamar formal. Nesse caso a porcentagem de alunos na questão 1a (sobre sistema de referência) é um pouco superior ao da questão 1b (sobre movimento relativo). Atribuímos esse fato à natureza mais abstrata do primeiro conceito, sendo o entendimento do segundo mais apoiado em elementos da realidade imediata e, portanto, mais facilmente externalizável tendo em vista elementos concretos.

TABELA 1 - Freqüência das respostas das questões 1a e 1b de acordo com a Taxonomia SOLO colapsada

Taxonomia SOLO	Questão 1a		Questão 1b	
	Freqüência	Porcentagem	Freqüência	Porcentagem
Pré-estrutural	155	42,0%	111	30,1%
Concreto 1	81	22,0%	160	43,4%
Concreto 2	111	30,1%	90	24,4%
Formal	22	6,0%	8	2,2%
Total	369	100%	369	100%

Ao identificar a incidência de respostas nas categorias de nível de explicitação juntamente com a Taxonomia SOLO, o intuito era justamente de verificar a relação existente entre ambas as categorias.

A TAB.2 apresenta a freqüência de alunos nas categorias SOLO e nas categorias de explicitação. Nela, cada célula contém o número de respondentes a cada duas categorias e a porcentagem em relação às categorias de explicitação. Nas células que representam o total, temos ainda a porcentagem de alunos de cada categoria de explicitação em relação ao total de 369 respondentes, destacada em negrito. Através da TAB. 5, verificamos que os alunos que não explicitam coerentemente o conceito de Sistema de Referência estão na sua maioria no nível Pré-estrutural, com pouca representatividade no Concreto 1. Podemos dizer que há, de certa forma,

correspondência entre essas categorias, uma vez que ambas dizem respeito a respostas ininteligíveis, incoerentes ou que não correspondem ao solicitado na questão. Tanto os alunos que explicitam parcialmente como os que explicitam estão em sua maioria no modo concreto de pensamento, sendo que os primeiros têm certa representatividade (10,9%) no modo Pré-estrutural, enquanto os outros não possuem nenhuma resposta nesse modo. Podemos perceber ainda uma certa progressão dos alunos que explicitam em relação aos que explicitam parcialmente, pois há uma tendência dos primeiros de se concentrarem no modo Concreto 2 e Formal (20% dos alunos que explicitam), sendo a porcentagem do outro mais distribuída.

Fazendo-se o teste de associação Jonckheere-Terpstra, através do programa estatístico StatXact, obtivemos 0,0000 para o valor de p ($J = 15,78$), o que nos garante a rejeição da hipótese nula de associação igual a zero. Portanto, para o conceito de Sistema de Referência constatamos estatisticamente a existência da relação entre o saber explicitar e o nível de formalização do pensamento.

TABELA 2 - Relação entre a frequência das respostas de acordo com a Taxonomia SOLO colapsada e do nível de explicitação da questão 1a – Sistema de Referência

Categorias de Explicitação		Taxonomia SOLO				
		P	Concreto 1	Concreto 2	Formal	Total
Não Explicita	Nº	136	3			139
	%	97,8	2,2			100 37,7%
Explicita parcialmente	Nº	19	65	80	11	175
	%	10,9	37,1	45,7	6,3	100 47,4%
Explicita	Nº		13	31	11	55
	%		23,6	56,4	20,0	100 14,9%
Total	Nº	155	81	111	22	369
	%	42	22	30	6	100 100%

Em termos gerais, os alunos que não conseguem explicitar seu entendimento estão no nível Pré-estrutural de pensamento; os que explicitam parcialmente podem estar tanto no Pré-estrutural, como no Formal, mas com maior probabilidade de estarem no nível Concreto. Finalmente, os que conseguem expressar com clareza o que entendem por Sistema de Referência podem estar no nível Concreto, mas com maior chance do que os outros de terem atingido o patamar Formal.

Para a questão de Movimento Relativo tivemos o resultado como mostra a TAB.3 (essa tabela tem o mesmo padrão da TAB. 2). Novamente notamos que a maioria dos alunos que não explicita se encontra no nível Pré-estrutural, tendo ainda alguma expressão no Concreto 1 (19,1%). Diferentemente da questão 1a, a questão 1b apresenta a maioria das respostas parcialmente explícitas no nível Concreto 1 (94,3%), não tendo nenhuma representatividade no nível Formal; também para a categoria explícita, o nível Formal apresenta somente 8,6% das respostas, sendo a maioria no Concreto 2.

Percebemos a predominância do nível Pré-estrutural nas respostas não explícitas, do Concreto 1 nas parcialmente explícitas e do Concreto 2 nas explícitas, sendo o nível Formal inexistente nas duas primeiras e com pouca expressão na última categoria.

Através do teste de associação pelo Jonckheere-Terpstra obtivemos o valor 0,000 para p ($J = 19,35$), o que nos faz rejeitar novamente a hipótese nula e aceitar que há associação entre a capacidade de explicitar o conceito de Movimento Relativo e a nível de formalização do pensamento.

TABELA 3 - Relação entre a freqüência das respostas de acordo com a Taxonomia SOLO colapsada e do nível de explicitação da questão 1b – Movimento Relativo

Categorias de Explicitação		Taxonomia SOLO				
		P	Concreto 1	Concreto 2	Formal	Total
Não explícita	N	110	26			136
	%	80,9	19,1			100 36,9%
Explícita parcialmente	N	1	132	7		140
	%	0,7	94,3	5		100 37,9%
Explícita	N		2	83	8	93
	%		2,2	89,2	8,6	100 25,2%
Total	N	111	160	90	8	369
	%	30,1	43,4	24,4	2,2	100 100%

Esse resultado novamente reflete a idéia de que, sendo Movimento Relativo um conceito mais facilmente associado a elementos do mundo sensorial, ele é definido e entendido mais em termos concretos, sem ser necessariamente relacionado a outros conteúdos e contextos ou abstraído para outras situações onde diferentes conhecimentos são mobilizados.

Em linhas gerais, concluímos que a capacidade de explicitar está associada à formalização do pensamento para ambos os conceitos; o grau de coerência e clareza ao expor o entendimento sobre um conceito revela de certa forma o nível de abstração correspondente à compreensão desse conceito em um sentido mais amplo, mais formal.

DISCUSSÃO

Em pesquisas anteriores relatamos que os alunos, em sua maioria, lidam com eficácia com questões em que conceitos mais abstratos são utilizados para resolver problemas específicos, sem que o foco esteja na conceitualização propriamente dita. Em contrapartida, quando são solicitados a verbalizar seu entendimento sobre esses conceitos, o fazem com pouca destreza, pois geralmente os definem sucintamente se valendo de poucos elementos para expor suas idéias. Assim, apesar de resolverem questões problemáticas envolvendo os conceitos de Sistema de Referência e Movimento Relativo, não conseguem expressar com clareza o que entendem por esses conceitos (AMANTES e BORGES, 2004).

Embora o saber fazer não esteja associado necessariamente ao saber dizer, como já constatado em trabalhos anteriores, verificamos que a articulação das idéias de maneira a deixar

claro o entendimento é um forte indicativo do nível de formalização do pensamento. Mesmo para o conceito de Movimento Relativo, entendido e explicitado em termos concretos, verificamos que, quanto mais elevado o nível de pensamento, maior a facilidade de expressar o entendimento. Ainda que não tenham atingido o patamar formal, tanto para o conceito de Movimento Relativo como para o de Sistema de Referência, os alunos que apresentam o entendimento no limiar do modo concreto para o modo formal de pensamento demonstram mais habilidade em explicitar esse entendimento. Esse resultado vai ao encontro do nosso pressuposto teórico de que a clareza e inteligibilidade de uma explanação correspondem, em algum grau, ao nível de formalização do pensamento.

Podemos dizer que os estudantes em geral entendem melhor o conceito de Movimento Relativo do que o de Sistema de Referência, mas seu entendimento se encontra no patamar concreto ou em patamares inferiores de pensamento. Esse resultado pode ser explicado justamente pelo fato de que, para o conceito de Movimento Relativo, o estudante possui referentes mais imediatos no mundo sensorial, assim como experiências diretas de percepção da relatividade do movimento.

Nossos resultados mostraram que de modo geral os alunos do Ensino Médio funcionam nos níveis mais baixos do modo Concreto-Simbólico, ou operam em um modo mais baixo do que esse. Esse certamente não é o resultado esperado do processo de escolarização e da educação em Ciências. No entanto, segundo o modelo de Biggs e Collis tal resultado não é generalizável para outros domínios. Isso significa que, se testássemos a mesma população para o entendimento de outro tema, poderíamos obter um padrão de entendimento diferente, inclusive com muitos alunos operando nos modos mais altos da hierarquia dos modos de pensamento. O resultado só poderia ser interpretado negativamente se obtivéssemos esse mesmo padrão em vários temas de uma mesma disciplina, ou ainda de várias disciplinas. Não investigamos tal fato.

As propostas curriculares atuais dão muito valor às perspectivas contextualistas de ensino, mas nossos resultados nos chamam a atenção para os limites das estratégias que se baseiam na contextualização dos conteúdos. No modelo teórico de Biggs e Collis, adotado nessa pesquisa, isso significa adotar uma estratégia do tipo “bottom-up”, que tenta melhorar o entendimento no modo Concreto-Simbólico apelando para o funcionamento inicial nos modos sensorio motor e icônico. MOREIRA e BORGES (2004) argumentam que as experiências vividas são importantes na elaboração de conceptualizações elementares e que se levarmos em conta e de forma adequada tais experiências vividas no ensino, poderemos proporcionar melhores e mais produtivas atividades para os alunos. Entretanto, o entendimento formal sobre conceitos mais abstratos não se realiza tendo-se como parâmetro somente elementos concretos. Nossa pesquisa aponta para a necessidade de outras estratégias para aprendizagem de conceitos mais teóricos, no sentido de possibilitar ao estudante um entendimento que não se restringe à habilidade em lidar com situações problemáticas, mas que o torne capaz de extrapolar o significado procedural desses conceitos; é preciso que a aprendizagem não se limite a elementos diretamente perceptíveis, mas que tenha uma abrangência suficiente para possibilitar aos estudantes entender conceitos mais elusivos de maneira abstrata e mais próxima da concepção científica.

BIBLIOGRAFIA

AMANTES, Amanda. O entendimento de estudantes do Ensino Médio sobre Movimento Relativo e Referencial Inercial. Dissertação de Mestrado, UFMG, 2005, 183p.

- AMANTES, Amanda; BORGES, Oto. Analisando o entendimento sobre sistema de referência e movimento relativo a partir de um modelo cognitivo estrutural. In. : ENCONTRO DE PESQUISA E ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004, Jaboticatubas, MG. **Anais...** Jaboticatubas, MG: [s.n.], 2004.
- ARRUDA, Sergio M. Sobre as origens da relatividade especial: relações entre quanta e relatividade em 1905. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 1, p. 32-46, abr. 1996. ISSN: 0102-3594.
- BIGGS, J.; COLLIS, K. **Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy**. New York: Academic Press, 1982.
- BIGGS, J.; COLLIS, K. Multimodal Learning and the quality of intelligent behavior. In: ROWE, Helga A. H. (Ed.), **Intelligence: reconceptualization and measurement**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1991. cap. 5, p.57-76.
- BORGES, Oto; AMANTES, Amanda. O Entendimento de Estudantes do Ensino Médio sobre Sistema de Referência e Movimento Relativo. In.: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES ENSINO DE CIÊNCIAS, 4, 2003, Bauru, SP. **Anais...** Bauru, SP: [ABRAPEC], 2003.
- COLLIS, K. F.; JONE, T.; SPROD, J. M.; FRASER, S. P. Mapping development in students' understanding of vision using a cognitive structural model. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 45-66, 1998.
- ERNEST, P. The Philosophy of Mathematics Education. In.: SOCIAL CONSTRUCTIVISM AS A PHILOSOPHY OF MATHEMATICS. Albany: SUNY, 1998.
- FERREIRA, Doralice Bortoloci; VILLANI, Alberto. Uma reflexão sobre prática e ações na formação de professores para o ensino de física. **Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 63-76, FONSECA, Jairo Simon da; MARTINS, Gilberto de Andrade. **Curso de Estatística**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1978. 165p.
- GARCIA, Rolando. **O conhecimento em construção** – das formulações de Jean Piaget à teoria dos sistemas complexos. Porto Alegre: Artmed, 2002. 192p.
- GRUIJTER, D.; KAMP, L. **Statistical Test Theory for education and Psychology**. [S.l.]: [s.n.], 2002. 186p.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentals of physics** – extended. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- MILLAR, Robin. Constructive criticisms. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v. 11, p. 587-596, 1989. Special Issue.
- MILLAR, Robin; KING, Tom. Students' understanding of voltage in simple series electric circuits. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 339-349, 1993.
- MILLAR, Robin; LIM BEH, Kian. Students' understanding of voltage in simple parallel electric circuits. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v. 15, n. 4, p. 351-361, 1993.
- MOREIRA, Adelson Fernandes; BORGES, Oto. Percepção e elaboração de conceitos. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 8, 2002, Águas de Lindóia. **Atas do ...** São Paulo: SBF, 2002. CD-ROM, arquivo: CO19_2.pdf.

- MOREIRA, Adelson Fernandes; BORGES, Oto. Tempo vivido, tempo medido. In.: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004, Jaboticatubas, MG. **Atas do...** São Paulo: SBF, (CD-Rom, no prelo).
- MOREIRA, Marco Antônio. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, mar., 2002.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n.1, mar. 2001.
- 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.
- PIAGET, Jean. **Equilíbrio das Estruturas Cognitivas**, Rio de Janeiro: Zahar, 1976.
- PIAGET, Jean. **Fazer e Compreender**. São Paulo: Melhoramentos; EDUSP, 1978. 186p.
- PIAGET, Jean; GARCIA, Rolando. **Psicogênese e História das Ciências**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1987. 250p.
- PIETROCOLA, M.; OFUGI, C. D. R. Análise de artigos sobre ensino de relatividade restrita pela transposição didática. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 7., 2000, Florianópolis. **Anais....** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2000. p.1-13.
- POLANYI, Michael. **Personal Knowledge**. London: Routledge & Kegan Paul, 1962:1958. 428p.
- SCHÖN, Donald A. **Educating the Reflective Practitioner**. San Francisco: Jossey-Bass, 1987.
- SKEMP, R. R. Relational understanding and instrumental understanding. **Mathematics Teaching**. [S.l.], n.77, p.20-26, 1976.
- SUDHIR PANSE. Alternative conceptions in Galilean relativity: frames of reference. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v.16, n. 1, p. 63-82, 1994.