

PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES SOBRE DESENHOS DE TESTES EXPERIMENTAIS

Alessandro Damásio Trani Gomes

Antônio Tarciso Borges

Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais

Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha

31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

Resumo

Neste trabalho, examinamos o efeito que o conhecimento prévio exerce sobre a habilidade de estudantes em controlar variáveis. Participaram da pesquisa 122 estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental e 78 do 2º ano do Ensino Médio. Os estudantes avaliaram a adequação de dois conjuntos de esquemas experimentais para testar o efeito de uma variável independente sobre outra dependente. Os resultados obtidos mostram que estudantes mais velhos e com maior escolaridade apresentam um domínio maior de uma estratégia adequada de controle de variáveis. Encontramos também dependência desta habilidade cognitiva com relação ao fenômeno explorado e ao modo como ele é apresentado.

Palavras-chaves: Atividades Investigativas; Controle de Variáveis; Experimentação.

Introdução

Uma das preocupações das reformas curriculares hoje é, justamente, o planejamento de um currículo que trate da natureza da ciência de forma explícita e que represente a atividade científica de forma mais válida do ponto de vista filosófico e epistemológico, para que a ciência seja vista como uma atividade holística e dinâmica e não apenas como uma série de regras e etapas específicas a serem cumpridas. A intenção é a de aproximar o aprendizado de ciências ao processo de construção de conhecimentos científicos. Assim, a resolução de problemas práticos abertos, organizados como investigações, torna-se, nessa perspectiva, uma estratégia de ensino-aprendizagem valiosa (Borges, 2002 ; Borges, Borges, Silva e Gomes, 2002).

Os próprios princípios que regem a educação básica brasileira, os PCNs (Brasil, 1999), incentivam, de forma explícita, as escolas a introduzirem, em seus currículos, metodologias de ensino que estimulem o raciocínio, a experimentação, a solução de problemas e uma série de competências e habilidades cognitivas relacionadas à investigação. Sendo assim, o ensino de ciências deve contribuir ou possibilitar o desenvolvimento da capacidade de identificar questões e problemas a serem resolvidos, de observar, classificar e identificar fenômenos, de relacionar grandezas e parâmetros relevantes, de construir e investigar problemas utilizando modelos físicos, entre outras.

Mas, a utilização das atividades investigativas no ensino de Ciências como uma estratégia de ensino/aprendizagem depende, principalmente, da capacidade dos estudantes em planejar e conduzir tais atividades, para que possam, ao final, discutir e argumentar em vista dos resultados obtidos. Para que isso aconteça de forma satisfatória, são necessárias certas habilidades relacionadas ao processo de investigação científica. Dentre essas habilidades, destaca-se a capacidade de controlar variáveis, de forma que o experimentador possa inferir relações causais entre os fatores em jogo.

Esse trabalho, aprofunda uma análise iniciada em um trabalho anterior (Gomes e Borges, 2002), buscando assim, compreender o quanto os estudantes dominam a habilidade de controle de variáveis e identificar suas dificuldades principais ao aplicá-las. Para tanto, tentaremos responder as seguintes questões: (a) Há diferenças significativas entre alunos do 8º ano do Ensino Fundamental e do 2º ano do Ensino Médio quanto à habilidade de controlar variáveis? (b) Como e em que medida, fatores como o domínio teórico e o entendimento sobre os objetivos da atividade influenciam nessa habilidade.

Estratégias de Controle de Variáveis

Atividades investigativas, segundo Borges (2002), são problemas abertos nos quais os estudantes não possuem, de antemão, um roteiro, nem uma resposta que devam alcançar, sendo portanto, desafiados a solucioná-los. Muito se tem argumentado sobre a utilização e a implementação de tais atividades no ensino de ciências, mas pouco se sabe sobre o entendimento dos estudantes sobre questões que são cruciais para a obtenção de uma solução satisfatória de um problema prático. Isso pode comprometer seriamente a validade e qualidade de suas afirmações sobre o problema, após a conclusão do processo de resolução. Por isso, é necessário que os alunos desenvolvam um entendimento sólido sobre os principais aspectos da investigação científica.

A investigação científica é uma atividade complexa, socialmente construída. Seus métodos para a construção do conhecimento requerem a coordenação de uma série de habilidades e inclui uma gama de procedimentos e atividades como a formulação de questões e hipóteses, a concepção de experimentos e a utilização de montagens e aparelhos específicos. Envolve ainda observação, medição, predição, registro e interpretação de dados, realização de inferências e avaliação de evidências, modelos e teorias.

Dentre as habilidades básicas que perpassa todo o processo de formulação e teste de hipóteses e que, no nosso entendimento, todo estudante deve desenvolver é a capacidade de planejar e executar o controle de variáveis. Apenas com uma estratégia eficiente de controle e a sistemática combinação entre as diversas variáveis envolvidas na solução do problema prático, é que se pode obter dados confiáveis e colocar-se em posição de analisar os resultados obtidos.

Uma vez dominada a estratégia de controle de variáveis (ECV), o estudante deve ser capaz de planejar testes experimentais adequados e consistentes, ou seja, experimentos nos quais apenas a variável em foco, cujo efeito deseja-se determinar, é alterada, e as demais variáveis são mantidas constantes. Além disso, deve mostrar-se capaz de rejeitar experimentos inconsistentes, nos quais tal situação não ocorre.

