

O CONCEITO DE VELOCIDADE EM ALUNOS DE 5.^a SÉRIE DO 1.^o GRAU: UM ESTUDO A PARTIR DE QUESTÕES TÍPICAS DE SALA DE AULA *

Anna Maria Pessoa de CARVALHO **
Odete P. B. TEIXEIRA ***

RESUMO: O principal intuito deste estudo foi o de investigar como os alunos de 5.^a série do 1.^o grau conceituam velocidade quando o material usado nas entrevistas constitui-se de questões semelhantes às comumente dadas em aulas de Ciências (Física).

Após a análise das respostas, percebe-se que o conceito de velocidade dos alunos da faixa etária de 10 a 12 anos parece estar voltado somente ou ao aspecto temporal ou ao aspecto espacial e não a uma relação espaço-temporal. Pode-se perceber, também, que aqueles que inicialmente forneceram respostas não-corretas, à medida que visualizaram os movimentos dos carrinhos, nas maquetes, mudaram de opinião, fornecendo respostas corretas; porém o simples fato de observarem os movimentos não foi condição suficiente para darem uma justificativa lógica.

O conceito de velocidade parece estar muito mais ligado ao sujeito — na medida em que é avaliado em função do que ele observa no cotidiano, da sua vivência, do que em relação ao objeto, daquilo que é realmente observado, — na medida em que esta avaliação é muito carregada de explicações pré-causais, envolvendo o animismo, o finalismo ou a causalidade moral.

PALAVRAS-CHAVE: Estudo de conceitos. Velocidade. Ensino de física.

O principal intuito deste estudo foi o de investigar como os alunos de 5.^a série do 1.^o grau conceituam velocidade. A metodologia usada nesta pesquisa foi da exploração crítica e o material usado nas entrevistas constitui-se de questões semelhantes às comumente dadas em aulas de Ciências (Física).

Piaget efetuou várias pesquisas sobre o estudo da noção de movimento, em sua pesquisa sobre o pensamento físico (Piaget, 1975, pp. 48-55); mostrou que esta noção está intimamente ligada à atividade do sujeito sobre a realidade. Segundo ele, o movimento visto através de um aspecto mais geral seria interpretado como uma "mudança de lugar" — por exemplo:

* Pesquisa financiada pela FAPESP e CNPq.

** Professora Assistente Doutora do Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada. Faculdade de Educação. USP.

*** Professora efetiva da EESG Prof. Gualter da Silva.

crianças pequenas só se interessam pela "troca de lugar dos objetos", não se importando com a "trajetória descrita" por tais objetos. Mais tarde, o movimento passa a ser considerado através de um aspecto mais especial, ou seja, como algo que possui uma duração, uma trajetória, que pressupõe um esforço, etc. — o movimento passa a ser interpretado por meio de uma consideração física, quando, então, começa a caracterizar-se a noção de velocidade.

Piaget (1946a) dedica todo um livro ao estudo de como são formadas as noções de movimentos e velocidade, verificando que este processo é efetuado através de uma longa elaboração, primeiro sensorio-motora, depois intuitiva e por fim, operatória. Ele (Piaget, 1958) ainda escreveu um artigo sobre a percepção da velocidade na criança e no adulto, onde observou que a velocidade fora julgada em termos de comparação com outros movimentos (outras velocidades), ou seja, a velocidade havia sido considerada em função da ultrapassagem ou do alcance dos móveis. Quando o movimento era de um único móvel, a velocidade era avaliada em função daquilo que a retina dos olhos conseguia captar.

Não só Piaget se preocupou em pesquisar a noção de velocidade. Outros autores, como: Lovel, Kellett e Moorhouse (1962), Siegel e Raven (1971); Mori e Tadang (1973a); Mori e Tadang (1973b); Mori, Tadang e Kitigawa (1974); Mori, Kojima e Deno (1976); Mori, Kojima e Tadang (1976); Boulanger (1976); Kolodiy (1977); Trowbridge e McDermott (1980) realizaram estudos relativos a este conceito, ainda que na sua grande maioria se tenha baseado nos trabalhos realizados por Piaget.

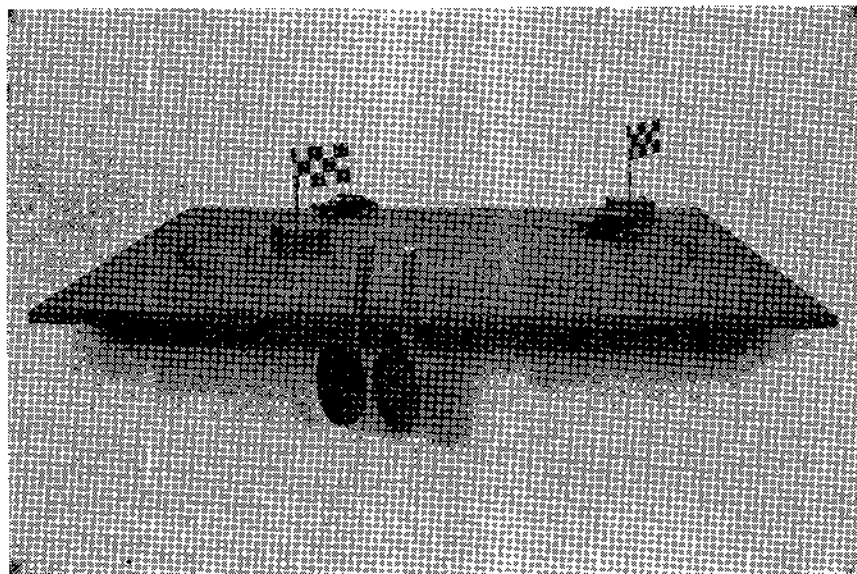
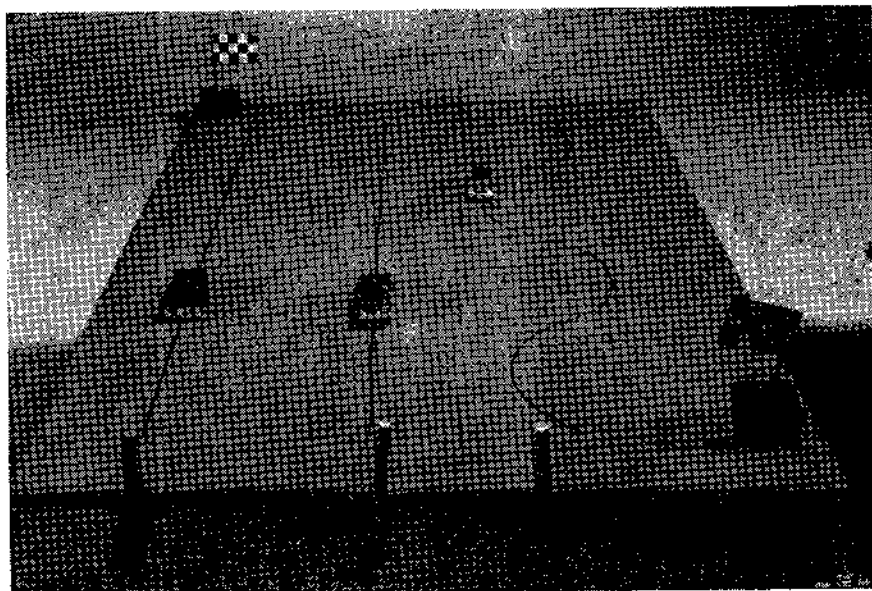
Neste nosso estudo, procuramos tomar como ponto de apoio as principais idéias expostas nestes artigos e utilizá-las na seleção de nossas questões. Assim, foram formuladas quinze questões sendo nossa preocupação principal a de tentar perceber como os alunos interagem com estas questões e de que maneira elaboravam o conceito de velocidade.

