

A AVALIAÇÃO DE PLANOS DE INVESTIGAÇÃO

THE EVALUATION OF INQUIRY PLANS

Bruno Augusto Rodrigues¹
Antônio Tarciso Borges²
Antônio Marcos Vieira Costa³

¹Universidade Federal de Minas Gerais/Colégio Técnico, bruno@coltec.ufmg.br

²Universidade Federal de Minas Gerais/Colégio Técnico e Programa de Pós-graduação em Educação: conhecimento e inclusão social, tarciso@coltec.ufmg.br

³Bolsista de Iniciação Científica do CNPq, toninho@asthar.net

RESUMO

Neste trabalho examinamos uma metodologia de avaliação do pensamento científico dos alunos de nível médio, que acreditamos poder orientar o julgamento do professor durante o exame de planos de investigação provenientes de atividades investigativas. Para tal discutimos o que vem a ser esta metodologia, a atividade investigativa e os resultados de como 135 alunos da rede estadual de Minas Gerais planejaram investigações para dois problemas investigativos distintos com uma e três variáveis cada. Destacamos também como o processo de avaliação apresentado permite ao professor identificar algumas características dos seus alunos relacionadas às competências e habilidades investigativas e possíveis implementações deste recurso no contexto de ensino de ciências.

Palavras-chave: Atividade investigativa; avaliação; pensamento científico.

ABSTRACT

This study examines a methodology for evaluating students' scientific thinking which we believe holds the potential to inform teachers in classifying the plans developed for solving practical problems through inquiry. We discuss the meanings of investigative activities, investigation plans and results of how 135 pupils from public state school intended to solve two practical problems, with one and three variables each. The methodology allows teachers identify some of the main features of students thinking and inquiry-related skills. The implications of this methodology and its possible use in science education are also discussed.

Keywords: Investigative activities; evaluation; scientific thinking.

I – INTRODUÇÃO

Este trabalho é uma das iniciativas, dentro de um projeto de longo prazo compromissado com o desenvolvimento de um currículo de Física que promova o desenvolvimento do pensar e do pensamento científico de nossos estudantes (BORGES, A. T.; BORGES, O. N., 2001). Acreditamos firmemente que o pensar científico é ensinável. Ensiná-lo, no entanto, é um propósito muito sensível e, sem dúvida, de longo prazo, tão difícil para ensinar quanto para desenvolver. Desenvolver o pensar científico significa adquirir um conjunto de habilidades, formar hábitos de pensamento, de estudo e de leitura, e desenvolver competências, desenvolver a sensibilidade e o tirocínio, para adquirir aquilo que é a “arte” que caracteriza o pensamento

científico em ação. Por exemplo, começamos na escola procurando fazer com que nossos alunos aprendam a reconhecer que métodos foram utilizados nas atividades práticas escolares para coletar dados, por que foram estes métodos e não outros e aprender como discutir a validade dos resultados obtidos.

As metas curriculares que orientam este projeto visam (i) ensinar os principais modelos da ciência, (ii) ensinar a modelar fenômenos, eventos e situações, e (iii) desenvolver a capacidade e o hábito de buscar, avaliar e julgar o poder de convicção de evidências disponíveis. Todavia, a contribuição deste trabalho se limitará à apresentação de uma metodologia que viemos desenvolvendo para a avaliação do pensamento científico de estudantes. Temos avaliado as habilidades dos estudantes em planejar e executar atividades de exploração e investigação nas aulas de física da escola em que trabalhamos. É uma escola que privilegia atividades práticas nas disciplinas de ciências naturais. Parte dos estudantes ganha acesso à escola por meio de exames de seleção muito concorridos, e por isso ela é pouco representativa das escolas públicas dos sistemas estadual e municipal de ensino. Resolvemos então enfrentar o desafio de desenvolver atividades investigativas em escolas públicas, como parte do currículo usual de física. Deixamos a implementação a cargo dos professores das turmas e usamos apenas os recursos que as escolas dispunham. Muitos de nossos colegas, professores e pesquisadores, são céticos quanto à viabilidade dessa abordagem nas escolas públicas, e mesmo sobre o valor educacional deste tipo de atividade.