Os trabalhos sobre as habilidades relativas ao processo de investigação conduzida por estudantes (Schauble, Klopfer e Raghavan, 1991) sugerem que as estratégias utilizadas durante uma atividade experimental, refletem os diferentes níveis de compreensão, tanto conceitual quanto procedimental, e que o conhecimento prévio afeta de forma decisiva essas estratégias, tendo um forte impacto sobre o teste de hipóteses (experimentação) e sobre a interpretação dos resultados.

Segundo essas pesquisas, quando indivíduos realizam atividades investigativas, seus conhecimentos anteriores, suas crenças e valores impõem, de algum modo, certos limites e vieses teóricos, tendo influência marcante na maneira como formulam hipóteses, na seleção de estratégias experimentais para coletar os dados e na avaliação das evidências.

Durante a atividade, o conhecimento prévio do indivíduo pode ser amplamente caracterizado em termos de quatro aspectos: (a) o entendimento que ele possui sobre os objetivos das atividades experimentais e do objetivo da atividade em questão; (b) os

resultados parciais obtidos durante a atividade; (c) o conhecimento sobre o domínio teórico específico ao qual a atividade se refere, (d) a relação de causalidade entre as variáveis envolvidas.

Metodologia

Participantes

Os participantes são alunos do 8º ano do Ensino Fundamental e do 2º ano do Ensino Médio de uma escola particular de classe média de Belo Horizonte, pertencente a uma rede de ensino confessional. A escolha da escola foi motivada apenas pela facilidade de acesso aos estudantes. Participaram da pesquisa 122 alunos do 8º ano, divididos em quatro turmas (66 meninos e 56 meninas com idades entre 14 e 16 anos) e 78 alunos do 2º ano do Ensino Médio, divididos em três turmas (35 meninos e 43 meninas com idades entre 16 e 18 anos).

Instrumento

Para este trabalho, desenvolvemos um instrumento de pesquisa adaptando as situações-problema aplicadas anteriormente por Chen e Klahr (1999). Preparamos um teste, consistindo de uma série de esquemas experimentais, que abordavam dois problemas diferentes, denominados de ‘problema do avião’ e ‘problema da planta’. Cada problema consistia na avaliação de quatro comparações entre dois desenhos distintos, que representavam uma situação experimental.

O teste foi apresentado sob a forma de um livreto, com oito páginas e um esquema de um experimento em cada página (Figuras 1 e 2). Foram preparados dois tipos de livretos com as duas situações-problema, apenas com sua ordem alternada: o Livreto 1 inicia-se com o problema do avião e o Livreto 2, com o problema da planta. Na tabela 1 estão resumidas as características de cada problema:

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DAS SITUAÇÕES-PROBLEMAS ABORDADOS NO TESTE

Tema	Problema	Número de variáveis	Variáveis	Níveis das variáveis
Avião	Determinar o efeito do tamanho da asa sobre a maneira do avião voar	3	- Asa ^a - Corpo - Cauda	Grande ou pequena Espesso ou fino Grande ou Pequena
Planta	Determinar o efeito da quantidade de água sobre o crescimento da planta	3	- Luz do sol - Água ^a - Alimento	Muita ou pouca Muito ou pouca Muito ou pouco

^a Variável em foco ou relevante

Como podemos ver, os problemas apresentam estrutura similares de variáveis, apesar de tratarem de domínios teóricos bastante diferentes. Ambos possuíam três variáveis causais, todas categóricas que assumem apenas dois valores. A linguagem utilizada para descrever os problemas e as variáveis foi propositadamente coloquial. Os dois problemas utilizavam experimentos de quatro tipos diferentes:

- Experimento consistente: aquele cuja variável em foco, relevante para a solução do problema proposto e cujo efeito se deseja determinar, assume valores diferentes, enquanto que as demais variáveis são mantidas constantes, sendo, portanto, o experimento correto para demonstrar o efeito da variável em foco em cada problema.

- Experimento inconsistente em uma variável: aquele em que além da variável relevante, uma segunda variável, irrelevante para a questão apresentada, também varia. Apenas um fator é mantido constante nesse experimento. Assim, esses experimentos são inadequados para determinar o efeito da variável relevante.

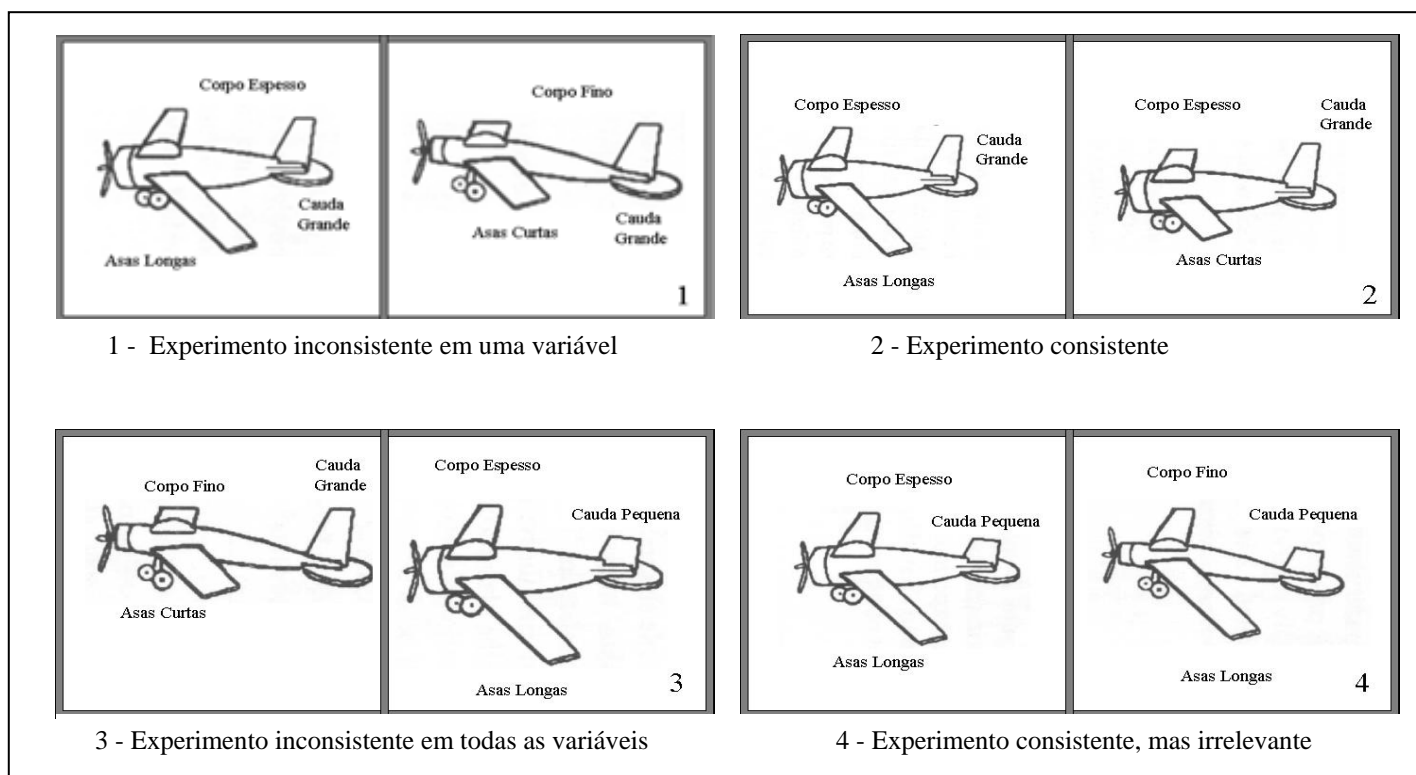


FIGURA 1 - EXPERIMENTOS UTILIZADOS PARA A SITUAÇÃO-PROBLEMA DO AVIÃO

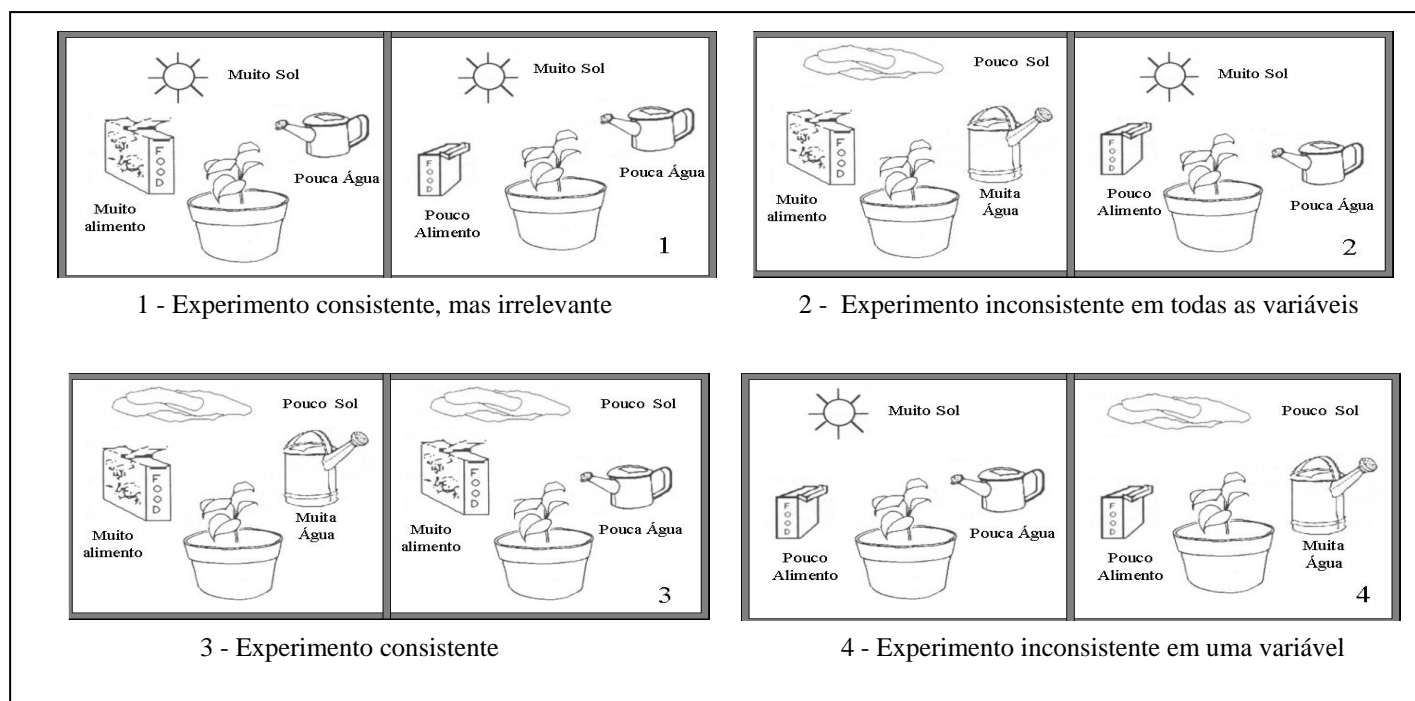


FIGURA 2 - EXPERIMENTOS UTILIZADOS PARA A SITUAÇÃO-PROBLEMA DA PLANTA

- Experimento inconsistente em todas as variáveis: aquele em que a variável relevante assume valores diferentes, juntamente com as demais variáveis. Estes experimentos são, então, inadequados para determinar o efeito da variável relevante.

- Experimento consistente, mas irrelevante: aquele em que uma outra variável independente, mas irrelevante para o problema, assume valores diferentes, enquanto que a variável relevante é mantida constante. Estes experimentos, apesar de serem corretos quanto ao controle de variáveis, são inadequados para determinar a influência da variável relevante.

As figuras 1 e 2 ilustram os tipos de experimentos utilizados para as duas situações-problema. A numeração corresponde à ordem utilizada no livreto.

Procedimentos

Os testes foram administrados durante o período de aula dos alunos (turno manhã). O Livreto 1 foi distribuído em duas turmas do 8º ano e em duas turmas do 2º ano. O Livreto 2 foi distribuído nas outras turmas. Sendo assim, 64 alunos do 8º ano receberam o Livreto 1 e 58 alunos, o Livreto 2. No 2º ano, 49 alunos receberam o Livreto 1 e 29 alunos, o Livreto 2.

Todos os alunos realizaram o teste no mesmo dia. Comunicamos aos estudantes o objetivo geral da pesquisa e o objetivo dos testes. O professor não forneceu aos alunos qualquer orientação sobre como proceder. Os estudantes foram instruídos a prestar atenção às instruções fornecidas pelo pesquisador e a olhar para os desenhos (Figuras 1 e 2) cuidadosamente.

Durante a apresentação dos dois problemas, optou-se pelo uso de proposições gerais, evitando-se terminologia técnica, para não sugerir hipóteses ou entendimentos específicos. Para o problema do avião, foi dito aos estudantes que o objetivo da atividade era determinar a influência do tamanho da asa sobre a maneira do avião voar. Para o problema da planta, procedemos de maneira semelhante.

Os alunos trabalharam individualmente durante todo o teste, seguindo seu próprio ritmo. Para cada experimento, eles foram orientados a marcar se o experimento era bom ou ruim, tendo em vista os objetivos estabelecidos. Em seguida, era-lhes pedido que justificassem suas escolhas. Os alunos do 8º ano demoraram, em média, 30 minutos e os alunos do 2º ano cerca de 20 minutos para realizar o teste.

Resultados e Discussões

Optamos por separar a análise e discussão em duas partes. A primeira delas (Gomes e Borges, 2002), de natureza estritamente quantitativa, preocupou-se com a avaliação dos experimentos pelos alunos, considerando apenas as opções marcadas pelos estudantes (experimentos bons ou ruins). A segunda parte, de natureza qualitativa e quantitativa, analisa e classifica as justificativas dadas pelos alunos. Apresentaremos aqui os resultados dessa segunda parte.

Para que pudéssemos obter mais informações dos dados empíricos obtidos, fez-se necessário, uma avaliação das justificativas dos alunos para cada um dos experimentos avaliados. Após várias passagens por todo o conjunto de justificativas, elaboramos um sistema de cinco categorias para classificá-las. Ao organizar a classificação, estivemos atentos, principalmente, à habilidade de controle de variáveis que os alunos demonstraram ao justificar cada tipo de experimento. A tabela 2 abaixo apresenta o sistema de categorias que utilizamos.

A seguir, descrevemos e analisamos detalhadamente cada uma das categorias estabelecidas. Apresentamos também exemplos para melhor compreensão das mesmas.

C1 - Justificativa completa e adequada

Quando o aluno apresenta esse tipo de justificativa, podemos perceber sua preocupação e o seu entendimento em relação ao controle de variáveis. Ele fala claramente da necessidade de se variar apenas a variável cujo efeito se deseja determinar e de manter as demais variáveis constantes. Além disso, ele não perde de vista o problema proposto, isto é, o de determinar o efeito de uma variável específica (no problema do avião, o efeito das asas e, no da planta, o efeito da quantidade de água).

Exemplo:

- “Os corpos são iguais, o tamanho da cauda também, o contraste está nas asas (só as asas se modificam de tamanho) ele conseguiria analisar as condições dos aviões sem que nada interferisse no experimento”. Justificativa para o experimento 2 do avião.

TABELA 2 - CATEGORIAS DE JUSTIFICATIVAS

Código	Categoria	Descrição
C1	Justificativa completa e adequada	Justificativa que leva em consideração todos os aspectos do controle de variáveis, além da questão proposta.
C2	Justificativa completa e inadequada	Justificativa que, embora leve em consideração todos os aspectos do controle de variáveis, desconsidera o objetivo da atividade.
C3	Justificativa incipiente	Justificativa que inclui apenas alguns aspectos do controle de variáveis. Na maioria dos casos, a variável cujo efeito se deseja determinar é contrastada e alguma outra variável também varia. Essa variação é percebida pelo estudante, que a considera irrelevante.
C4	Justificativa precária	Justificativa na qual o aluno centra sua atenção apenas na variável em foco, desconsiderando o que acontece com as demais.
C5	Justificativa irrelevante	Justificativa que se baseia em alguma concepção alternativa do estudante, sendo irrelevante se considerarmos o controle de variáveis.

C2 - Justificativa completa e inadequada

Essa justificativa demonstra que o aluno possui, também, um bom entendimento sobre controle de variáveis e reconhece sua importância na determinação do efeito da variável que é contrastada. Porém, ao justificar, o aluno desconsidera ou perde de vista o objetivo da atividade, preocupando-se apenas se o experimento apresenta ou não um caso de controle de variáveis, mesmo que a variável contrastada seja irrelevante para a solução do problema proposto.

Exemplo:

- “O experimento é bom pois só se altera o tamanho dos corpos do avião.” Justificativa para o experimento 4 do avião.

C3 - Justificativa incipiente

A utilização dessa justificativa demonstra que o aluno ainda não domina totalmente o controle de variáveis, pois ele percebe que alguma outra variável também varia, mas ainda acredita que seja possível determinar o efeito da variável relevante. Ele falha, muitas vezes, em perceber quais as variáveis estão sendo contrastadas nos experimentos.

Exemplo:

- “Com o corpo do avião diferente, as caudas são diferentes e as asas também e assim dará para perceber a diferença da asa e também dos outros objetos.” Justificativa para o experimento 3 do avião.

C4 - Justificativa precária

Classificamos como justificativa precária, aquela justificativa em que o aluno demonstra preocupação apenas com a variável cujo efeito se deseja determinar, independentemente das variações das demais variáveis. Tal justificativa revela um compromisso maior com o objetivo proposto, não se importando com a lógica do experimento. Ou seja, o estudante revela que não tem consciência da importância do controle de variáveis para a lógica da experimentação.

Exemplo:

- “Porque uma planta recebe muita água e outra recebe pouca, podendo o resultado se diferenciar por causa da quantidade de água.” Justificativa para o experimento 2 da planta.

C5 - Justificativa irrelevante

Muitos alunos recorreram a suas concepções alternativas sobre os problemas (avião e planta) para avaliar os experimentos, explicitando assim, o seu senso intuitivo de mecanismo. Para diSessa (1993), o ‘senso de mecanismo’ é uma espécie de conhecimento pouco organizado, responsável pelas predições, expectativas, explicações e relações de causalidade que jovens e adultos possuem sobre diversos fenômenos. Assim, a função do ‘senso de mecanismo’ é representar uma base para o raciocínio do indivíduo, enquanto este não adquire um conhecimento mais específico e estruturado sobre determinado fenômeno.

Todas essas justificativas não apresentaram qualquer indício de controle de variáveis e, muitas vezes, desconsideravam o objetivo da atividade. Porém, talvez devido à incompreensão da atividade, muitas justificativas demonstravam preocupação com o resultado final do experimento, ou seja, construir o melhor avião ou promover o maior crescimento da planta. Este comportamento é semelhante ao modo típico de trabalho de engenheiro (Schauble, Klopfer e Raghavan, 1991).

Exemplo:

- “Um avião com asa curta tem um vôo mais instável e um avião com asa longa terá um vôo mais estável porque a asa maior gera uma maior sustentação, mas o vôo será mais lento por causa do arraste”. Justificativa para o experimento 1 do avião.

Tendo em vista essa categorização, descrevemos e analisamos os principais resultados obtidos.

Diferenças quanto à distribuição das justificativas

Nosso primeiro item de análise foi quanto à diferença entre a distribuição das justificativas nos dois níveis de escolaridade analisados. A tabela 3 apresenta essa distribuição, com a respectiva porcentagem das justificativas.

No 8º ano, houve uma ligeira predominância da categoria C5, seguida pela categoria C1. As demais categorias somaram juntas apenas 17,4%. Das 414 justificativas do 8º ano categorizadas por nós como C5, 128 (30,9%) apresentam indícios de que os alunos trataram os problemas segundo o ‘modo de engenharia’, proposto por Schauble, Klopfer e Raghavan (1991), apesar de deixarmos explícito que o objetivo da atividade era o de determinar o efeito das asas na maneira do avião voar e o de determinar o efeito da quantidade de água no crescimento da planta. Percebemos assim, que alguns alunos, ao analisarem os problemas,

desconsideraram os objetivos previamente propostos, e consideraram objetivos mais práticos, visando a otimização do resultado, característicos do ‘modo de engenharia’ anteriormente citado. Esses alunos avaliaram os experimentos para, por exemplo, obter a configuração que proporcionasse o melhor vôo do avião ou a configuração que proporcionasse o melhor crescimento da planta.

TABELA 3 - DISTRIBUIÇÃO DE OCORRÊNCIA DAS JUSTIFICATIVAS

Categorias das justificativas	Porcentagem de ocorrência das justificativas			
	8º ano		2º ano	
	N	%	N	%
C1	392	40,2	347	55,6
C2	35	3,6	16	2,6
C3	101	10,4	52	8,3
C4	31	3,2	18	2,9
C5	414	42,4	187	29,9
Sem justificativa	3	0,3	4	0,6
Total	976	100,0	624	100,0

No 2º ano, houve uma predominância da categoria C1, seguida pela categoria C5. As demais categorias somaram apenas 14,4%. Assim como no 8º ano, 39 justificativas (20,9%), categorizadas como C5, apresentaram características do ‘modo de engenharia’. A diferença nessa porcentagem é significativa ($p=0,011$), o que pode revelar que os alunos do 2º ano se prenderam mais aos objetivos propostos, tratando o problema de ‘modo científico’, como propõem Schauble, Klopfer e Raghavan (1991).

Há diferença estatística significativa ($p<0,001$) entre o 8º ano e o 2º ano, nas porcentagens de ocorrência das justificativas que se enquadram nas categorias C1 e C5. Isso indica que as justificativas oferecidas pelos alunos do 2º ano que participaram da pesquisa tinham uma qualidade superior. Sendo assim, podemos inferir que esses alunos dominam melhor uma estratégia correta de controle de variáveis. Além disso, 33 alunos (27,0 %) do 8º ano justificaram todos os experimentos utilizando justificativas do tipo C5, contra 12 alunos (15,4 %) do 2º ano.

É interessante ressaltar que assuntos relacionados com o controle de variáveis não são tratados na escola, de forma explícita, em nenhum ano ou disciplina do ensino Fundamental e Médio. A maior ocorrência das justificativas irrelevantes para o 8º ano pode indicar um menor domínio dessa estratégia, pois os alunos recorreram a suas concepções e idéias causais intuitivas para tentar resolver o problema proposto. Tal resultado pode indicar também, um maior desconhecimento, por parte dos alunos do 8º ano, quanto ao significado do que seja realizar um experimento e os cuidados necessários durante sua realização.

Como se trata de um aspecto importante durante uma atividade investigativa, o controle de variáveis deve ser sempre levado em consideração, independente do tipo de atividade, grau de dificuldade e do domínio teórico da investigação. Para analisarmos a capacidade dos estudantes de avaliar os diversos experimentos corretamente, levantamos o número e porcentagem de alunos cujas oito justificativas tenham sido categorizadas como C1 (Justificativa completa e adequada). Isso indica três aspectos importantes:

- Indica que o aluno demonstrou, além do domínio de ECV, um entendimento claro do objetivo da atividade, levando-o em consideração quando avaliou os experimentos.
- Indica que o aluno domina bem a estratégia correta de controle de variáveis, pois soube aplicá-la independente do tipo de experimento e do problema envolvido.

- Indica, portanto, uma capacidade de generalização, ou seja, o aluno é capaz de aplicar a mesma estratégia em diferentes contextos, o que provavelmente está relacionado a uma boa compreensão da lógica da experimentação.

No 2º ano, 21 alunos (26,9%) utilizaram justificativas C1 em todos os experimentos. Esse número é significativamente ($p=0,009$) maior que os 15 alunos (12,3%) do 8º ano que também utilizaram justificativas C1 em todos os experimentos.

Esses resultados fornecem indícios de que alunos com maior escolarização e idade têm um domínio maior e melhor das estratégias de controle de variáveis, uma capacidade maior de aplicá-las em diferentes situações e se mantêm mais fiéis aos objetivos da atividade proposta.

O domínio teórico e a ordem dos problemas

A atividade consistia, como já vimos, em dois problemas cujos contextos eram bem diferentes. O problema da planta é mais voltado para o cotidiano, tendo ligações com estudos na área de Ciências e Biologia e envolve grandezas já conhecidas dos estudantes como quantidade de água, temperatura e alimento. Já o problema do avião é mais desafiador e tem ligações com a Física, envolvendo grandezas mais abstratas como pressão, atrito, viscosidade, sustentação aerodinâmica etc. Assim, discutimos sobre como o conteúdo dos problemas pode ter afetado a avaliação dos alunos. A tabela 4 apresenta a distribuição das justificativas por categorias, de acordo com o tipo do problema para o 8º e 2º ano, respectivamente.

TABELA 4 - DISTRIBUIÇÃO DAS JUSTIFICATIVAS POR CATEGORIAS PARA O 8º E 2º ANO, DE ACORDO COM O TIPO DO PROBLEMA

Categorias das justificativas	8º ano				2º ano			
	Avião		Planta		Avião		Planta	
	N	%	N	%	N	%	N	%
C1	194	39,8	198	40,6	164	52,6	183	58,7
C2	19	3,9	16	3,3	8	2,6	8	2,6
C3	53	10,9	48	9,8	24	7,7	28	9,0
C4	14	2,9	17	3,5	8	2,6	10	3,2
C5	207	42,4	207	42,4	106	34,0	81	26,0
Sem justificativa	1	0,2	2	0,4	2	0,6	2	0,6
Totais	488	100,0	488	100,0	312	100,0	312	100,0

Podemos ver, que os estudantes do 8º ano apresentaram um desempenho similar na avaliação dos experimentos dos dois problemas. Isso indica que a diferença entre os domínios teóricos dos temas escolhidos não representou maiores problemas para esses alunos. Porém, 15 alunos (12,3%) tiveram desempenho muito diferente nos dois problemas, ou seja, para eles, a mudança do contexto representou certa dificuldade.

Já para o 2º ano, houve diferença significativa ($p=0,029$) para a porcentagem de justificativas do tipo C5, conforme indica a tabela 4. Os alunos tenderam a justificar mais adequadamente o problema da planta. 7 alunos (9,0%) tiveram também, um desempenho muito diferente entre os problemas, indicando que esses alunos em especial, tiveram maiores problemas com a mudança do contexto.

O melhor desempenho no problema da planta pode ter ocorrido porque os alunos têm um conhecimento maior, ou uma familiaridade maior com o problema, já que esse assunto é, normalmente, abordado nos currículos normais de Ciências e Biologia. Entretanto, o problema do vôo do avião, não é abordado na escola em nenhuma disciplina ou ano.

Podemos recorrer à idéia do 'sentido do mecanismo', proposto por diSessa (1993) para explicar esses resultados. Como os alunos do 8º ano ainda não tiveram aulas formais sobre pressão, atrito viscoso ou empuxo, aspectos relacionados com o problema do avião, eles não dispõem de conhecimentos estruturados específicos sobre o assunto. Sendo assim, as relações causais que envolvem esse domínio teórico são, provavelmente, mais fracamente entendidas e os alunos tenderam a utilizar outros recursos para responder à questão proposta, verificando que não havia a necessidade de conhecimentos teóricos para isso. Quando expressaram suas idéias e concepções, explicitando o mecanismo, pudemos identificar explicações mais simples e de senso comum, ligadas aos aspectos que, para eles, eram familiares, tais como velocidade, proporcionalidade ou equilíbrio. Já os alunos do 2º ano, tiveram aulas de hidrostática, tendo portando, maior familiaridade com as grandezas referidas acima e intuições mais desenvolvidas sobre o que afeta o vôo do avião. Assim, os alunos que não reconheceram que para resolver a questão bastava a utilização de noções de controle de variáveis, empregaram suas concepções para tentar resolver os problemas propostos.

Para continuarmos a análise dos dados empíricos, analisamos se a ordem de apresentação e resolução dos problemas afetou ou não o desempenho dos estudantes. Pela tabela 5, vemos que os alunos do 8º ano que receberam o folheto 2 tiveram um desempenho superior, nos dois problemas, aos alunos que receberam o folheto 1.

TABELA 5 - DISTRIBUIÇÃO DAS JUSTIFICATIVAS DO 8º ANO POR FOLHETO

Categorias das justificativas	8º ano				8º ano			
	Folheto 1 (A/P)		Folheto 2 (P/A)		Folheto 1 (A/P)		Folheto 2 (P/A)	
	Avião		Avião		Planta		Planta	
	N	%	N	%	N	%	N	%
C1	91	35,6	103	44,4	100	39,1	98	42,2
C2	15	5,9	4	1,7	13	5,1	3	1,3
C3	29	11,3	24	10,3	15	5,9	33	14,2
C4	8	3,1	6	2,6	7	2,7	10	4,3
C5	113	44,1	94	40,5	120	46,9	87	37,5
Sem justificativa	-	-	1	0,4	1	0,4	1	0,4
Totais	256	100,0	232	100,0	256	100,0	232	100,00

Com relação ao problema do avião, a porcentagem de justificativas C1 foi significativamente ($p=0,043$) maior entre os alunos que receberam o folheto 2. Também houve diferença significativa ($p=0,018$) entre a porcentagem de justificativas C2. Para o problema da planta, as diferenças mais significativas ($p<0,036$) ficaram por conta das justificativas C2, C3 e C5.

No 2º ano, os alunos que receberam o folheto 2 também obtiveram um melhor desempenho nos dois problemas (veja tabela 6), porém, a diferença entre os alunos foi menor. Para o problema do avião, houve diferença ($p<0,025$) nas porcentagens das categorias C4 e C5 e, para o problema da planta, apenas na categoria C4 ($p=0,029$).

O maior desempenho nos dois problemas, dos alunos que fizeram a atividade com o folheto 2 pode ser explicado considerando dois aspectos. O primeiro, relacionado à retenção dos objetivos das atividades. O fato da realização do problema da planta ter precedido o problema do avião, contribuiu para que os alunos compreendessem melhor os objetivos propostos, provavelmente por ser uma questão mais simples de ser respondida e familiar aos estudantes. A diminuição da porcentagem de justificativas da categoria C5 e C2 indica maior atenção dos alunos, pois as duas são justificativas que desconsideram o objetivo proposto para a atividade.

O outro aspecto está relacionado com a percepção de que a atividade independia de conceitos ou conhecimentos específicos para a sua realização. Assim, o problema da planta ajudou os estudantes a perceber que a atividade envolvia apenas o controle de variáveis e que bastava apenas atentar-se para esse fato. O aumento da porcentagem das justificativas C4 indica maior preocupação com a variável cujo efeito se deseja determinar.

TABELA 6 - DISTRIBUIÇÃO DAS JUSTIFICATIVAS DO 2º ANO POR FOLHETO

Categorias das justificativas	2º ano				2º ano			
	Folheto 1 (A/P)		Folheto 2 (P/A)		Folheto 1 (A/P)		Folheto 2 (P/A)	
	Avião		Avião		Planta		Planta	
	N	%	N	%	N	%	N	%
C1	98	50,0	66	56,9	111	56,6	72	62,1
C2	4	2,0	4	3,4	7	3,6	1	0,7
C3	15	7,7	9	7,8	18	9,2	10	8,6
C4	2	1,0	6	5,2	3	1,5	7	6,0
C5	76	38,8	30	25,9	55	28,1	26	22,4
Sem justificativa	1	0,5	1	0,9	2	1,0	-	-
Totais	196	100,00	116	100,00	196	100,0	116	100,0

Coerência na justificação

De forma geral, os alunos dos dois níveis de escolaridade tiveram facilidades e dificuldades maiores nos mesmos experimentos e um desempenho semelhante entre os experimentos do mesmo tipo. Para podermos avaliar a coerência individual na avaliação dos experimentos semelhantes, apresentamos na tabela 7, o número e porcentagem de alunos coerentes por grau de escolaridade. Consideramos coerentes aqueles alunos que utilizaram categorias de repostas idênticas para justificar os experimentos semelhantes dos dois problemas. Foram excluídos entre os alunos coerentes, os alunos que justificaram todos os experimentos com justificativas irrelevantes (C5).

TABELA 7 – PORCENTAGEM DE ALUNOS COERENTES

Ano	Alunos coerentes
8º ano	28 / 89 (31,5%)
2º ano	33 / 66 (50,0%)

A porcentagem de alunos que demonstraram coerência ao avaliarem os experimentos é relativamente baixa e a diferença entre o grau de escolaridade, significativa ($p=0,02$). A falta de coerência pode indicar uma dificuldade de generalização das estratégias de controle de variáveis. A psicologia educacional sugere que habilidades, como a de se controlar variáveis desenvolvem-se com a idade e a escolaridade. Espera-se, portanto, que os alunos do 8º ano do Ensino Fundamental sintam maior dificuldade em compreender os experimentos similares como tal. Por outro lado, há um crescimento significativo do percentual de alunos coerentes para os estudantes do 2º ano. Como a tabela 7 já desconsidera a porcentagem dos alunos que justificaram todos os experimentos com justificativas C5, podemos ver que 94 estudantes que participaram da pesquisa (47%) tiveram os seus desempenhos influenciados pela mudança do

domínio teórico ou não identificaram semelhanças entre os experimentos quando os avaliaram.

Conclusões

Uma das formas de se obter um ensino mais significativo, contextualizado e atualizado é através da imersão dos estudantes em ambientes que propiciem atividades investigativas e exigem uma atitude mais participativa e reflexiva. Para que haja uma compreensão satisfatória da atividade, do objeto sob estudo e chegar a conclusões válidas sobre ela, os estudantes precisam desenvolver uma boa compreensão do que seja um experimento. A idéia de controle de variáveis, reconhecendo a importância de se variar apenas a variável em foco, mantendo as demais constantes para a obtenção de resultados confiáveis é, dessa forma, fundamental. Entendemos que tais questões devam ser explicitamente tratadas pelo currículo.

Este trabalho, que continua a análise iniciada em um trabalho anterior (Gomes e Borges, 2002), procurou identificar os fatores que influenciaram os alunos do 8º ano do Ensino Fundamental e do 2º ano do Ensino Médio na avaliação da adequação de dois conjuntos de experimentos para testar o efeito de determinada variável sobre outra.

Assim como na pesquisa anterior, os resultados da análise qualitativa revelam que estudantes mais velhos e com maior escolaridade apresentam um domínio maior de uma estratégia adequada de controle de variáveis. Esta é considerada por muitos uma habilidade cognitiva genérica. Mas, fatores como o entendimento que os estudantes têm sobre o domínio e os objetivos da atividade realizada tiveram uma influência significativa na sua realização. Os resultados sugerem ainda, que a dependência desses fatores na aplicação de estratégias de controle de variáveis diminui com a idade e a escolarização do indivíduo, porém, resultados de outras pesquisas indicam que até mesmo adultos apresentam as mesmas dificuldades. Obtivemos também, para ambos os grupos de estudantes, uma porcentagem baixa de alunos coerentes, o que pode revelar que a maioria dos alunos não identificou semelhanças entre os experimentos dos dois problemas quando os avaliou.

A pesquisa sobre a habilidade dos estudantes de reconhecer e realizar testes experimentais nos quais ocorrem estratégias adequadas de controle de variáveis é necessária para que possamos encontrar meios de ajudá-los a desenvolver um entendimento sólido sobre os principais aspectos que envolvem a atividade científica. A aquisição dessa habilidade é um passo importante no desenvolvimento do indivíduo, uma vez que o seu domínio propicia um forte instrumento para a definição e execução dos procedimentos experimentais.

Referências Bibliográficas

- BORGES, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Cad.Bras.Ens.Fís.*, v.19, n.3:p.291-313.
- BORGES, O.N.; BORGES, A.T.; SILVA, M.V.D.; GOMES, A.D.T. (2002). Situações inesperadas no laboratório escolar. In: Atas Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, VIII, Águas de Lindóia, 2002.
- BRASIL, Ministério da Educação. (1999). Parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC.
- CHEN, Z.; KLAHR, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, v. 70, n. 5, p. 1098-1120.
- DISESSA, A. A. (1993). Toward na Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2 & 3), 105-225.

GOMES, A.D.T.; BORGES, A.T. (2002). Controle de variáveis e experimentação. In: Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, VIII, Águas de Lindóia, 2002.

SCHAUBLE, L.; KLOPPER, L. E.; RAGHAVAN, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 859–882.