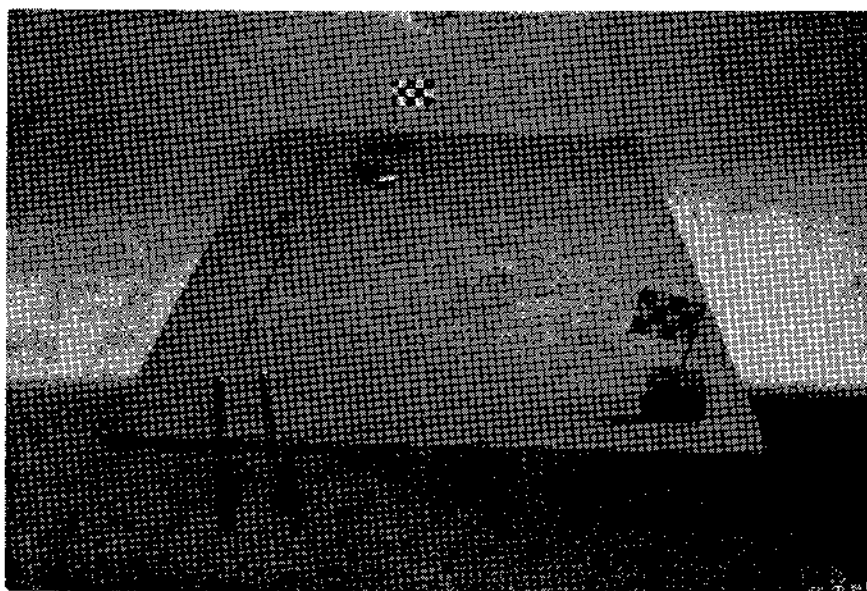
Para efeito de análise dos resultados, as quinze questões foram divididas em três grupos:

1. QUESTÕES 1, 3, 5, 6, 8, 9 e 11

Estas questões foram assim agrupadas, pois além de apresentarem o esquema representativo da situação, havia também a possibilidade da representação dos movimentos através de uma maquete (ver fotografia), permitindo aos alunos visualizarem os movimentos.

Como este primeiro grupo constava de oito questões — um número relativamente grande — achou-se que, para fazer a descrição dos dados obtidos seria melhor subdividi-lo. Esta subdivisão foi feita em função de algumas das características que estas oito questões apresentavam. Deste primeiro grupo portanto, formaram-se três subgrupos:

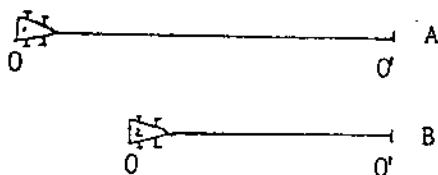




1.1 — Questões 1, 8, e 11

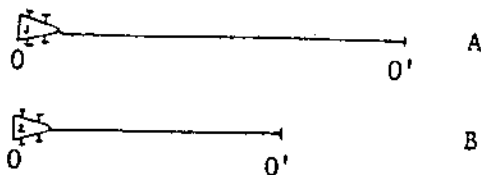
Questão 1

O carrinho 1 percorre a estrada A. O carrinho 2 percorre a estrada B. Os dois carrinhos largam ao mesmo tempo dos pontos "0" e chegam juntos nos pontos "0' ". Qual dos dois carrinhos você acha que andará mais rápido?



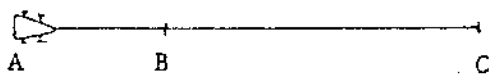
Questão 8

O carrinho 1 gasta 6 s para percorrer a pista A saindo do ponto "0" e chegando em "0' ". O carrinho 2 gasta 6 s para percorrer a pista B saindo do ponto "0" e chegando em "0' ". Qual dos dois carrinhos andará mais rápido?



Questão 11

Para se deslocar do ponto A ao ponto B o carrinho gasta 4 s para se deslocar do ponto B até o ponto C ele leva 4 s. Em qual dos dois trechos o carrinho andará mais rápido?



O agrupamento destas três questões deve-se ao fato de as três apresentarem movimentos cujas pistas eram retilíneas e com distâncias distintas, porém o tempo gasto pelos dois movimentos eram iguais e se apresentavam sob a forma numérica, com exceção da questão 1 (os carrinhos largam ao mesmo tempo dos pontos 0 e chegam juntos nos pontos 0'). Outra característica a ser notada é que na questão 1 os pontos terminais estavam alinhados e na questão 8 o alinhamento era o dos pontos iniciais. As questões 1 e 8 apresentavam os movimentos de dois carrinhos distintos (existiam duas pistas distintas), sendo que o mesmo não acontecia com a questão 11, na qual havia somente o movimento de um único carrinho, em uma única pista.

Na Tabela 1 são mostrados os tipos de respostas obtidas.

TABELA 1 — Questões 1, 8 e 11 — 5.^a série do 1.^o grau

Sujeitos	Questão 1	Questão 8	Questão 11
Viv (11:0)	C → B	C → A	C → A
Moi (10:10)	B → A	C → A	A
Ale (10:5)	B → A	A	A
Ant (11:11)	B → A	A	C → A
Lea (11:7)	B → B	C → C	A
Fla (12:5)	C → B	C → A	B → B
Tel (11:0)	C → A	C → A	A
Fab (11:5)	A	C → A	C → A
Rod (11:7)	C → B	A	A
Ang (11:4)	A	A	A

A — resposta correta com explicação lógica

B — resposta correta com explicação não-lógica

C — resposta não-correta

→ — indica resposta após observar o movimento na maquete

Em relação à questão 1, percebemos um número bastante grande de alunos fornecendo respostas não-corretas ou corretas com justificativas não-lógicas, sendo que, após a observação do movimento na maquete, alguns deles conseguem fornecer respostas corretas. Inicialmente, as respostas são dadas em função da distância percorrida — Fla: "por que é menor o pedaço" — ou por terem considerado o fato de o ponto de partida do carrinho 2 estar mais próximo do ponto de chegada que o do carrinho 1 — Tel: "porque o carrinho 2 tá na frente".

Alguns alunos se utilizaram do ponto de partida como referência — Moi: "quem andou mais rápido foi o carrinho 1 porque ele tá mais atrás".

Para alguns alunos, o fato de terem verificado o movimento dos carrinhos na maquete não foi relevante para que dessem justificativas lógicas;

assim, Lea, ao dizer que "...o motorista quis andar mais rápido", transferiu a maior ou menor velocidade dos movimentos para um fator externo — o motorista —, e não considerando o essencial, ou seja, o trajeto que os carrinhos percorriam.

Em relação à questão 8 encontramos um número maior de acertos. Os alunos que forneceram respostas não-corretas levaram em consideração o tempo — Moi: "ah, aí os dois empatam (...), os dois vão igual porque os dois gastam 6 (segundos)".

Somente Lea argumentou que "quando a pista é menor o carrinho tem que andar mais rápido", isto "porque numa pista menor ele consegue desenvolver mais velocidade (...) porque é mais fácil". Assim, este aluno associou rapidez a uma menor distância, fato que prevaleceu mesmo após a verificação dos movimentos na maquete.

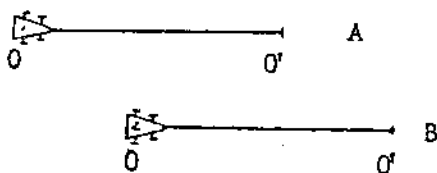
Um número maior de alunos forneceram respostas corretas em relação à questão 11, porém um aluno julgou a velocidade em função do tempo — Fab: "ah, não, é a mesma coisa". Quando perguntamos o que era a mesma coisa, ele respondeu: "o tempo", por isso "eles vão andar igual". Outros alunos julgaram em função da menor distância que o carrinho iria percorrer — Viv: "porque quando o pedaço é pequeno dá pra ir bem rápido".

Resposta bastante interessante forneceu Fla: "porque tá no final da corrida" então "o carrinho quer correr bastante pra chegar logo". Seria interessante ressaltar que mesmo após a visualização dos movimentos na maquete prevalecem a idéia de "correr bastante porque o carrinho tá no final da corrida".

1.2 — Questões 3 e 9

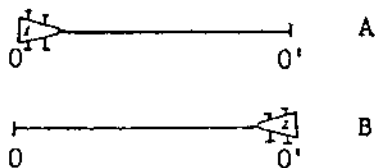
Questão 3

O carrinho 1 percorre a estrada A, indo do ponto "0" para "0' ". O carrinho 2 percorre a estrada B indo do ponto "0" para "0' ". Se os dois carrinhos partem ao mesmo tempo do ponto "0" e chegam juntos ao ponto "0' ", qual dos dois carrinhos você acha que andará mais rápido?



Questão 9

O carrinho 1 percorre a pista A e gasta 4 s para sair do ponto "0" e chegar em "0' ". O carrinho 2 percorre a pista B gastando 4 s para sair do ponto "0" e chegar em "0' ". Qual dos dois carrinhos andará mais rápido?



Estas questões foram agrupadas pelo fato de as duas apresentarem movimentos retilíneos, cujas pistas A e B possuíam o mesmo comprimento; todavia, na questão 9, elas estavam alinhadas e na questão 3 isto não ocorria. Para percorrer cada uma das pistas os carrinhos também gastavam o mesmo tempo — elemento constante —, com a diferença de que na questão 9 este tempo foi dado sob a forma numérica (4 segundos) e, na questão 3, os carrinhos partiam ao mesmo tempo do ponto "0" e chegaram juntos ao ponto "0" (por conseguinte o aluno deveria inferir que, se dois carrinhos "partem juntos e chegam juntos", eles devem "ter gasto o mesmo tempo"). Outro aspecto a ser considerado era o sentido do movimento, pois na questão 3 os carrinhos se movimentavam num mesmo sentido e na questão 9 os movimentos se apresentavam em sentidos contrários.

Na Tabela 2 podemos observar o tipo de respostas obtidas.

TABELA 2 — Questões 3 e 9 — 5.ª séries do 1.º grau

Sujeitos	Questão 3	Questão 9
Viv (11:0)	C → A	A
Moi (10:10)	C → A	A
Ale (10:5)	C → C	C → C
Ant (11:11)	C → C	C → A
Lea (11:7)	C → A	C → A
Fla (12:5)	C → A	A
Tel (11:0)	(B) C → A	A
Fab (11:5)	C → A	A
Rod (11:7)	C → C	A
Ang (11:4)	C → C	A

A — resposta correta com explicação lógica

B — resposta correta com explicação não-lógica

C — resposta não-correta

→ — indica resposta após observar o movimento na maquete

() — indica mudança de resposta no decorrer da entrevista, sem ter observado o movimento na maquete

Com relação à questão 3, na totalidade as respostas dadas foram não-corretas, tendo parte dos alunos escolhido o carrinho 1 por este ter andado por uma estrada maior — Fab: "o caminho (do carrinho 1) é um pouco mais comprido". Outra parte dos alunos optaram pelo carrinho 2, pelo fato de ele estar na frente e "quem está mais perto consegue andar mais rápido". Mesmo após a visualização prevaleceu um número bastante grande de respostas não-corretas, como no caso de Ant que afirmava que o carrinho que estava na frente corria mais porque "ele tem mais potência".

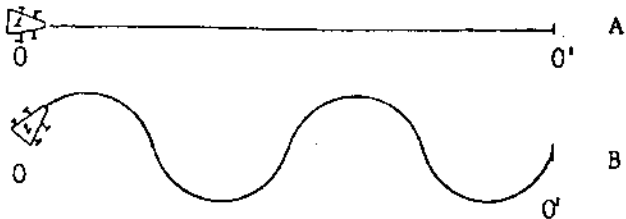
Ao analisarmos a questão 9, percebemos um número maior de respostas corretas, sendo que este fato talvez possa ser atribuído pelo alinhamento dos pontos de partida e de chegada.

Dos alunos que forneceram resposta não-correta, podemos citar o caso de Ale: "este aqui (carrinho 2) vai ter que andar pra trás e o cara de dentro vai ter que olhar pra cá e vai ser mais difícil dirigir". Quando perguntamos por que seria mais difícil, sua resposta foi a seguinte: "porque ele vai ter que olhar pelo retrovisor, e este aqui, o motorista do carrinho 1, tem mais visão e vai sempre pra frente" — logo, para este aluno, o "andar em sentido contrário" significa "andar de marcha-à-ré, o que imprimia ao motorista a um grau de dificuldade maior que se ele dirigisse "pra frente". refletindo, assim, uma transferência daquilo que ele observa no cotidiano. Após a visualização dos movimentos, todos os alunos que forneceram resposta não-correta mudaram de opinião, exceto Ale, que continuou com o mesmo tipo de raciocínio.

1.3 — Questões 4, 5 e 6

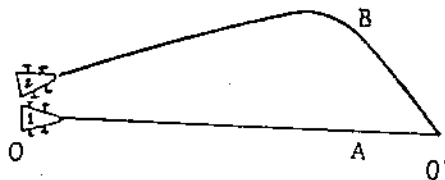
Questão 4

Ao mesmo tempo que um carrinho 1 sai do ponto "0" percorrendo a pista A, um carrinho 2 sai do ponto "0" percorrendo a pista B. Se os dois carrinhos chegam juntos em "0'" qual dos dois carrinhos andar­á mais rápido?



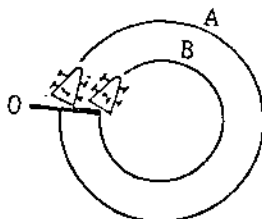
Questão 5

O carrinho 1 percorre a pista A e o carrinho 2 percorre a pista B. Se os dois carrinhos saem ao mesmo tempo do "0" e chegam juntos em "0'", qual dos dois carrinhos andar­á mais rápido?



Questão 6

O carrinho 1 percorre a pista A e o carrinho 2 percorre a pista B. Os dois carrinhos efetuam uma corrida largando a faixa localizada em "0", dando uma volta completa pelas respectivas pistas e chegando juntos em "0' ". Qual dos dois carrinhos você acha que andar­á mais rápido?



O agrupamento destas três questões foi devido ao fato de pelo menos uma das pistas possuírem uma forma não-retilínea. Com isso se desejou verificar o quanto era relevante para os alunos as diferentes configurações das duas pistas, já que nestas questões o tempo era o componente que se mantinha constante (os carrinhos largavam juntos e chegavam juntos) na medida em que as pistas ou estavam alinhadas ou possuíam os dois pontos iniciais ou terminais coincidentes ou ambos os pontos (iniciais e terminais) eram coincidentes.

Na Tabela 3 são mostrados os tipos de respostas.

TABELA 3 — Questões 4, 5 e 6 — 5.^a série do 1.^o grau

Sujeitos	Questão 4	Questão 5	Questão 6
Viv (11:0)	B → B	B → B	D ₂ → D ₂
Moi (10:10)	C → B	C → B	D ₂ → D ₂
Ale (10:5)	B → A	C → A	D ₁ → D ₂
Ant (11:11)	A	A	D ₁ → D ₂
Lea (11:7)	A	C → A	D ₁ → D ₂
Fla (12:5)	B → B	B → B	D ₁ → D ₂
Tel (11:0)	A	A	D ₁ → D ₂
Fab (11:5)	A	A	D ₁ → D ₂
Rod (11:7)	B → B	B → B	D ₁ → D ₂
Ang (11:4)	B → B	B → B	D ₁ → D ₂

A — resposta correta com explicação lógica

B — resposta correta com explicação não lógica

C — resposta não correta

D₁ — considerou o caráter linear da velocidade

D₂ — considerou o caráter angular da velocidade

→ — indica resposta após observar o movimento na maquete

Em relação à questão 4, grande parte dos alunos se referiram ao movimento de subida e de descida que o carrinho teria de realizar — transferindo, então, para essa situação experiência do cotidiano, onde as subidas são mais difíceis de serem realizadas que as descidas — Ang: “porque o carrinho 2 tem que fazer muito esforço por causa das subidas” ou, ainda, Viv: “o carrinho 1 é mais fácil de chegar; é só andar em linha reta e tudo bem”. Mesmo após a visualização dos movimentos prevaleceu um número razoável de respostas seguidas de explicação não-lógica: (Viv) “porque o motorista dirige com mais cuidado” ou (Ale) “ele tem que fazer a curva devagar (...) ele deve tomar cuidado para não capotar, mas depois que ele passa este pedaço, ele pode correr bastante até chegar na outra virada”.

A mesma linha de raciocínio é encontrada nas respostas para a questão 5, como por exemplo, no caso de Moi: “... o carrinho que anda em linha reta consegue andar mais rápido”. Mesmo após a observação dos movi-

mentos, a maioria dos alunos não conseguiram fornecer justificativas lógicas: (Moi) "acho que o carrinho 2 tinha melhores condições" ou (Fla) "acho que o carrinho 2 tem um motorista que gosta de correr mais" ou, ainda, (Ang) "por que no reto fica mais tranquilo".

Ao analisar a questão 6, percebemos que apenas dois alunos disseram que as velocidades dos dois carrinhos seriam iguais pelo fato de eles "sair igual e chegar igual", sendo que este tipo de raciocínio prevalece mesmo após a visualização dos movimentos — para estes alunos o relevante era o fato de os carrinhos saírem juntos e chegarem juntos, logo, somente o aspecto angular foi levado em conta, sendo que possivelmente este caráter angular estivesse ligado ao fato de os dois carrinhos assumirem as mesmas posições.

Os demais alunos optaram inicialmente pelo carrinho 1, justificando sua escolha em função do maior comprimento da pista: (Ant) "a pista de fora é maior do que a de dentro". Porém, após a realização dos movimentos, todos mudaram de opinião e usaram o seguinte argumento: (Fab) "mas eu vi que eles andavam igual" e (Rod) "eles andaram juntinhos" — ver o movimento foi suficiente para eles "entenderem" os carrinhos andando com velocidades iguais, ou seja, prevaleceu o que foi "visto" na maquete: o caráter angular da velocidade.

2. QUESTÕES 2, 7 e 10

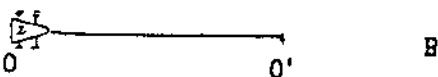
Questão 2

Considerando-se a Questão 1: se o carrinho 1 quase alcançar o carrinho 2, porém o carrinho 2 chegar antes no ponto "0'", qual dos dois carrinhos você acha que andará mais rápido?



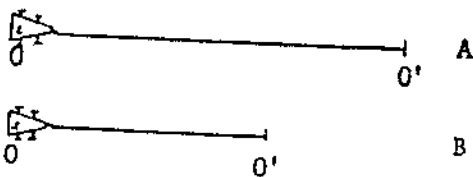
Questão 7

O carrinho 1 gasta 5 s para percorrer a pista A saindo do ponto "0" e chegando em "0'". O carrinho 2 gasta 8 s para percorrer a pista B saindo do ponto "0" e chegando em "0'". Qual dos dois carrinhos você acha que andará mais rápido?



Questão 10

O carrinho 1 gasta 3 s para percorrer a pista A e o carrinho 2 gasta 1 s para percorrer a pista B. Qual dos dois carrinhos andará mais rápido?



Estas questões foram agrupadas, pois apresentavam tanto os tempos como os espaços percorridos diferentes para cada um dos movimentos, sendo que nas três questões os alunos podiam se valer do esquema representativo que acompanhava cada uma.

Das questões acima referidas, aquela que parecia apresentar uma solução mais fácil de ser encontrada era a questão 7, pois apesar de se tratar de uma proporção espaço-temporal e, portanto, de requerer o emprego de uma tabela de dupla entrada, permitia extrair do aluno deduções tais que:

$$\text{maior espaço} \times \text{menor tempo} = \text{maior velocidade}$$

$$\text{menor espaço} \times \text{maior tempo} = \text{menor velocidade}$$

ou seja, o demorar mais para percorrer um espaço pequeno significa "possuir uma velocidade pequena" e o demorar menos para percorrer um espaço grande significa "possuir uma velocidade grande" — pois há uma inversão nas grandezas que compõem a proporção: à medida em que se aumenta o espaço, diminui-se o tempo e vice-versa.

Para as questões 2 e 10, os alunos teriam de raciocinar em função de uma relação de compensação tanto do fator espacial quanto do temporal.

A proporção que aumentava o tamanho da pista, também aumentava o tempo gasto, isto se levando em conta que a velocidade é uma relação heterogênea, portanto, para que haja conservação da velocidade, na medida em que o espaço percorrido é aumentado, o tempo gasto também deve ser proporcionalmente aumentado, uma vez que "a estrutura das proporções

comporta sempre um elemento de compensação; quando temos $\frac{x}{y} = \frac{x'}{y'}$,

os produtos $xy' = yx'$ constituem um sistema de compensações, de tal sorte que qualquer modificação de x deve ser compensada, se conservarmos a igualdade, por uma modificação pelo menos de um dos outros termos" (Piaget, 1976, p. 165).

Agora, somente as operações qualitativas não eram suficientes para que o aluno avaliasse velocidade dos carrinhos, na medida em que se tem:

$$\text{maior distância} \times \text{maior tempo} = \text{indeterminado}$$

$$\text{menor distância} \times \text{menor tempo} = \text{indeterminado}$$

Esta indeterminação é mais acentuada se for levado em conta que no seu enunciado constava" (...) se o carrinho 1 quase alcançar o carrinho 2, porém o carrinho 2 chegar antes no ponto O", logo este "quase" pode ser avaliado de uma maneira muito subjetiva, já que não fora estabelecido nenhum valor numérico.

Na Tabela 4 são assinalados os tipos de respostas encontradas.

TABELA 4 — Questões 2, 7 e 10 — 5.^a série do 1° grau

Sujeitos	Questão 2	Questão 7	Questão 10
Viv (11:0)	C	C	D ₃
Moi (10:10)	D ₄	A	D ₄
Ale (10:5)	D ₄	C	D ₃
Ant (11:11)	D ₄	A	D ₄
Lea (11:7)	C	C	D ₃
Fla (12:5)	C	C	D ₃
Tel (11:0)	D ₄	A	D ₃
Fab (11:5)	D ₄	A	D ₃
Rod (11:7)	C	A	D ₃
Ang (11:4)	D ₄	A	D ₄

A — resposta correta com explicação lógica

C — resposta não-correta

D₃ — julgou a velocidade somente em função do tempo

D₄ — julgou a velocidade somente em função do tempo

Pela análise das respostas à questão 2, percebemos que um número razoável de alunos optaram pelo carrinho 2 pelo fato de ele ter chegado primeiro — Moi: “porque o carrinho 1 não pode alcançar ele, porque o carrinho (2) tem que chegar primeiro”. Dos alunos que indicaram o carrinho 1, podemos citar os casos de Rod; “porque o carrinho 2 vai chegar primeiro, então o carrinho 1 vai querer correr bastante pra tentar chegar primeiro também, ele não vai querer perder”, ou ainda de Lea: “é o carrinho 1, porque o motorista não vai querer que o outro chegue primeiro”. Viv simplesmente transferiu para esta questão aquilo que ela havia observado na questão 1: “eu acho que como da outra vez, ele foi mais rápido, então ele vai ser mais rápido agora também”.

O que podemos observar é que nesta questão não encontramos alunos que relacionassem o espaço percorrido pelo móvel com o tempo gasto para percorrê-lo — as palavras introduzidas no enunciado do problema foram mais fortes, assim “chegar primeiro” ou “quase alcança” faz com que o carrinho tenha que correr bastante para “não perder”.

Analisando a questão 7, verificamos um número razoável de respostas corretas, como no caso de Fab: “porque ele gasta menos tempo e a pista é maior”. O restante dos alunos optaram pelo carrinho 2, sendo que encontramos respostas como a de Fla: “porque ele vai ter que andar mais do que o outro” isto porque “ele vai ter que andar até 8 (segundos)”; ou ainda de Lea: “porque um tem 5 segundos e o outro fez em 8 segundos, então o de 8 segundos vai querer fazer em 5 segundos” — estes alunos introduziram suas próprias condições no enunciado do problema.

Analisando a questão 10, percebemos que a maioria dos alunos optaram pelo carrinho 1, por ele ter percorrido uma distância maior — Fla: “é o (carrinho) 1 porque ele tem que andar mais —, tendo sido focalizado somente o aspecto espacial da velocidade.

Quanto aos demais alunos, o fato de o carrinho 2 ter gasto menos tempo foi relevante para que a escolha se procedesse: (Ang) “porque ele ... gastando menos segundos do que o (carrinho) 1 ... o (carrinho) 1 tem bastante segundos e o (carrinho) 2 tem só 1 segundo, é muito pouco segundo”.

3. QUESTÕES 12, 13, 14 e 15

Questão 12

Uma bicicleta percorre por dia 50 km. Um carro percorre por dia 100 km.

- Quantos quilômetros a bicicleta e o carro percorrerão no final do segundo dia?
- E no final do terceiro dia?
- Se o carro quebra no final do quinto dia, após quantos dias a bicicleta o alcançará?

Questão 13

Um carrinho demora 5 segundos para percorrer a distância de 11 centímetros. Um outro carrinho demora 12,5 segundos para percorrer a distância de 27,5 centímetros. Qual dos dois carrinhos andarás mais rápido?

Questão 14

Um carrinho percorre 5 centímetros gastando 3 segundos. Um outro carrinho percorre 15 centímetros gastando 6 segundos a mais que o primeiro carrinho. Qual dos dois carrinhos andarás mais rápido?

Questão 15

Um carrinho percorre 11 centímetros em 5 segundos. Um outro carrinho percorre o dobro do espaço na metade do tempo. Qual dos dois carrinhos andarás mais rápido?

Estas quatro questões foram reunidas por terem sido apresentadas de uma maneira formal aos alunos, ou seja, nestas questões eles não se poderiam valer nem dos esquemas representativos da situação, nem das maquetes para que os movimentos pudessem ser observados; elas foram colocadas simplesmente através da forma escrita.

A questão 12 parecia ser a de mais fácil solução, na medida em que se poderia estabelecer uma multiplicação lógica, relacionando-se cada dia com o espaço que cada um dos móveis iria percorrer. Porém a solução não se tornava tão fácil, uma vez que se interrogava o número de dias que a

bicicleta precisava para poder alcançar o carro; haveria, agora, a necessidade de se compararem os dois movimentos e de estabelecer uma relação entre o número de dias gastos por cada um dos móveis.

As questões 13 e 14 apresentavam o problema de indeterminação, onde:

menor distância \times menor tempo = indeterminado

maior distância \times maior tempo = indeterminado

ou seja, para "descobrir" as velocidades dos dois carrinhos, os alunos teriam de estabelecer uma relação entre o espaço percorrido e o tempo gasto por cada um dos móveis, verificando a proporção existente. Para isso, os alunos teriam de dissociar quatro fatores (dois espaciais e dois temporais), esquematizar e quantificar metricamente.

A diferença entre a questão 15 e as demais deste grupo é que nesta não são apresentados quatro valores numéricos correspondentes aos espaços e aos tempos gastos; dois destes valores foram substituídos pelas palavras "dobro do espaço" e "metade do tempo".

Na tabela abaixo podemos verificar o tipo de respostas obtidas.

TABELA 5 — Questões 12, 13, 14, e 15 — 5.^a série do 1.^o grau

Sujeitos		Questão 12			Questão 13	Questão 14	Questão 15
		a	b	c			
Viv	(11:0)	C	C	B	D ₄	D ₄	A
Moi	(10:10)	A	A	C	D ₄	D ₄	A
Ale	(10:5)	A	A	C	D ₃	D ₃	A
Ant	11:11)	A	A	C	D ₄	D ₄	A
Lea	(11:7)	A	A	C	D ₄	D ₄	A
Fla	(12:5)	A	A	C	D ₃	D ₃	A
Tel	(11:0)	C	C	C	D ₄	D ₄	A
Fab	(11:5)	C	C	C	D ₄	D ₃	A
Rod	(11:7)	A	A	C	D ₄	D ₄	A
Ang	(11:4)	A	A	C	D ₄	D ₄	A

A — resposta correta com explicação lógica

B — resposta correta com explicação não-lógica

C — resposta não-correta

D₃ — julgou a velocidade somente em função do espaço

D₄ — julgou a velocidade somente em função do tempo

Em relação à questão 12, dos alunos que forneceram resposta não-correta, temos o caso de Viv, que simplesmente chutou alguns valores para os quilômetros que percorreriam a bicicleta e o carro no final do segundo dia: “acho que é 50 (km) pra bicicleta e 500 (km) pro carro”, “eu chutei; não dá pra saber quanto ele (o carro) vai andar”; e ainda de Tel: “acho que vai dar uns 50 km”, isto porque “os dois (carrinho e bicicleta) vão querer andar junto”. O mesmo tipo de raciocínio foi utilizado em relação aos quilômetros que percorreriam a bicicleta e o carro no final do terceiro dia.

Em primeira instância parecia estar claro para os alunos que responderam acertadamente, que a relação entre as velocidades da bicicleta e do carro estavam evidentes, porém fato curioso aconteceu, quando foi perguntado a estes alunos quantos dias precisaria a bicicleta para poder alcançar o carro, pois nenhum deles conseguiu fornecer a resposta correta, com exceção de Viv, que respondeu “5 dias”. Quando perguntamos a ela como este valor havia sido encontrado, disse: “porque a bicicleta não quebrou, e no quinto dia o carro quebrou, então ele vai ter que consertar o carro e até ele achar um mecânico, o mecânico demora mais ou menos cinco dias pra consertar um carro”.

Em relação à questão 13, notamos que alguns alunos optaram pelo carrinho que gastava menos tempo — Moi: “porque 5 segundos é menor do que 12,5 segundos”. Outros apontaram o carrinho que percorria uma distância maior — Fla: “porque ele andou mais”.

Assim, para os alunos que desconhecem a velocidade como uma proporção espaço-tempo e se defrontam com problemas cujos esquemas representativos do enunciado não são vistos, a escolha é feita ou somente em função do tempo ou somente em função do espaço.

O mesmo fato pudemos observar em relação à questão 14, na qual, novamente, ou o caráter temporal ou o espacial foi levado em conta: (Moi) “... o que vai andar mais rápido é o que vai andar 3 segundos” isto “porque ele é mais potente ... ele gastou menos”; (Ale) “porque ele gasta bem mais espaço que o outro”.

Quanto à questão 15, todos os alunos responderam que o carrinho que andava com maior velocidade era aquele que percorria o dobro do espaço na metade do tempo — Ale: “ele andou o dobro, então andou bem mais, na metade do tempo, então ele deve correr bastante”. Dessa forma, a palavra “dobro” parecia ter um sentido muito forte que, já por si, influenciava a opção por este carrinho.

CONCLUSÕES

Ao serem analisadas as respostas fornecidas pelos alunos da 5.^a série, pode-se perceber que aqueles que inicialmente forneceram respostas não-

-corretas, à medida que visualizaram os movimentos dos carrinhos, através das maquetes, mudaram de opinião, isto é, conseguiram fornecer respostas corretas. Porém, o simples fato de observarem os movimentos não foi condição suficiente para que fornecessem uma justificativa lógica para aquilo que estava sendo visto.

Os argumentos utilizados pelos alunos para justificarem as suas respostas estavam comumente voltados às situações com as quais ele estavam familiarizados, ou seja, aquilo que havia sido vivenciado no cotidiano, visto estarem as justificativas baseadas geralmente em algum fator externo no qual o movimento estava envolvido. Desta forma, encontrou-se respostas do tipo: "o motorista quis andar mais rápido", sendo que, na realidade, no carrinho que o aluno estava observando não existia motorista — o motorista foi um elemento introduzido pelo aluno e que estava servindo como agente para provocar a maior velocidade do carro. Pode-se notar, então, uma clara transferência daquilo que se observa do cotidiano, pois a criança está habituada a ver que "quem" induz maior ou menor velocidade a um automóvel é o "motorista" — através de uma analogia imediata "o motorista" é o elemento externo introduzido para justificar a maior velocidade.

Outras respostas ainda podem ser destacadas para exemplificar a importância do dia-a-dia para os alunos da faixa etária entre 10 e 12 anos, na medida em que foram encontradas justificativas como: "ele (o carrinho) tem mais potência" ou "o carrinho quer correr bastante pra chegar logo" ou "acho que o carrinho 2 tem um motorista que gosta de correr mais" ou "porque o motorista não vai querer que o outro chegue primeiro" ou "ele deve tomar cuidado para não capotar" ou ainda, "porque a bicicleta não quebrou, e no quinto dia o carro quebrou, então ele vai ter que consertar o carro e até ele achar um mecânico, o mecânico demora mais ou menos cinco dias pra consertar um carro".

Percebe-se que as explicações acima citadas giram em torno do "motorista" ou do "carrinho" e sempre através de situações vivenciadas; as justificativas estão, assim, relacionadas a um "contato de superfície com as realidades exteriores", isto é, por uma simples acomodação à "experiência imediata... sobretudo ao ponto de vista próprio, à experiência individual e até aos desejos e efetividade do sujeito" (Piaget, 1970, p. 357); entretanto, os alunos, após verificarem a situação concreta —, por meio das maquetes —, conseguem dar explicações ligadas ao animismo, finalismo ou à causalidade moral (Piaget, 1976, p. 34).

O mesmo fato pode ser observado nas questões que envolvem movimentos retilíneos e curvilíneos, de modo a encontrarem-se respostas como: "o carrinho 1 é mais fácil, é só andar em linha reta e tudo bem" ou ainda "porque no reto fica mais tranquilo" — assim, novamente aquilo que é observado no cotidiano tem uma importância fundamental.

Paralelamente, o que é observado nas maquetes (o concreto) é um indicador consistente para as respostas fornecidas. Na questão 6, por exemplo todos os alunos, após visualizarem os movimentos dos carrinhos, concluíram que as suas velocidades seriam iguais, dizendo: "mas eu vi que eles andavam iguais"; houve portanto, o prevalecimento do caráter angular da velocidade, tendo-se tornado irrelevante os diferentes comprimentos das duas pistas. O "ver" os carrinhos assumindo posições que estavam alinhadas foi um fator muito relevante para os alunos julgarem iguais as velocidades. Prevalece, então, a percepção, isto é, o "realismo óptico", no qual "a criança substitui as relações físicas dos corpos pelas relações visuais que correspondem aos dados aparentes da percepção" (Piaget, 1970, p. 333).

Outro dado a ser comentado é o esquema que acompanhava as questões. A representação no plano da situação proposta na questão 4 fez com que alguns alunos tivessem considerado a pista não como um trajeto onde existiam curvas, mas sim subidas e descidas: "o carrinho 2 tá com muita subida e descida" ou "o carrinho 2 tem que fazer muito esforço por causa das subidas".

Nas questões formuladas envolvendo movimentos retilíneos paralelos, sem que os pontos de partida ou de chegada estivessem alinhados, os alunos não coordenaram os dois espaços percorridos pelos dois móveis com os tempos gastos. Desta maneira, a velocidade foi julgada em função dos pontos mais próximos ou de chegada: "porque o carrinho tá na frente" ou, ainda, "ele (carrinho 2) estava mais perto" — logo, a velocidade é referida sob um caráter finalista, tende a uma meta, isto é, atingir o ponto de chegada (Piaget, 1975c, p. 52).

Por outro lado, nas questões nas quais ocorria o alinhamento dos pontos de partida e de chegada, o número de respostas corretas observado foi maior. Na questão em que havia a não concordância dos sentidos dos movimentos dos dois carrinhos, foram novamente encontradas respostas baseadas nas observações do cotidiano: "este daqui (carrinho 2) vai ter que andar pra trás e o cara de dentro vai ter que olhar pra cá e vai ser mais difícil dirigir . . . porque ele vai ter que olhar pelo retrovisor e esta aqui, o motorista do carrinho 1 tem mais visão e vai sempre pra frente" — logo, "andar pra frente" implica uma dificuldade menor que andar de marcha-à-ré".

No grupo das questões 2, 7 e 10, foram encontradas respostas que enfocavam ou o aspecto temporal ou o aspecto espacial da velocidade, como se a velocidade fosse "algo" que não dependesse concomitantemente destes dois fatores, mas como se eles existissem isoladamente — ora importava o tempo gasto ora, o espaço percorrido.

Através das respostas fornecidas pelos alunos, parece que a velocidade torna-se mais fácil de ser avaliada quando houver situações que permitam

comparações entre “maior distância x menor tempo” com “menor distância x menor tempo”, como aparece na questão 7, do que no caso da questão 10 na qual se comparava “maior distância x maior tempo” com “menor distância x menor tempo” (Piaget, 1976, p. 131). Havia a necessidade de se considerarem dois movimentos diferentes ou duas frequências distintas; “as dificuldades surgiram pelo fato de que era, então, necessário coordenar dois tempos locais e dois espaços (ou frequências) locais, para deles obter as relações espaço-temporais comuns aos dois movimentos” (Piaget, p. 87); no caso então da questão 10, a solução era obtida ou se considerando apenas o caráter temporal da velocidade, ou apenas o espacial — centração em apenas uma das componentes.

Fato análogo pode ser observado em relação às questões 13 e 14, em cujas respostas, novamente, ora era predominante o aspecto temporal ora, o espacial: “porque 5 segundos é menor do que 12,5 segundos” ou “porque ele anda mais”.

Assim, o conceito de velocidade que possuem alunos da faixa etária entre 10 e 12 anos, e que ainda não tiveram este conceito ensinado na sala de aula, parece estar voltado somente ou ao aspecto temporal ou ao aspecto espacial, não sendo estabelecida uma relação espaço-temporal. O conceito de velocidade parece estar muito mais ligado ao sujeito — na medida em que é avaliado em função daquilo que ele observa do cotidiano, da vivência — do que em relação ao objeto, daquilo que é realmente observado, — na medida em que esta avaliação é muito carregada de explicações pré-causais envolvendo o animismo, o finalismo ou a causalidade moral.

BIBLIOGRAFIA

- BOULANGER, F. D. (1976). The Effects of Training in the Proportional Reasoning Associated with the Concept of Speed. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(2):145-154.
- KOLODIY, G. O. (1975). The Cognitive Development of High School and College Science Students. *Journal of College Science Teaching*, (1):20-22.
- LOVELL, K. (1961). A Follow-up of Piaget's Growth of Logical Thinking. *British Journal of Psychology*, (52):143-155.
- MORI, I. e TADANG, N. (1973a). The Effect of Abnormal Speed Motion Picture Films on a Child's Spatio-Temporal Recognition. Part I: In the Deviation of Stimated Time of a Falling Body. *Science Education*, 57(3):319-324.
- MORI, I. e TADANG, N. (1973b). The Effect of Abnormal Speed Motion Picture Films on a Child's Spatio-Temporal Recognition. Part II: On the Comparison of Synchronous and Isochronous Events. *Science Education*, 57(3):325-330.
- MORI, I.; TADANG, N. e KITIGAWA, O. (1974). The Effect of Language on a Child's Forming of Spatio-Temporal Concept: On Comparing Japanese and Thai Children. *Science Education*, 58(4):523-529.
- MORI, I.; KOJIMA, M. e DENO, T. (1976). A Child's Forming the Concept of Speed. *Science Education*, 60(4):521-529.

- MORI, I.; KOJIMA, M. e TADANG, N. (1976). The Effect of Language on a Child's Conception of Speed: A Comparative Study on Japanese and Thai Children. *Science Education*, 60(4):531-534.
- MULLER, K. (1977). *Psicologia Aplicada à Educação*. São Paulo, EPU-EDUSP, pp. 105-121.
- NELSON, K. J.; SELNIKER, T. e JEFFREY, W. E. (1969). The Child's Concept of Proportionality: A Re-examination. *Journal of Experimental Child Psychology*, (8):256-262.
- NOVAK, J. D. (1977). An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education. *Science Education*, 61(4):353-477.
- PHILLIPS, J. L. (1969). *Origens do Intelecto: a teoria de Piaget*. São Paulo, EDUSP.
- PIAGET, J. (1946a). *Les Notions de Mouvement et de Vitesse chez l'Enfant*. Paris, Presses Universitaires de France.
- PIAGET, J.; FELLER, Y. e McNEAR, E. (1958). Essais sur la Perception des Vitesses chez l'Enfant et chez l'Adulte. *Archives de Psychologie*, 36(144):253-327.
- PIAGET, J. (1970). *A Construção do Real na Criança*. Rio de Janeiro, Zahar.
- PIAGET, J. (1972). *A Epistemologia Genética*. Petrópolis, Vozes.
- PIAGET, J. (1975a). *A Gênese das Estruturas Lógicas Elementares*. Rio de Janeiro, Zahar.
- PIAGET, J. (1975c). *Introducción a la Epistemologia Genética*. Vol. 2: El pensamiento físico. Buenos Aires, Paidós.
- PIAGET, J. e INHELDER, B. (1976). *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente*. São Paulo, Pioneira.
- SIEGEL, B. D. e RAVEN, R. (1971). The Effects of Manipulation on the Acquisition of the Compensatory Concepts of Speed, Force and Work. *Journal of Research in Science Teaching*, 8(4):373-378.
- TROWBRIDGE, D. E. e McDERMOTT, L. C. (1980). Investigation of Student Understanding of the Concept of Velocity in One Dimension. *American Journal of Physics*, 48(12):1020-1028.