A seqüência de ensino desenvolvida envolve pouca manipulação de objetos e coisas concretas. A maior parte do tempo foi dedicado à construção de planos para executar experimentos. Este é um processo de explicitação do entendimento e de tomada de decisão acerca dos objetivos de uma pequena pesquisa, das mudanças nesses objetivos, dos recursos utilizados para atingi-los e das políticas que deverão governar a aquisição, utilização e disposição dos recursos. Esperamos, com a implementação dessa seqüência de ensino, promover o desenvolvimento do “pensamento em ação” dos estudantes, articulando seu entendimento conceitual dos tópicos tratados e sobre a relação entre dados e evidências, com o conhecimento estratégico para planejar uma investigação.

Os humanos se diferenciam qualitativamente dos animais por sua função simbólica, ou seja, pela capacidade de representar objetos e eventos por meio de diferentes signos. Tal diferença não é presente desde o nascimento de uma criança. A capacidade de representação (representar a ação) só é possível depois que tomamos consciência de nós e dos objetos do mundo, bem como da noção de espaço, tempo e causalidade. Só então a criança desenvolve sua capacidade de formar imagens mentais através das quais consegue representar ações, evoluindo até a aquisição da coerência lógica em torno de 11/12 anos de idade de acordo com a Teoria do desenvolvimento de Piaget (Coutinho; Moreira, 1992).

Entretanto, como uma criança nesta faixa etária ainda não desenvolveu plenamente a capacidade de operar com proposições verbais (Coutinho; Moreira, 1992), o uso de problemas investigativos que demandam do estudante a exposição por escrito de uma estratégia pessoal de investigação como forma de avaliar o seu pensar científico só é recomendado para estudantes do segundo grau. Ao contrário do uso de atividades investigativas na promoção do pensar, pois acreditamos que as atividades investigativas podem e devem ser utilizadas em todos os níveis de ensino, visto que promovem a articulação de habilidades e conhecimentos práticos e conceituais, desenvolvendo-os e integrando-os simultaneamente (Borges, 1997).

Posto as dificuldades de se adotar problemas investigativos como instrumento de avaliação do pensamento científico, seguimos com a apresentação da metodologia da pesquisa.

II – METODOLOGIA

Acreditamos firmemente que é possível educar o pensar científico dos alunos e que o caminho para tal ensino passa pelo uso de atividades de natureza investigativa ou pouco dirigida (Borges; Rodrigues; Santana, 2003; Borges; Borges; Vaz, 2001; Borges; Borges; Silva; Gomes, 2002). Nesta direção, elaboramos uma seqüência de ensino chamada “Planejando Investigações” e através dela estamos realizando um trabalho de pesquisa com alunos de quatro professores de Física, em três escolas da rede estadual de MG. Todavia, neste trabalho vamos focalizar apenas a metodologia que utilizamos para fazer uma análise da qualidade do planejamento científico desses alunos. Ressaltando que a metodologia depende de alguns critérios de caráter pessoal da abordagem desejada pelo professor(a), mas argumentando sobre o nosso enfoque e chamando a atenção para o caráter abstrato do plano de investigação que é nosso objeto de análise sobre o pensamento científico dos alunos.

A amostra de estudantes foi dividida em dois grupos aleatoriamente entregando o problema 1B aos alunos com número de chamada ímpar e o 1F aos com número par. Tais problemas serão apresentados na seção IV – “O pré-teste”. Porém, como sabíamos que nenhum dos estudantes tinha experiência com atividades desse tipo, optamos pela leitura de um pequeno texto chamado “A grande história de mistério” (Infeld; Einstein, 1976) como introdução à aula de abertura da seqüência. O objetivo era relacionar o trabalho do cientista ao do detetive, mais familiar dos filmes e livros, resgatando exatamente o sentimento e a atitude de exploração e curiosidade que queríamos que os estudantes tivessem ao planejar como iriam buscar respostas aos problemas que lhes seriam propostos. Então, após a confecção do planejamento, os planos individuais de investigação foram avaliados como apresentaremos na subseção “A avaliação do plano de investigação” na seção V – “Resultados”.

III – PARTICIPANTES

Iniciamos as atividades com 135 alunos do primeiro ano do segundo grau do curso noturno realizando o pré-teste, incluindo 32 alunos acima da faixa etária de 15 a 17 anos, estudantes de um curso supletivo. Todos os estudantes pertencem a famílias de baixa renda e a maioria trabalha durante o dia. São ao todo seis turmas, todas da região metropolitana de Belo Horizonte. Outra característica comum das turmas é que nenhum dos professores adotou livro didático de física ao iniciarem o ano letivo e todo o conteúdo do currículo é apresentado em aulas expositivas pelos professores no quadro negro.

Sobre os quatro professores participantes, destacam que todos são licenciados em Física pela UFMG e apenas um possui mais do que dois anos de magistério. Todos estão no início de suas vidas profissionais e de contato com a literatura de pesquisa em ensino de ciências. Apenas um dos autores também foi professor participante e teve experiência anterior com este tipo de atividade durante o estágio ainda na graduação.

IV – O PRÉ-TESTE

Os estudantes levam consigo para a sala de aula um conjunto de concepções sobre vários aspectos do mundo construídos a partir de sua inserção na cultura comum e experiência cotidianos com fenômenos e eventos, o que freqüentemente interfere na aprendizagem das idéias científicas (Borges, 2002).

O conjunto de concepções dos alunos quanto à natureza dos métodos científicos, foram primeiramente estudadas em nossos trabalhos através de problemas investigativos com alunos do 3º ano do segundo grau no ano de 2000 (Borges; Borges; Vaz, 2001). Tal estudo apurou que os estudantes geralmente (i) não reconhecem a variável dependente e quais são as variáveis independentes relevantes para a solução do problema. Alguns concentram esforços no estudo de variáveis irrelevantes para a solução ou tratam parâmetros constantes como se fossem variáveis e (ii) não controlam ou não determinam a influência de outras variáveis causais. Tais falhas no procedimento científico podem produzir testes experimentais inconsistentes e inapropriados do ponto de vista lógico ou metodológico, que resulta na produção de soluções incorretas ou controversas (Borges; Gomes, 2005).

Posteriormente, tornamos a utilizar problemas investigativos na avaliação da atividade experimental de estudantes do 1º ano do segundo grau, examinando também a qualidade de suas explicações e argumentos sobre suas estratégias para obtenção de dados confiáveis na resolução de problemas práticos (Borges; Rodrigues, 2004). Nesse trabalho os alunos resolveram individualmente um problema investigativo com uma variável. E após duas semanas, fizeram uma discussão em pequenos grupos para elaborar, sob a orientação do professor, um plano de investigação coletivo e mais completo aproveitando as melhores contribuições de cada membro. Esperávamos encontrar evidências do aprendizado dos estudantes referente à distinção entre estratégias boas e ruins de investigação e desta forma, depois desta fase inicial, os alunos novamente foram solicitados a escreverem seus planos individuais para a solução de um problema prático, mas desta vez com duas variáveis independentes. A avaliação dos planos individuais mostrou que mesmo aumentando o nível de complexidade do problema, elevando o número de variáveis, os estudantes aprendem como produzir planos de investigação relevantes e consistentes, capazes de modelar situações práticas do laboratório.

Neste trabalho, apresentamos como avaliamos os planos de investigação para os problemas abaixo: São problemas pouco estruturados ou fracamente definidos, isto é, não indicamos como o estudante deve abordar o problema, ao contrário dos roteiros tradicionais que fornecem todos os passos a serem dados na busca da solução. Também não informamos os resultados esperados, caracterizando ambos os problemas como abertos. Todavia, baseado em experiências anteriores com estudantes que faziam esta atividade pela primeira vez, o enunciado do problema apresenta seis diretrizes, de “a” a “f”, indicando o que um plano de investigação deveria conter. A inclusão destas diretrizes tem por objetivo diminuir a insegurança e nortear o pensamento do aluno. As diretrizes cumprem também o papel de estabelecer para os estudantes a dimensão normativa do fazer ciência, ainda que de forma simplificada.

Quadro 1 – Problemas de investigação utilizados no teste.

Problema de Investigação 1F

Descreva um plano de investigação ou como você realizaria uma pesquisa que nos permitisse descobrir **qual a relação entre o tempo que uma vela leva para queimar até o fim e a temperatura ambiente**. Faça de conta que você dispõe de qualquer equipamento, por mais sofisticado que seja, para realizar as medidas que julgar necessário para resolver a questão.

Problema de Investigação 1B

Você sabia que o desenvolvimento de uma planta depende do tipo de solo em que ela foi plantada, da quantidade de luz e de água que ela recebe?

Desta forma, descreva um plano de investigação ou como você realizaria uma pesquisa que nos permitisse descobrir **qual a influência da quantidade de água no desenvolvimento de um determinado tipo de planta.**

Saiba que um plano de investigação deve conter detalhado à sua maneira:

- a) O objetivo;
- b) O material necessário;
- c) Como será montada a investigação ou pesquisa (se achar necessário desenhe);
- d) Os dados que serão coletados;
- e) Como os dados serão coletados;
- f) O que será feito com os dados.

De forma esquemática os problemas 1B e 1F são apresentados no quadro abaixo, que indica o tema e as variáveis independentes contidas em cada um.

Quadro 2 – Características dos problemas investigativos 1B e 1F abordados no teste.

| Tema | Problema | Número de variáveis | Variáveis |
|-------------|---|----------------------------|-----------------------------------|
| Planta 1B | Determinar a influência da quantidade de água no desenvolvimento da planta. | 3 variáveis | - Luz do Sol - Água* - Solo |
| Vela 1F | Determinar a influência da temperatura ambiente no tempo de queima de uma vela. | 1 variável | - Temperatura* |

* Variável em foco ou relevante.

V – RESULTADOS

O plano de investigação

O plano de investigação é a exposição por escrito de como o estudante realizaria uma pesquisa simples. É uma espécie de história que ele conta com o objetivo de relatar como testaria a influência da variável em foco, aquela que deve assumir valores diferentes, sobre a variável dependente. O plano deve funcionar como um roteiro de laboratório e, sendo assim, ele deve conter informações suficientes para que qualquer pessoa consiga realizar a investigação e obter resultados satisfatório. Mas em geral, temos a experiência de que dificilmente os alunos investigam exatamente como planejaram. Além do que nem sempre aquele aluno criativo, espontâneo e com boa intuição para pesquisa possui a mesma facilidade para escrever seus procedimentos sobre uma investigação.

Assim, como o plano de investigação possui uma dependência com relação às habilidades de comunicação escrita do aluno, ele é influenciado pela interpretação do objetivo da investigação. Muitas vezes, esse objetivo não é claro para o estudante e a exposição de suas idéias sobre o que seria um procedimento cientificamente coerente que possa conduzi-lo à coleta

de dados para testar suas hipóteses é confuso ou irrelevante. O exemplo a seguir refere-se a procedimentos que o estudante 14 adotaria para resolver o problema 1F (ver quadro 1):

Aluno nº 14

- a) O tempo gasto para vela se queimar por completo, e sua temperatura durante o processo de decomposição.
- b) Um relógio, e um termômetro de medir a temperatura dos objetos.
- c) Primeiro acendemos a vela e marcamos a hora, depois o termômetro para sabermos sua temperatura e seu tempo de duração.
- d) Seu tempo de duração depois de acesa e sua temperatura durante o processo de queimação.
- e) Através dos instrumentos usados.
- f) Serão analisados e depois comparados.

O aluno produziu apenas um conjunto de respostas para os aspectos que o plano deveria conter. Esperávamos, ao contrário, que o seu plano fosse mais articulado, mesmo que simples, com uma narrativa das ações imaginadas para resolver o problema, como na transcrição a seguir também sobre o problema 1F:

Aluno nº 7

Para saber se a vela queimaria mais ou menos no calor ou no frio. Pegaria duas velas e colocaria uma num lugar grande e frio e outra perto de uma fogueira no sol, a [vela] que queimar primeiro saberemos o ambiente que causa influência. Ou poderia não causar influência alguma com nenhuma das duas.

A partir de planos mais ou menos detalhados do que estes transcritos acima é que avaliamos o pensar científico dos estudantes.

A avaliação dos planos de investigação

Na seção anterior definimos os planos de investigação como histórias contadas pelos alunos sobre como pretendem realizar uma investigação. Mas a avaliação destas histórias exige a adoção de critérios diferentes daqueles utilizados pelos professores de português ou literatura, ligados a aspectos gramaticais, referentes à narrativa de um fato real ou fictício. A avaliação do plano de investigação deve enfatizar a análise da coerência lógica entre o objetivo da investigação e os procedimentos que o personagem pretende utilizar, distinguindo o que está explícito ou implícito na narrativa. Independentemente se o personagem é o Einstein ou a Cinderela, o autor tem que saber trilhar um final feliz para a história, implicando necessariamente em um enredo com coerência lógica. A indicação de equipamentos de medida e parâmetros de comparação enriquece a história e devem ser valorizados. Todavia, julgamos que a consistência (identificação de variáveis dependentes e independentes relevantes para a solução do problema e o correto controle das variáveis) é o aspecto mais importante, pois fornece elementos sobre o entendimento que o estudante tem da tarefa e da experimentação.

Desta forma, para que a avaliação do plano de investigação do aluno seja possível, definimos alguns critérios objetivos.

A planilha de avaliação

A metodologia que desenvolvemos para a avaliação da qualidade dos planos de investigação começa com a elaboração da planilha de correção que por sua vez se origina a partir da planilha base abaixo:

Tabela 1 – Planilha base de avaliação de planos de investigação.

| Categoria | Identificação e Denominação das subcategorias | No. Aluno | 1 | 2 | ... |
|------------------|---|------------------|----------|----------|------------|
| 1 | Identificação de variáveis | | | | |
| A | Variável independente (vi) | | | | |
| B | Variável dependente (vd) | | | | |
| 2 | Clareza no procedimento | | | | |
| A | Descreveu como vai tratar a variável vi | | | | |
| B | Descreveu como vai tratar a variável vd | | | | |
| C | Indicou-se como registrar os dados | | | | |
| 3 | Coerência com o objetivo | | | | |
| A | Consistente na variável vi | | | | |
| B | Consistente na variável vd | | | | |
| C | Plano irrelevante | | | | |
| 4 | Indicação de como coletar os dados | | | | |
| A | Indicou a necessidade de mais do que uma medida para vi | | | | |
| B | Indicou equipamento para medir variável vi | | | | |
| C | Indicou equipamento ou parâmetro para medir variável vd | | | | |
| 5 | Indicação do que fazer com os dados | | | | |
| A | Retomou-se o objetivo da investigação | | | | |
| B | Propôs-se a construção de algum gráfico | | | | |
| C | Especificou-se algum tipo de análise comparativa dos dados | | | | |
| 6 | Qualidade do plano | | | | |

Por exemplo, para adaptar o problema 1B e 1F, primeiramente identificamos as variáveis independentes e dependentes de cada um (ver quadro 1) e reescrevemos a planilha base com o número de linhas apropriadas ao número de variáveis independentes.

Todavia, ao longo da avaliação da qualidade dos planos, as planilhas podem sofrer alterações como foi com a planilha 1F. A princípio identificamos apenas a variável “tempo de queima” como variável dependente (vd) e como variável independente (vi) a “temperatura ambiente”, mas terminamos após examinarmos os planos de todos os estudantes, acrescentamos outras variáveis independentes “condições atmosféricas” (“chuva”, “vento”) e “tamanho da vela”, que foram elencadas como relevantes por alguns alunos. Assim a planilha base se modificou ficando como a tabela 2 abaixo em que também apresentamos alguns resultados:

Tabela 2 – Planilha de avaliação dos planos para o problema 1F e o perfil dos alunos.

| Categoria | Identificação e Denominação das subcategorias | No. Aluno | 7 | 14 | ... | