
O TESTE DO MALABARISTA: UMA OUTRA LEITURA¹

Anelize T. S. Araújo
Depto. de Psicologia – UFF
Gloria P. C. Queiroz
Maria Celia Dibar Ure
Instituto de Física – UFF
Niterói – RJ

I. Introdução

O presente trabalho faz parte de uma pesquisa mais ampla (DIBAR URE; ARAÚJO; QUEIROZ, 1990) que buscou estudar as dificuldades vividas pelos alunos no primeiro contato com o curso universitário de Física. Para isto, procurou-se contextualizar a situação da mudança do 2º para o 3º grau, a qual implica numa mudança de posição do aluno frente ao conhecimento e aos professores. Coletaram-se diferentes dados relativos aos alunos que cursavam a disciplina no primeiro semestre de 1988, através de entrevistas, dinâmicas de grupo e avaliações permanentes das atividades realizadas durante as aulas. Além disso, professores envolvidos neste processo nos últimos dez anos foram ouvidos em entrevistas individuais.

No primeiro dia de aula os alunos foram informados sobre o plano de curso que incluía a realização de uma pesquisa, recebendo as diretrizes a serem seguidas durante o decorrer do mesmo e foram incentivados a participarem ativamente das aulas.

Nas aulas referentes às leis de Newton, a fase de questões exploratórias iniciais seguiu-se uma leitura com discussões sobre as etapas históricas que antecederam a elaboração da teoria newtoniana, dos gregos a Descartes, Galileu e Newton, passando pelas contribuições da Idade Média.

O objetivo de introduzir aspectos de História da Ciência foi o de dar aos alunos chance de reconhecer suas idéias, alternativas às da Mecânica, nas explicações de cientistas de outras épocas (ZYLBERSZTAIN, 1988) e (TEIXEIRA; QUEIROZ, 1990).

¹ Trabalho apresentado na V Reunião Latino Americana de Educação em Física, Porto Alegre (Gramado), Brasil, 24 a 28 de agosto de 1992.

Neste artigo apresentaremos uma análise das respostas dos alunos da primeira Física básica a um questionário sobre a mudança conceitual que precisa ser vivida para uma efetiva aprendizagem das leis de Newton (VILLANI, 1990). Através dele procura-se conhecer não só as concepções alternativas dos alunos, como as diferentes maneiras pelas quais eles vivenciaram todo o processo de transição que leva às leis de Newton. O questionário, que foi tomado ao final do semestre letivo, tem como base o problema do “malabarista” (VIENNOT, 1977) ao qual foram acrescentadas outras questões sobre o mesmo tema, a fim de fazê-los falar sobre o assunto.

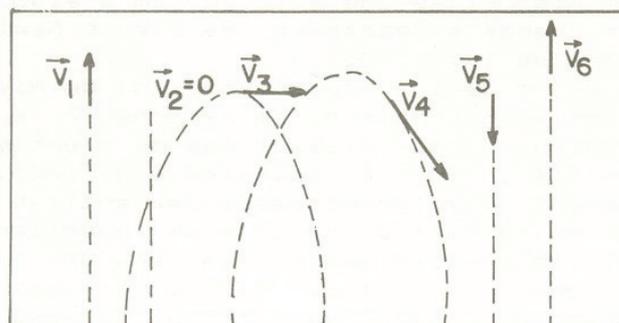
Estabeleceremos, ainda neste artigo, correlações qualitativas entre as respostas aos sete itens do questionário entre si e com alguns outros dados, deixando os demais resultados da pesquisa mais ampla para um artigo posterior.

II. Classificação das respostas

A metodologia adotada para a análise dos dados é característica de um estudo qualitativo (HOPKINS; BOLLINGTON; HEWETT, 1989). Empreendemos como primeiro passo um mergulho nos dados percorrendo toda a amostra, item por item, de onde retiramos uma classificação inicial feita a partir de dados surgidos das próprias respostas, deixando para fazer as correlações num momento posterior. Procuramos, deste modo, evitar interpretações precipitadas devido à influência das outras respostas do mesmo aluno. Mesmo assim, caso o leitor queira tomar conhecimento da classificação completa de cada aluno ao questionário pode consultar a tabela em anexo, que contém a classificação dos 21 alunos estudados.

1º item: O primeiro item é o tradicional problema do “malabarista”:

Um malabarista usa seis bolas idênticas. Num dado instante t as seis bolas estão no ar, à mesma altura, tendo as trajetórias mostradas na figura abaixo. Os vetores das velocidades das bolas também são mostrados na figura. Desprezando a resistência do ar, desenhe a(s) força(s) que age(m) nas bolas. Justifique.



A análise deste item levou em consideração tanto os desenhos feitos pelos alunos como as justificativas dadas, chegando-se a já conhecida classificação das respostas em Newtonianas ou Alternativas, que passaremos a chamar *a* e *b*, respectivamente.

Para facilitarmos a visualização e depois encaminharmos a discussão, reunimos os dados das classificações numa matriz 2 x 2 em relação às respostas dadas ao 1º item e à aprovação ou reprovação na disciplina:

Respostas Newtonianas de alunos aprovados	Respostas Newtonianas de alunos reprovados
6 alunos calouros	2 alunos repetentes
a: 1, 2, 4, 7, 9, 15	a: 11, 21
4 alunos repetentes	
a: 6, 8, 18, 19	
Respostas Alternativas de alunos aprovados	Respostas Alternativas de alunos reprovados
2 alunos calouros	7 alunos repetentes
b ₁ : 10	b ₁ : 5, 12, 16, 20
b ₂ : 3	b ₂ : 13, 17; b ₃ : 14

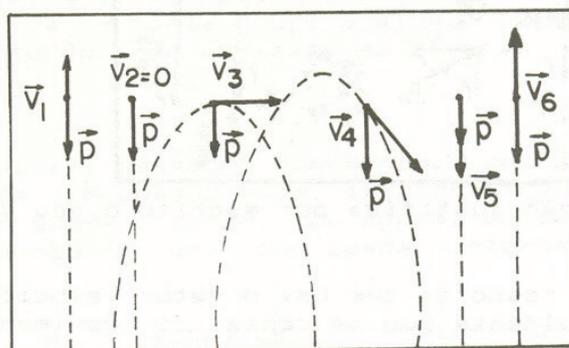
Apresentamos em anexo a tabela completa com a classificação dos alunos a todos os itens, mantendo a mesma disposição da matriz.

Neste primeiro item tivemos, portanto:

a – Respostas Newtonianas (12 alunos): estes alunos aceitam movimentos diferentes com uma única força que não coincide necessariamente com a direção da velocidade.

“Somente a Terra atrai as bolas. Como elas são idênticas, seus pesos são iguais.” (aluno 4)

Esta justificativa acompanha o desenho abaixo:

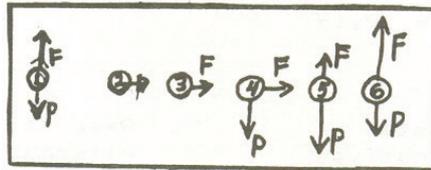


b – Respostas Alternativas (9 alunos)

Há explicitação clara da concepção alternativa que coloca uma força no sentido do movimento (em alguma das bolas ou em todas elas), expressando esta pseudo-necessidade (Piaget e Garcia 19) de três maneiras:

b_1 – respostas que colocam uma força – a do lançamento – sobre a bola, de modo a terem a resultante entre esta força e o peso da bola no sentido da velocidade (5 alunos).

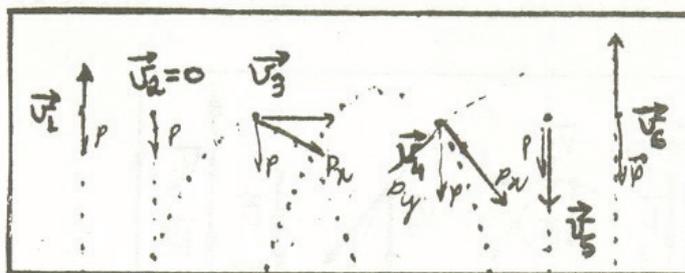
– Aluno 16:



- 1– Ação do peso e da F aplicada $F > P$
- 2– Nenhuma força $F = P$
- 3– Ação da força horizontal (componente)
- 4– Ação do Peso com a F , somando-as dará uma resultante R inclinada
- 5– Ação do Peso e da F aplicada $P > F$
- 6– Ação do Peso e da F aplicada $F > P$ (1)

b_2 – respostas que decompõem o próprio peso da bola – P_x e P_y – para obterem o mesmo efeito sem recorrerem a qualquer outra força (3 alunos). (2)

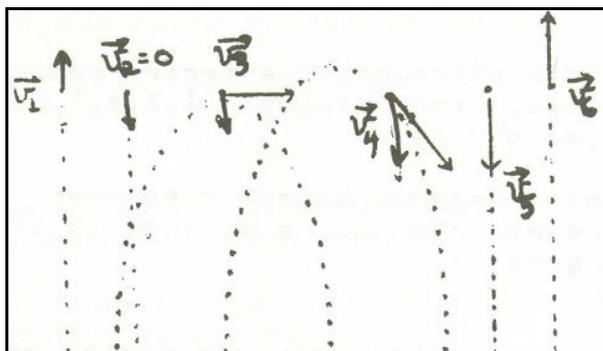
– Aluno 3:



(Este aluno não justifica por escrito o seu desenho.)

b_3 – resposta que usa o vetor velocidade para, com o peso, ter uma resultante que dê conta do movimento (1 aluno: 14) .

– Aluno 14:



1– g 2– mg 3– P+Vx 4– P 5– P+V 6– –g

Dando continuidade ao questionário, temos:

2º item: Você sabe que em problemas do tipo deste que você acaba de resolver é difícil mudar da resposta “intuitiva” para a resposta segundo as leis de Newton. Como você teria respondido ao mesmo problema no início do 2º grau?

Neste momento já podemos observar que o sentido da análise deste item só se completará com as correlações a serem feitas mais adiante.

$a_1 : 2, 15$	$a_2 : 6, 18, 19$	$a_2 : 11$
$b : 1, 4, 7, 8, 9$		$c : 21$
$b : 3$		$a_1 : 12$ $a_2 : 14, 16$
$d : 10$		$c : 5, 13, 17, 20$

A este item, obtivemos 4 tipos de respostas:

a – Respostas demonstrando a compreensão da existência de concepções alternativas (9 alunos). Foram subdivididos em 2 grupos:

a_1 – neste grupo, 3 alunos (2, 12, 15) indicam ter dúvida a respeito de como pensavam no 2º grau.

– Aluno 2: “*Talvez, usando o bom senso, ou seja, sem possuir a visão abstrata que possuo hoje, iria considerar o vetor v como uma força atuando sobre o corpo. Mas agora, eu sei que as forças que atuam na bola não é uma qualidade interna, mas uma qualidade externa.*” (3)

a_2 – respostas com firmeza na indicação de como teriam respondido no 2º grau (6 alunos).

– Aluno 6: “*A força inicial vai gastando até que acaba. É que o peso começa a agir.*”

b – Respostas afirmando que teriam respondido da mesma forma (6 alunos). Destes, cinco alunos (1, 3, 4, 7, 8, 9) escrevem simplesmente “*Do mesmo jeito.*” (4)

c – Respostas negando saber responder (5 alunos). Dois alunos (13, 21) escrevem “*Não sei*” e os três (5, 17, 20) restantes dão respostas do gênero:

– Aluno 5: “*Eu não saberia responder pois não tinha nenhuma noção de Física.*” (5)

d – Um aluno dá como resposta a formulação newtoniana, resposta esperada somente no item 3.

– Aluno 10: “*Que em todos os casos a única força a atuar nas bolinhas é a gravitacional.*”

3º item: A resposta Newtoniana é:

$a_1 : 4$	$a_2 : 11, 21$
$a_2 : 1, 2, 6, 7, 8, 9, 15, 18, 19$	
$a_2 : 3$	$a_2 : 14, 17$
$b_3 : 10$	$b_1 : 12, 16, 20$
	$b_2 : 5, 13$

Obtivemos 3 grupos de respostas:

a – Respostas corretas (15 alunos).

a_1 – “*Do mesmo jeito*” (1 aluno: 4), referindo-se às respostas dadas aos itens 1 e 2. Foi inevitável neste caso fazer referência ao item 1 para classificar estas respostas como corretas. Esta resposta não apareceu entre alunos que responderam ao item 1 de forma não Newtoniana.

a_2 – referência correta à Física Newtoniana (14 alunos) sendo subdivididos em:

Respostas que se referem à força peso (10 alunos).

– Aluno 17: “*Pelas teorias e leis newtonianas a força que agiria nas bolas em queda livre seria o peso, $P = mg.$* ”

Respostas que fazem referência ao fato da força modificar o movimento (3 alunos).

– Aluno 15: “*Na mecânica newtoniana a força tem o poder de alterar a direção e o sentido do movimento.*” (6)

Resposta que evidencia o caráter externo das forças nas leis de Newton (1 aluno: 12).

– Aluno 12: “*As forças que atuam no corpo são de qualidade externa e não uma característica própria dos corpos.*”

b – Respostas indicando a não compreensão das leis de Newton (6 alunos).

b₁ – compromisso com a concepção alternativa (3 alunos: 12, 16, 20).

– Aluno 20: “*Para um corpo que sobe, na verdade o movimento dele é uma queda devido à ação da força peso e da resistência do ar*” (7).

As respostas classificadas aqui deixam perceber que os alunos se encontravam vivendo a mudança conceitual, mesclando confusamente suas pré-concepções com a Física ensinada pelo professor.

b₂ – referência incorreta à terceira lei de Newton (2 alunos: 5, 13)

– Aluno 5: “*Para cada movimento haveria sempre uma força contrária ou de equilíbrio para o sistema.*” (8)

b₃ – “*Não sei.*” (1 aluno: 10)

4º item: Tente lembrar como você fez a passagem da “física intuitiva” para a física newtoniana? Por que você acha que foi difícil mudar?

a ₁ : 6, 7	a ₃ : 2, 8, 18, 19	a ₁ : 11
b : 1, 4, 9, 15		a ₃ : 21
a ₃ : 10		a ₂ : 14, 20
b : 3		a ₃ : 5, 13, 16, 17
		b : 12

As duas sugestões que este item apresenta foram propositais, posto que no decorrer do curso os alunos foram informados a respeito da mudança conceitual e da dificuldade da mesma. Devido ao fato do item 4, por um erro de datilografia conter dois pontos de interrogação, observamos que ora os alunos responderam a uma das questões, ora responderam a outra, o que implicou em dificuldades na categorização das respostas. Optamos por categorizar este item em dois grupos: a – os que consideraram a mudança difícil (15 alunos), b – aqueles que não a consideraram difícil e alguns que nem mesmo dela se lembram.

a – Este grupo foi dividido em três subgrupos:

a₁ – aqueles que, considerando a mudança difícil, responderam com entradas nas físicas alternativa e newtoniana, isto é, descrevendo alguns detalhes das mesmas (3 alunos: 6, 7, 11).

– Aluno 11: *“No Instituto de Física, em aulas sobre as Leis de Newton. Foi difícil, pois intuitivamente acha-se que a força continua atuando no corpo e no 2º grau só se faz aplicações de fórmulas, sem no entanto explicar o porquê.”*

a₂ – aqueles que reconhecem a dificuldade da mudança e que não mudaram, assim eles respondem:

– Aluno 14: *“Talvez não fiz ainda a passagem, pelo fato de que a física intuitiva é muito mais rica que a newtoniana, basta desenvolvê-la.”*

– Aluno 20: *“Não me considero que tenha passado completamente da física intuitiva para a newtoniana, porque muitos conceitos da física precisam de um estudo muito aprofundado para serem assimilados. Porém, obtive um grande progresso.”*

a₃ – neste subgrupo incluímos 3 tipos de respostas que reconhecem as dificuldades:

Seis alunos reconhecem a dificuldade e só se referem à física alternativa, sem no entanto se referir ao problema em questão.

– Aluno 18: *“Porque os conceitos intuitivos estavam muito enraizados na minha maneira de procurar entender o mundo físico.”* (9)

Três alunos (nº: 2, 13, 21) reconhecem a dificuldade e falam de si, isto é, respondem alegando razões pessoais.

– Aluno 21: *“No 2º grau nunca **fui levado** (o grifo é nosso) a pensar, intuir, de forma a descrever e tirar conclusões próximas à Física newtoniana. A Física dada foi ‘afirmativa’: Newton, o pai da Física, disse isso, aplica-se fórmulas e pronto.”*

Há ainda 1 aluno (nº 5), que responde vagamente o seguinte:

“Na física, os experimentos existem para se concluir ou provar algo, e quando você tem uma resposta pronta, acaba descobrindo novas respostas a cada experimento.”

b – Neste grupo incluímos aqueles que não consideraram difícil a mudança, alguns que nem mesmo se lembram se mudaram, e outros que negam a existência da mudança (6 alunos).

– Aluno 1: “*Neste exemplo não aconteceu.*” (10)

5º item: Qual foi o passo mais difícil? Neste item, insistimos na dificuldade da mudança já proposta no item 4.

$a_1 : 6, 7$	$a_2 : 18, 19$	$a_1 : 11$
$b : 1, 2, 4, 8, 9, 15$		$b : 21$
$a_2 : 10$		$a_2 : 5, 12, 13, 14, 16, 17, 20$
$b : 3$		

Obtivemos os 2 seguintes grupos de respostas:

a – Respostas que reconhecem ser difícil mudar (13 alunos), sendo subdivididos em 2 grupos:

a_1 – neste grupo estão os alunos que reconhecem a dificuldade e entram corretamente nas diferenças entre as perspectivas intuitiva e newtoniana (3 alunos: 6, 7, 11).

– Aluno 7: “*A identificação das forças e suas direções e sentido.*” (11)

a_2 – neste grupo, a categorização diz respeito aos alunos que reconhecem a dificuldade da mudança, não apresentando explicitamente a diferença entre a concepção alternativa e a newtoniana. Neste grupo, as respostas são vagas quanto a qualquer possibilidade de aplicação ao exemplo do problema dado (10 alunos).

– Aluno 18: “*Entender que aquilo que estava sendo explicado era o mais correto (o grifo é nosso) e o que eu sempre imaginava desde criança estava completamente fora da realidade.*” (12)

b – Respostas que de alguma forma não assumem a dificuldade (8 alunos).

Neste grupo há os que declararam não ter havido dificuldades (2 alunos: 4, 21).

– Aluno 21: “*Não houve dificuldade, pois mudei a forma de estudar, ou seja, penso.*” O aluno nº 4 diz simplesmente: “*Não vi dificuldades.*”

Há os que não se lembram das dificuldades nesta mudança (2 alunos: 2, 8). E ainda o aluno nº 9, que diz não saber o que foi difícil, o de nº 15 que nos deu como resposta um ponto de interrogação e 2 alunos, o de número 3 que deixou o espaço para a resposta em branco, e o de número 1 que responde

com um traço vertical. Traço este que segue a outro posto pelo aluno abaixo de sua resposta ao item 4 (estes casos serão melhor estudados nas correlações).

6° item: Como você explicaria o problema do malabarista para que um colega que ainda responde da forma “intuitiva” passe para a forma newtoniana?

$a_1 : 4, 15$ $a_2 : 1, 7$ $a_3 : 2, 8, 18, 19$	$a_1 : 11, 21$
$b_1 : 6, 9$	
$b_2 : 3, 10$	$a_2 : 13, 20$ $a_3 : 5, 12$
	$b_2 : 14$ $b_3 : 16, 17$

Aqui solicitamos implicitamente que ele assumisse o lugar de professor frente a um **colega** localizado no campo intuitivo. No entanto, a nossa intenção inicial era avaliar a firmeza da posição do aluno em relação a mudança conceitual, através da sua possibilidade de reconhecer onde o colega se achava aprisionado por suas dificuldades a respeito das concepções alternativas. É, na verdade, outra forma de levar o aluno a refletir sobre o mesmo tema como nos itens 2, 4 e 5. Neste item há certa interação entre os 2 tipos de mudança: a conceitual e a de aluno para professor. Nos apoiamos, para isto, num convite a que o aluno mudasse para a posição de professor, a fim de nos acercarmos de como ele processou a mudança conceitual.

Em função da ambigüidade da pergunta, as respostas obtidas poderiam então ser categorizadas de acordo com estes dois tipos de mudança. Optamos por categorizá-las tomando por critério a aceitação ou não do convite feito a que mudassem de posição, apontando os possíveis subgrupos em função da análise das respostas, tendo como base a mudança conceitual.

a – Respostas de alunos que se colocaram na posição de professor.

Neste grupo encontramos 14 alunos que dividiremos em 3 subgrupos:

a_1 – os alunos de números 4, 11, 15 e 21 descrevem a física que explicariam aos colegas de forma correta e sem falar diretamente em noções alternativas, mas apontando para o cerne do conflito com estas. Diz o aluno de número 4: “*Que ele se indagasse a respeito do que está fazendo uma força sobre a bola, e tentaria mostrar-lhe que a única força externa exercida na bola, é a força gravitacional exercida pela Terra.*” (13)

a_2 – os alunos de números 1, 7, 13 e 20 nos fazem desconfiar da segurança na compreensão dos conceitos. Nos alunos 7 e 13, isto se deve ao fato de usarem a frase no plural, indicando estarem pensando em várias forças nas diferentes bolas, dizendo respectivamente: “*Eu isolaria as bolas e mostraria as*

forças que agem em cada uma delas” e “tentaria explicar **as forças que agem e o porquê delas**” (o grifo é nosso). Em relação ao aluno de número 1, sua resposta indica ainda manter certa confusão entre os conceitos de velocidade e força. Ele diz: “*Que ao ser lançado um objeto com V_o , esse V_o só existe na hora de contato, após o objeto ser lançado só atua nele a força peso. Provaria então por fórmula matemática que a aceleração só depende de g .*”

$$F = m.a$$

$$mg = m.a \qquad a = g.”$$

Já o aluno de número 20 mostra o custo que implica a mudança conceitual, questionando a própria definição de movimento de subida. Diz ele: “*Demonstrando as forças que atuam sobre a bola, explicando o que é realmente um movimento de subida.*”

a_3 – os alunos de números 2, 5, 8, 12, 18 e 19 respondem ao item 6 fazendo referência à Física, porém explicando seu procedimento de forma vaga. Assim temos a resposta do aluno de número 2: “*Tentaria explicar de uma forma gradual para que quando chegasse neste problema fosse fácil de se entender todo o sistema.*” Diz o aluno de número 5: “*Faria com que ele pensasse melhor sobre sua forma, expressasse e depois tentaria esclarecer.*” (14)

b – Aqueles alunos que não se colocaram na posição de professor (7 alunos), que dividiremos em 3 subgrupos:

b_1 – os alunos de números 9 e 6 dizem simplesmente: “*Não sei.*”

b_2 – respostas na terceira pessoa e vagas quanto à possibilidade de aplicação ao exemplo do malabarista (3 alunos: 3, 10, 14).

O aluno de número 3 responde em terceira pessoa, sem fazer menção às noções alternativas e sem ter qualquer entrada nos conceitos de Física. Diz ele: “*Deveria ser feito todo um processo de visualização e observação experimentais para que mais tarde ele possa compreender as leis de Newton.*” (15)

b – respostas que se referem à Física com conceituações equivocadas, além de estarem na terceira pessoa, indicando não se colocarem na posição de professor (como em b_1 ou b_2) (2 alunos: 16 e 17).

– Aluno 16: “*Ele teria que manter os corpos em equilíbrio, ou seja, as forças relevantes atuantes teriam que se encontrar em equilíbrio, ou melhor, anulando-se.*” (16)

7º item: Chegamos ao último item de nosso questionário: – “*As leis de Newton se aplicam mal para descrever o comportamento dos objetos do dia a dia.*” Comente esta afirmação.

$a_1 : 2, 4, 8, 9, 15, 19$	$a_2 : 18$	$a_2 : 21, 11$
$b : 1, 6$		
$c : 7$		
$a_1 : 3$	$a_2 : 10$	$a_1 : 12, 13, 17, 20$
		$a_2 : 14$
		$b : 5$
		$c : 16$

Neste item interrogamos novamente os alunos sobre as leis de Newton, o que nos possibilitou checar a firmeza deles em relação aos conceitos e a mudança conceitual, tanto quanto sua implicação, ou melhor, seu posicionamento nas respostas. Assim, temos 3 categorias gerais: os que discordaram, os que não se posicionaram em relação à afirmação e os que concordaram.

a – discordo (16 alunos).

a_1 – respostas que não fazem qualquer referência à física intuitiva (11 alunos).

– Aluno 2: “*Sou apenas contra esta afirmação.*” (17)

a_2 – respostas que justificam a discordância fazendo referências à intuição, apesar de não entrar no problema do malabarista (5 alunos).

– Aluno 10: “*Não é que se apresentem mal, partimos de que 90% da população brasileira não tem um conhecimento de Física, ainda mais de Newton e suas leis. Vendo só a intuição.*” (18)

b – os que não se posicionaram em relação a afirmação (3 alunos: 1, 5, 6).

Começamos por comentar a resposta do aluno de número 6 – ele deixou o espaço para a resposta em branco. Poderíamos ter criado uma outra categoria para ele, mas optamos por alojá-lo neste grupo uma vez que não se posiciona, **não concorda e nem discorda**.

Outro exemplo:

– Aluno 1: “*Tem certas coisas (fatos) que presenciamos no nosso dia a dia que só mais tarde através de conceitos que aprendemos na escola vemos o que é certo e errado.*” (19)

c – Concordo (2 alunos: 7, 16). Cabe observar que estes alunos concordam com a afirmação por pensarem que a Física newtoniana foi ultrapassada pela relatividade, mesmo no dia a dia. Exemplos:

– Aluno 7: “*Pois hoje em dia os fenômenos que ocorrem conosco são mais complexos dos que o exemplo das bolas e a própria forma de pensar de Newton já está ultrapassada pela relatividade, ou seja, as leis de Newton passaram a ser casos especiais da Teoria da Relatividade.*”

– Aluno 16: “*Devido a seguinte questão de referenciais e relativismos o que não se aplica às leis de Newton.*”

III. Discussão dos resultados e conclusões

Na seção anterior analisamos as respostas dos sete itens do questionário, classificando-as isoladamente. Nesta seção estabeleceremos qualitativamente correlações entre as respostas e entre elas e outros dados dos alunos, basicamente os relativos à aprovação ou não na disciplina que cursavam na época (Física XI, a primeira do curso de Física).

Do conjunto de 21 alunos analisados (8 calouros e 13 repetentes de semestres anteriores) todos os calouros foram aprovados; entre os repetentes apenas 4 conseguiram aprovação. Tal constatação nos faz questionar se o esforço do professor (História das Ciências, discussão da mudança conceitual...) foi eficiente em relação aos alunos repetentes, pois dentre estes apenas 4 fizeram a mudança conceitual e foram aprovados. Ressaltamos ainda que dois calouros (3 e 10) tiveram suas respostas classificadas como intuitivas porém 'conseguiram' aprovação. Estes casos estão incluídos na discussão a seguir. Tudo isto nos faz dar atenção ao aproveitamento da motivação inicial dos calouros, o que é corroborado pela trajetória posterior do aluno 3, que 4 anos após se encontra bem integrado ao curso de Física, apesar das suas dificuldades iniciais.

Com estes resultados fica ressaltada a importância tanto de intensificar o trabalho participativo com calouros como de realizar pesquisas futuras de modo a buscar articulações relevantes que afetem a mudança conceitual.

Como já esperado, a matriz tem maior número de alunos localizados na diagonal principal, indicando que na avaliação do curso, a mudança conceitual medida no item 1 teve um papel importante ou que a mudança conceitual estava correlacionada com outros aspectos e conteúdos da aprendizagem. Entre os aprovados, 83% (10 alunos) deram respostas newtonianas (quadrante 1.1). Entre os reprovados, 78% (7 alunos) deram respostas intuitivas (quadrante 2.2). Não é surpreendente termos alunos que também deram respostas newtonianas e foram reprovados (quadrante 1.2). Estes dois alunos desistiram da disciplina e, posteriormente, também do Curso de Física. Consideramos que nestes casos, embora tenham processado à mudança conceitual, o desinteresse pelo curso

pode ter contribuído para a reprovação. No quadrante 2.1 há dois alunos que mesmo dando respostas alternativas no item 1, foram aprovados, indicando que a mudança conceitual não se constituiu de fato no único fator para aprovação. No entanto, vemos na tabela que eles apresentam respostas newtonianas corretas nos itens 2 ou 3.

Entre os alunos que não fizeram a mudança conceitual, os alunos 3, 14 e 17, quando se pedia explicitamente a resposta newtoniana (item 3) se saíram bem, o que não ocorrera no item 1. Neste item, os alunos 3 e 17 conseguiram, entretanto, uma interpretação da resposta newtoniana que não feria a sua intuição: eles decompunham o peso em duas direções, ficando uma delas como a “força responsável” pelo movimento da bola. Já o aluno 14 compõe o peso e a velocidade com o mesmo objetivo. Assim estes três alunos evitaram o conflito entre a resposta “só o peso age...” e a “pseudo-necessidade” de uma força na direção do movimento.

O aluno 10, por sua vez, enquanto no item 2 respondeu que no 2º grau diria “*em todos os casos a única força que atua na bolinha é a gravitacional*”, no item 1 não havia resistido a colocar a “força do lançamento” em dois casos, dizendo: “*já na P_3 e P_4 por fazerem um lançamento oblíquo, passa a atuar uma normal*”. Mais curioso ainda, é que no item 3 ele diz não saber qual é a resposta newtoniana. Toda esta grande confusão parece indicar que ele percebeu duas físicas (intuitiva e newtoniana) e surpreendentemente sugere que no 2º grau já teria procedido à mudança, enquanto que no 3º grau dá respostas intuitivas, o que marcaria uma mudança inversa.

Observando as respostas aos itens 4, 5, 6 e 7 deste mesmo aluno (10) podemos imaginar que o cerne do problema não está nos detalhes da Física alternativa ou newtoniana, mas sim num conflito entre o que se vê (associado por ele à ilusão e/ou à intuição) e à descrição da Física newtoniana:

Item 4: “*Pois a intuição é muito forte e por muitas vezes nos leva a acarretar erros enormes.*”

Item 5: “*Provar para mim, através da experiência que estas leis estão corretas ou seja tudo o que vemos é somente uma ilusão.*”

Item 6: “*Seria preciso ensinar e provar a este colega que as coisas não acontecem como nós a vemos.*”

Item 7: “*Não é que se apresentem mal, partimos de que 90% da população brasileira não tem um conhecimento de Física, ainda mais de Newton e suas leis. Vendo só a intuição.*”

No momento atual o aluno 10 descreve então este conflito entre a Física newtoniana e o que se vê, remetendo para o 2º grau, onde ele teria a resposta newtoniana, sem ter no momento consciência da mesma, pois no item

3 diz não saber qual ela é. O aluno demonstra, ao apresentar uma formulação newtoniana correta no item 2 (apesar de mal localizada, pois este item se refere ao 2º grau), que no 3º grau, ao ser evidenciado para ele o conflito entre as concepções alternativas e a Física newtoniana, não consegue transpô-lo. Podemos supor que no 2º grau, o tipo de assimilação feita por ele não implicava em abrir mão de suas concepções próprias.

Outro aluno (número 12) numa fase preliminar de mudança dá uma resposta intuitiva ao item 1 (ver classificação b_1 no item 1). Diz, no item 2, que: “*Se fosse para responder de forma intuitiva, só colocaria como força uma seta na direção do movimento...*” E sua resposta newtoniana (item 3) é: “*Desprezando-se o atrito do ar agem apenas as forças que 'criam' o movimento e a força da gravidade*”. Vemos que para este aluno, a aceitação da força peso num sentido contrário ao movimento já é considerado por ele mesmo um avanço (item 2), mesmo sem abandonar a força intuitiva “criadora” do movimento (item 3).

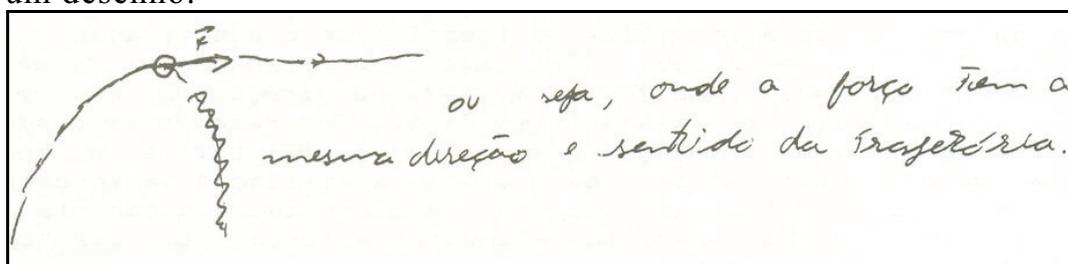
Até este momento, comentamos a relação entre os itens 1 e 3 (para os alunos onde há uma relação não esperada: respostas alternativas no item 1 e newtonianas no item 3), sendo que, para o aluno 10 consideramos importante comentar o conjunto de todas as suas respostas. Passamos agora a incluir a análise dos itens 2, 4 e 5 do questionário que procuram levar o aluno a lembrar ou a reviver a mudança conceitual. O item 2 traz especificamente o problema do malabarista, enquanto os itens 4 e 5 são mais gerais. As respostas a estes itens nos deram, portanto, informações de como os alunos viveram ou pensam que viveram a mudança, transparecendo também quando eles ainda a estavam vivendo.

Comentaremos os alunos 1, 4 e 9, que deram respostas newtonianas no item 1, responderam “*da mesma forma*” (a) no item 2, acharam que não foi difícil mudar (b) no item 4 e não vêem o passo mais difícil (b) no item 5. Estes alunos foram aprovados e podemos interpretar que se mostraram tão dentro do referencial newtoniano, que responderam como se nunca tivessem tido respostas intuitivas. O aluno de número 8 apresentou uma ligeira modificação em relação ao item 4, pois atribuiu a mudança ao fato de ter passado a “*raciocinar matematicamente ao invés de pensar intuitivamente*”.

Um caso interessante é o aluno 3, que também respondeu “*da mesma forma*” ao item 2, por conciliar sua Física intuitiva com a newtoniana, disse não ter sido difícil mudar (b) no item 4, não havendo entretanto mudado. Tendo sido este aluno aprovado, podemos considerar até que esta postura “positiva” adotada por ele foi capaz de ajudá-lo a um bom resultado na avaliação final.

Acrescentamos que a resposta “*da mesma forma*” só apareceu entre os alunos aprovados (5 dos 12: 1, 3, 4, 8 e 9).

Os demais aprovados, do quadrante 1.1 (2, 6, 7, 15, 18, 19), reconhecem a mudança (classificados como c_1 ou c_2 no item 2, conforme suas respostas se refiram às Físicas alternativas ou newtoniana (c_1) ou apenas na intuitiva (c_2)). O mesmo grupo, com exceção do aluno 15, reconhece também a mudança e suas dificuldades no item 4, tendo sido classificado como a_1 ou a_3 . O aluno 15 foi classificado como (b) por ter dito não lembrar como fez a passagem. No entanto, no item 2 demonstra ter percebido o intuito do professor do curso em mostrar as diferenças entre a Física intuitiva e newtoniana, pois diz: “*Não me lembro, mas sei que você quer algo como...*”, ilustrando sua resposta com um desenho.



Quanto aos 7 alunos reprovados, com respostas alternativas no item 1, quatro (5, 13, 17, 20) negam saber como responderiam no 2º grau, sendo classificados como (c) no item 2. Os demais (12, 14, 16) se referem à Física alternativa em suas respostas. O aluno 12 foi comentado acima. O aluno 14 diz no item 2 que no 2º grau teria respondido “*o peso mais alguma coisa*”, em consonância com o que fez no item 1 ($p + v_x$) (a_2). O aluno 16 faz o mesmo no item 2: “*teria respondido que as forças aplicadas estariam atuando durante o movimento*”, (a_2): no item 1 coloca para várias bolinhas “*ação do peso e da F aplicada $P > F$* ” por exemplo, para a bolinha 5. Em relação ao item 4, vemos que o aluno 14 diz que “*talvez ainda não fiz a passagem...*” O aluno 16 dá uma resposta interessante, situando as dificuldades inerentes ao trânsito entre a descrição alternativa e a conceituação newtoniana em sua versão pessoal. Diz, entre outras coisas, que “*a mudança foi difícil devido que a intuitiva é claramente perceptível, ou (sic) que os nossos olhos vêem. Já a newtoniana é atualmente baseada em lógica. Mas quem pode afirmar que a newtoniana está certa?*”. Este aluno foi classificado como a_3 .

Com respeito ao item 2 nos questionamos porque alunos classificados como (a_2) se encontram em quadrantes opostos (tivemos quatro alunos no quadrante 1.1 e 2 no quadrante 2.2). No caso dos primeiros podemos interpretar que o fato deles só terem entrado na Física alternativa se deve à forma da pergunta, que não pede mesmo que se faça referência à Física newtoniana, enquan-

to em relação aos outros, a interpretação possível é que eles não conhecem mesmo esta última.

Destes 7 alunos reprovados com respostas alternativas, 6 deles (5, 13, 14, 16, 17 e 20) reconhecem que a mudança foi difícil. Inclusive, 2 dentre estes (14 e 20) reconhecem que não mudaram. O único aluno destes 7 (12) que não considerou a mudança difícil, conforme sua resposta ao item 1, também não procedeu à mudança. Tais correlações deixam clara a existência da consciência da mudança para os alunos do quadrante 2.2, enquanto para os do quadrante 1.1 esta consciência pode não estar presente se os alunos já fizeram a mudança há algum tempo e já estão bem dentro do referencial newtoniano. Todos os alunos do quadrante 1.1 têm, como era de se esperar, resposta Newtoniana correta no item 3 (classificados como a). Além deles, os alunos 17 e 14, do quadrante 2.2, e o aluno 3, do quadrante 1.2, são também a no item 3, como já comentado. Os demais alunos foram classificados como b no item 3, deixando fora de dúvida sua incompreensão da aplicação da Física newtoniana ao problema. Vale comentar especialmente a resposta do aluno 20 a este item; ele abre mão da evidência observacional, dizendo que “*na verdade o corpo que sobe tem um movimento de queda...*”, marcando aí o compromisso entre os sentidos da força que age sobre a bolinha e da velocidade da mesma.

Quanto ao item 5, os alunos 4, 8, 1, 2, 9, 3, 15 (do grupo dos aprovados) foram classificados como b por não reconhecerem o passo mais difícil. Entre eles, o 1 e 3 deixam em branco, o 2 e 8 não lembram, o 15 coloca um ponto de interrogação e o 9 diz “*não sei*”. Entre os reprovados do quadrante 2.2, todos reconhecem algo como o passo mais difícil. Os outros aprovados do quadrante 1.1 (6, 7, 18) reconhecem o passo mais difícil, sendo que 6 e 7 são a_1 e 18 é a_2 , comprovando estes últimos mais uma vez a consciência da mudança conceitual.

O aluno 18 toca no problema pessoal que teve como o conflito com a noção de realidade e a autoridade do professor como possuidor de um conhecimento mais correto do que ele considerava correto através de suas observações, chamadas pelo aluno de infantis. O aluno 13 estava se sentindo num conflito de amplitude maior do que o simples problema do malabarista. Como evidência de que para se dar uma mudança conceitual é preciso uma ampla mudança na visão de mundo, na maneira de compreender o mundo, como uma entrada na Ciência, este aluno não conseguiu viver esta mudança e abandonou o curso de Física, após repetir a Física XI cinco semestres consecutivos.

A ambigüidade do item 6 nos levou a uma busca de correlação interna, isto é, procurando ver se os alunos que assumiram o papel de professor(a) demonstravam segurança na mudança conceitual (a_1), explicitando corre-

tamente as implicações das Físicas alternativa e newtoniana no problema do malabarista. Da mesma forma se procurava entre os que não assumiram o papel de professor aqueles com referências incorretas às diferenças entre as duas Físicas.

No entanto, observamos que apenas 4 dos 14 alunos “a” neste item são “a₁”, enquanto que 2 dos 7 alunos “b” são “b₃”. Além disso, os 4 primeiros estão nos quadrantes 1.1. e 1.2, enquanto os 2 últimos estão no 2.2.

Quanto aos 15 alunos restantes, nenhum tipo de correlação foi encontrado. Por exemplo, entre os alunos que assumem o papel de professor(a) há 4 (a₂) dos quais desconfiamos da segurança nos conceitos newtonianos. Dentre eles, 2 estão no quadrante 1.1, e 2 no 2.2.

Assumindo ou não o papel de professor (a ou b), os demais 11 alunos classificados como a₃, b₁ ou b₂ dão respostas vagas quanto à explicitação da Física do problema, ficando em recomendações que podem ser consideradas de caráter pessoal, em relação às dificuldades vividas por cada um. Estas respostas podem ser confrontadas com outros itens.

Os alunos 5 e 12 (a₃) não procederam à mudança conceitual (Quadrante 2.2), logo não apresentam condições de transmitirem este conceito a um colega, mesmo ao assumirem a posição de professor(a).

Em outros alunos deste grupo vemos correlação entre respostas aos itens 4 e 6. O aluno 2 por exemplo, no item 4 é “a₃” (considera a mudança difícil) e no item 6, como citado anteriormente, indica que tentaria ensinar de forma gradual para facilitar ‘todo o sistema’. Ele se coloca no lugar de ‘outro colega’ na pergunta 6. Algo parecido ocorre com o aluno 8, que no item 4 diz que procurou “*raciocinar matematicamente em vez de pensar intuitivamente*” e no item 6, no papel de professor, diz que “*explicaria o problema tentando dar ao colega uma base matemática de raciocínio e ele mesmo veria que está ‘errado’*”. Ao colocar estas aspas indica ainda a percepção da didática usada durante o curso.

Já o aluno 20 demonstra a sua preocupação com o ‘real’ movimento de subida, tanto no item 6 como no 3, sendo b em ambos.

Com relação ao item 7, entre os 16 alunos que discordam (a) da afirmação “*A Física newtoniana se aplica mal para descrever o comportamento dos objetos do dia a dia*”, há 9 que deram respostas newtonianas ao item 1 (75%) e 7 com respostas alternativas neste mesmo item (66.6%). Os 2 alunos que concordaram (c) encontram-se na diagonal principal, sendo portanto um com resposta newtoniana ao item 1 e outro com resposta intuitiva. Ambos dão como justificativa para sua concordância referências aos fenômenos relativísticos.

Poderíamos esperar que os 8 alunos com respostas intuitivas ao item 1 concordassem com a afirmação feita no item 7. No entanto vemos que isto não aconteceu. Atribuímos este fato à impossibilidade dos alunos de se posicionarem contra à autoridade da teoria newtoniana, mesmo tendo demonstrado não saber aplicá-la a um problema simples. O único que conseguiu fazê-lo tomou como ponto de apoio uma teoria pós-newtoniana, a relativística. Os três alunos que não se posicionaram (b) também se encontram na diagonal principal, 2 no quadrante 1.1 e 1 no 2.2, não se tendo aqui indício de qualquer correlação com respostas a outros itens. Não encontramos também correlação entre as respostas dadas ao item 7 e a aprovação ou não na disciplina. As respostas a, b e c se espalharam nos quatro quadrantes (ver na classificação).

a ₁ : 2, 4, 8, 9, 15, 19 b : 1, 6 c : 7	a ₂ : 18	a ₂ : 21, 11
a : 3, 10		a ₁ : 12, 13, 17, 20 b : 5 c : 16

Analisando qualitativamente as correlações descritas acima, estabelecemos os seguintes grupos em função dos níveis de mudança, numa primeira aproximação:

1- Alunos que já se apropriaram do referencial newtoniano, sem no entanto se sensibilizarem com o convite feito pelo questionário a pensarem a mudança conceitual.

Alunos	Itens	Classificação
1,4,8,9,15,21	1	a
	2	a ₁ (15) b (1,4,8,9) c (21)
	3	a ₁ (4) a ₂ (1,8,9,15,21)
	4	a ₃ (8,21) b (1,4,9,15)
	5	b
	6	a ₁ (4,15,21) a ₂ (1) a ₃ (8)
	7	a ₁ (4,8,9,15) a ₂ (21) b (1)

2- Alunos que estão no referencial newtoniano e são sensíveis à metodologia didática que aponta a diferença entre as concepções alternativas e o referencial newtoniano, atendendo ao convite feito.

Alunos	Itens	Classificação
2,6,7,11,18,19	1	a (2,6,7,11,18,19)
	2	a ₁ (2) a ₂ (6,11,18,19) b (7)
	3	a ₂ (2,6,7,11,18,19)
	4	a ₁ (6,7,11) a ₃ (2,18,19)
	5	a ₁ (6,7,11) a ₂ (18,19) b (2)
	6	a ₁ (11) a ₂ (7) a ₃ (2,18,19) b ₁ (6)
	7	a ₁ (2,19) a ₂ (11,18) b (6) c (7)

3- Alunos que não fizeram a mudança conceitual embora estejam em processo. Destacamos que deste grupo os alunos de nº 3 e 10 alcançaram uma solução de compromisso, o que lhes garantiu a aprovação, o que não foi possível para os demais alunos deste grupo.

Alunos	Itens	Classificação
3,5,10,12,13,14,16,17,20	1	b ₁ (5,10,12,16,20) b ₂ (13,17) b ₃ (14)
	2	a ₁ (12) a ₂ (14,16) b (3) c (5,13,17,20) d (10)
	3	a ₂ (3,14,17) b ₁ (12,16,20) b ₂ (5,13) b ₃ (10)
	4	a ₂ (14,20) a ₃ (5,10,13,16,17) b (3,12)
	5	a ₂ (5,10,12,13,14,16,17,20) b (3)
	6	a ₂ (3,13) a ₃ (5,12) b ₂ (10,14,20) b ₃ (16,17)
	7	a ₁ (12,13,17,20) a ₂ (10,14) b (3,5) c (16)

Provavelmente os alunos do grupo 1 já haviam feito a mudança para a concepção newtoniana no 2º grau. Entre eles o número 15 é o único, acreditamos que por gentileza, que apesar de não lembrar da mudança, constrói uma suposição sobre o que é pedido no item 2, em função da metodologia usada. O fato de no item 6 todos deste grupo se colocarem na posição de professor (a no item 6) é um dado que corrobora esta hipótese. Conclui-se daí que esta metodologia foi inócua para estes alunos e podemos considerar que um ensino no qual esta etapa fosse suprimida seria de melhor proveito para eles, pois haveria tempo de fazê-los avançar mais. De qualquer forma só foi possível identificá-los a partir do curso com fins de uma avaliação diagnóstica.

Em relação ao grupo 2, também de alunos newtonianos como no 1, a mudança parece mais recente, tendo provavelmente ocorrido durante o curso, o que os tornou sensíveis aos questionamentos colocados. Neste grupo a identificação das dificuldades desta mudança conceitual, entre outros dados, nos indica a adequação da metodologia usada durante as aulas.

Este agrupamento em níveis de mudança nos levou inclusive a repensar a classificação do aluno 7 no item 2 como b. Analisando melhor sua resposta, vemos que apesar dele escrever “da mesma forma”, ele explica exatamente a que esta expressão se refere.

Uma constatação da segurança adquirida pelos alunos com a metodologia é o fato da maioria deste grupo se colocar na posição de professor.

O grupo 3 é um aglomerado de alunos vivendo a mudança conceitual, provavelmente em diferentes estágios. Um trabalho mais minucioso poderia detalhar subníveis de mudança neste grupo. É interessante notar que apenas o aluno 3 não considera a mudança difícil, nem identifica o passo mais difícil. Este aluno é um dos dois únicos aprovados do grupo (o outro, o número 10 já foi comentado no texto).

A análise apresentada neste trabalho evidencia a importância do acompanhamento passo a passo do processo vivido pelos alunos através do seu modo de falar e escrever o que indica o sentido que ele imprime à sua linha de raciocínio em relação à mudança conceitual. O exercício de metacognição (DRIVER, 1985), propiciado pela aplicação de um questionário do tipo aqui apresentado, nos possibilita uma ação em sala de aula apontando na direção do ponto de convergência entre a mudança conceitual em seu aspecto cognitivo e a mudança de posição do aluno no ato de conhecer. Parte da dificuldade do aluno é interpretada por nós como um apego a um sistema de referência autocentrado, impedindo-o de abandonar suas concepções alternativas à Física newtoniana. Consideramos esta conclusão similar à de Pope e Gilbert (1985) quando dizem que para as pessoas os seus conhecimentos sobre o mundo constituem “pepitas de verdade”. Outra evidência para esta conclusão encontramos em Bachelard (1977) que considera a percepção, chamada por ele de experiência primária, um obstáculo epistemológico. Fazendo equivaler a experiência primária às concepções alternativas, a humanidade continua a extasiar-se frente o nascer e pôr do sol, desconsiderando Galileu que há mais de trezentos anos derrubou os argumentos que impediam a Terra de girar ao redor do Sol.

Deste modo, o problema de qualquer mudança conceitual ultrapassa os limites da cognição, uma vez que a construção do conhecimento é feita por indivíduos que se constroem ao mesmo tempo que aprendem. A transmissão de conhecimento aponta para além de um saber objetivo; toca propriamente no

aluno enquanto ser, aqui definido através de sua concepção de mundo traduzida pelas concepções alternativas que produz.

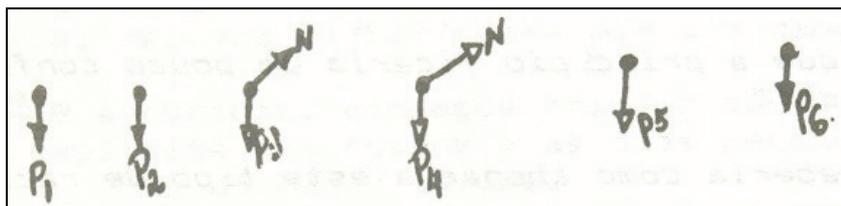
Neste contexto, o sujeito e o objeto de conhecimento não são definidos a priori, mas constroem-se no próprio ato de conhecer. Vemos que também para o processo pedagógico as estruturas singulares do par professor-aluno na construção do conhecimento têm importância fundamental. O professor constantemente é atingido por tais singularidades, que o deslocam para além do domínio de um ensino objetivo, que tradicionalmente lhe é atribuído.

É provável que a persistência da problemática em relação aos problemas do ensino, que se estendem da alfabetização à universidade, não se atenham estritamente aos fenômenos de ordem cognitiva, mas que recebam influências de outra ordem, ou seja, da ordem da constituição do sujeito.

Notas

(1) Outros exemplos:

– Aluno 10:



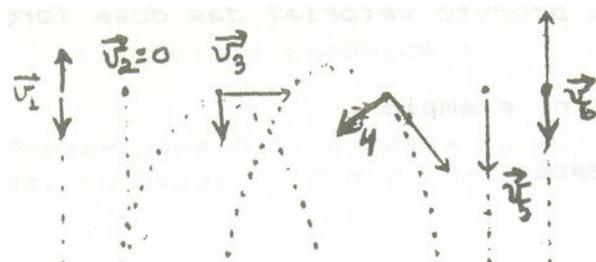
“Em P_1 , P_2 , P_5 e P_6 a única força que atua nas bolinhas é o peso. Já na P_3 e P_4 , por fazerem um lançamento, passa a atuar uma normal.”

– Aluno 12:

São duas as forças que agem nas bolas, a não ser da bolinha nº 2, $v = 0$, todas possuem uma força de impulso e a força de gravidade. (Este aluno não compõe sua justificativa com desenhos.)

(2) Outro exemplo:

– Aluno 17:



Nas bolas só age a força peso.

(3) Outros exemplos:

– Aluno 15: *“Eu não me lembro, mas sei que você quer algo como: ou seja, onde a força tem a mesma direção e sentido da trajetória.”*

Percebe-se que este aluno, apesar de não lembrar a sua pré-concepção, demonstra ter compreendido a proposta didática das aulas que visa a explicitação da mudança conceitual.

(4)

– Aluno 7 explicita: *“Da mesma forma pois as bolas liberadas no ar só são atraídas pela mesma aceleração da gravidade”.*

(5)

– Aluno 17: *“Acho que a princípio ficaria um pouco confusa e acabaria não respondendo!”*

– Aluno 20: *“Não saberia como chegar a este tipo de raciocínio.”*

(6)

– Aluno 18 que de forma mais completa explicita a visão newtoniana:

“Um corpo permanece em seu estado de movimento retilíneo uniforme (ou repouso) até que uma força aja sobre ele. No caso, essa força é gravitacional, e ela faz com que o movimento da bolinha seja alterado.”

(7) Outros exemplos:

– Aluno 16: *“Que as forças atuariam somente no instante de contato, e por tendência natural elas descreveriam o movimento.”*

– Aluno 12: *“Desprezando-se o atrito do ar agem apenas as forças que criam o movimento e a força da gravidade. A trajetória descrita pelas bolinhas é o produto vetorial das duas forças.”*

(8) Outro exemplo:

– Aluno 13: *“Ação e Reação.”*

(9) Outros exemplos:

– Aluno 10: *“Pois a intuição é muito forte e por muitas vezes nos leva a acertar erros enormes.”*

– Aluno 19: “*Foi difícil porque ‘física intuitiva’ está em nossa cabeça há muito tempo. A passagem da ‘física intuitiva’ para a ‘física newtoniana’ aconteceu quando entrei para a faculdade para fazer o curso de Física.*”

(10) Outros exemplos:

– Aluno 3: “*Não mudei.*”

– Aluno 4: “*No meu caso a passagem foi ‘leve’. Desde o momento em que uma idéia me foi mostrada newtonianamente, eu a aceitei facilmente, isto é, não foi difícil para mim a mudança.*”

– O aluno nº 9 é curioso, consegue brincar com o tema de nossa pesquisa, ele explicita sua resposta às duas perguntas:

“a) *Já nasci sabendo*

b) *Não foi.*”

– Aluno 12: “*Se fosse para responder de forma intuitiva só colocaria como força uma seta na direção do movimento. Talvez fosse a resposta no 2º grau porém não posso garantir pois **fica difícil raciocinar de uma forma contrária a que tenho agora.***” (o grifo é nosso)

– Aluno 15: “*Não me lembro de ter feito a passagem da física intuitiva para a ‘newtoniana’.*”

(11) Outro exemplo:

– Aluno 11: “*Sair desta noção intuitiva e da aplicação de fórmulas para entender a inércia.*” Também classificamos neste grupo o aluno de número 6: “*Pensar que só existe a força peso agindo.*”

(12) Outros exemplos:

– Aluno 10: “*Provar para mim, através da experiência que estas leis estão corretas, ou seja, tudo que vemos é somente uma ilusão.*”

– Aluno 13: “***O mais difícil foi aceitar** (o grifo é nosso) *que o raio sobe e não desce! Toda chuva que dava eu me colocava na janela pra observar, e nossa! minha cabeça pirava!*”*

– Aluno 19: “*Foi de encarar as novas idéias no devido lugar.*”

– Aluno 5: “*Concluir qual é a resposta válida ou precisa.*”

Os alunos de nº 12 e 14 apresentam respostas de difícil interpretação enquanto tomadas isoladamente. Retornaremos a elas no momento das correlações:

– Aluno 12: “*Esquecer os conceitos originais.*”

– Aluno 14: “*Entender as três leis e aplicá-las ao nosso universo.*”

(13) Outros exemplos

– Aluno 15: “*Explicaria o que é **inércia** e que as forças têm o poder de alterar a direção e o sentido do vetor velocidade dos corpos.*” (inércia)

– Aluno 21: “*Quando o malabarista arremessa a bola, a força feita no arremesso cessa no instante em que solta. Só a ação da gravidade, somente, esta bola descreve uma determinada trajetória (vertical ou parabólica), dependendo do ângulo de arremesso, permitindo ao malabarista apanhá-la.*”

(14)

Já o aluno de número 8 diz: “*Tentando lhe dar uma base matemática de raciocínio e ele mesmo veria que estaria **errado**.*”

E finalmente, o aluno de número 18 responde: “*Primeiro mostraria (por meio de exemplo) que os conceitos dele estão incorretos, para depois mostrar a forma mais correta, fazendo-o passo a passo e me aprofundando aos poucos*”. Notem que ele diz que fará passar o colega da forma **incorreta** para a **mais correta**. De qualquer maneira, ele também não dá nenhuma indicação de como trabalharia os conceitos de Física. Podemos, no entanto, entrever de sua resposta um certo procedimento didático, o que no entanto não é objeto de nossa análise.

(15)

Os alunos de números 10 e 14 se referem às dificuldades em relação às noções alternativas e não se referem a conceitos de Física. Diz o aluno número 10: “*Seria preciso ensinar e provar a este colega que as coisas não acontecem como nós a vemos.*” E o de número 14: “*Que deixem a intuição e passem a estudar as leis de Newton*”.

(16) Outro exemplo:

– Aluno 17: “*Que ele não deixe de perceber que aquele corpo possui uma massa e que é necessário uma força proporcional para mover esse corpo.*”

(17) Outros exemplos:

- Aluno 4: “*Não. O que pode ocorrer é que, às vezes, não sabemos aplicar corretamente as leis de Newton para uma determinada situação.*”
- Aluno 9: “*Uma afirmação feita por alguém que pensa erroneamente em termos de Física.*”
- Aluno 13: “*Sou totalmente contra essa afirmação. Não só as leis de Newton como **toda** a Física está presente 24 horas do dia.*”
- Aluno 17: “*Do dia a dia das coisas mais simples não, ao passo que as perguntas e os questionamentos continuam, se as coisas estão acontecendo realmente dessa forma ou não.*”
- Aluno 20: “*Não concordo com isso, na minha opinião as leis de Newton se combinam perfeitamente como os nossos movimentos no dia a dia.*”

(18)

E diz o aluno de nº 11: “*Não se aplicam mal! É que as pessoas, de início, vão muito pela intuição, sem perceberem ou observarem realmente as coisas. As leis de Newton surgiram através de métodos experimentais e observações de situações em que essas mesmas leis se aplicariam.*” Os alunos 14 e 18, deste grupo, se referem mais explicitamente a dificuldades pessoais.

- Aluno 14: “*Justamente a dificuldade de entendê-las e de combatê-las com a nossa intuição.*”
- Aluno 18: “*As leis de Newton são formas de descrever esse comportamento que estão muito distante do pensamento intuitivo, que está muito enraizado em nós.*”

Já o aluno de número 21 refere-se às concepções alternativas sem dar indicação de dificuldade pessoal. Ele diz: “*As leis de Newton são contrárias as leis intuitivas*”.

(19) Mais um exemplo:

- Aluno 5: “*Depende de como você classifique ou entenda a maneira com que essas leis são cifradas. Elas podem ou ser mal descritas para algumas pessoas ou não, nesse caso varia muito da experiência física teórica ou experimental.*”

Referências Bibliográficas

- BACHELARD, G. **La formation de l'esprit scientifique**. 1. ed. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 1977.
- DIBAR URE, M. C.; ARAUJO, A. T. S.; QUEIROZ, G. Entraves no processo de aprendizagem da física básica. **Cadernos do ICHF-UFF**, n. 24, ago. 1990.
- DRIVER, R. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, 1988.
- HOPKINS; BOLLINGTON; HEWETT. Growing up with qualitative research and evaluation. **Evaluation Research in Education**, v. 3, n. 2, p. 61-80, 1989.
- POPE, M. L.; GILBERT, J. K. Constructive science education. In: EPTING, F.; LANDFIELD, E. F. (Eds.) **Anticipating personal construct psychology**. Nebraska: Nebraska University, 1985.
- TEIXEIRA, S.; QUEIROZ, G. As revoluções que não convencem. Colóquio de História da Ciência, 6, Campinas, 1990.
- VIENNOT. L. Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. 1977. Tese (Doutorado) – Universidade de Paris VII, Paris.
- VILLANI, A. Mudança conceitual no ensino de física: objetivo ou utopia? Encontro de pesquisa em ensino de física, 3, Porto Alegre, jul. 1990. (Palestra)
- ZYLBERSZTAJN, A. Galileu – um cientista e várias versões. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v. 5, n. especial, p. 36-48, 1988.

CLASSIFICACAO GERAL DOS ALUNOS

Número do aluno	Calouro ou repetente		Nota final	Questionário						
				1	2	3	4	5	6	7
21	R	2.0		a	c	a ₂	a ₃	b	a ₁	a ₂
11	R			a	a	a ₂	a ₁	a ₁	a ₁	a ₂
17	R	1.2		b ₂	c	a ₂	a ₃	a ₂	b ₃	a ₁
14	R	2.1		b ₃	a ₂	a ₂	a ₂	a ₂	b ₂	a ₂
20	R	5.0	4.7	b ₁	c	b ₁	a ₂	a ₂	a ₂	a ₁
16	R	4.7	2.0	b ₁	a ₂	b ₁	a ₃	a ₂	b ₃	c
12	R	2.0		b ₁	a ₁	b ₁	b	a ₂	a ₃	a ₁
13	R	4.0	2.5	b ₂	c	b ₂	a ₃	a ₂	a ₂	a ₁
5	R	4.3	2.2	b ₁	c	b ₂	a ₃	a ₂	a ₃	b

CLASSIFICACAO GERAL DOS ALUNOS

Número do aluno	Calouro ou repetente	Nota final	Questionário						
			1	2	3	4	5	6	7
1	C	6.9	a	b	a ₂	b	b	a ₂	b
4	C	10.0	a	b	a ₁	b	b	a ₁	a ₁
8	R	6.9	a	b	a ₂	a ₃	b	a ₃	a ₁
9	C	8.9	a	b	a ₂	b	b	b ₁	a ₁
15	C	6.9	a	a ₁	a ₂	b	b	a ₁	a ₁
2	C	6.9	a	a ₁	a ₂	a ₃	b	a ₃	a ₁
6	R	8.1	a	a ₂	a ₂	a ₁	a ₁	b ₁	b
7	C	7.0	a	b	a ₂	a ₁	a ₁	a ₂	c
18	R	6.3	a	a ₂	a ₂	a ₃	a ₂	a ₃	a ₂
19	R	6.8	a	a ₂	a ₂	a ₃	a ₂	a ₃	a ₁
3	C	6.0	b ₂	b	a ₂	b	b	b ₂	a ₁
10	C	6.0	b ₁	d	b ₃	a ₃	a ₂	b ₂	a ₂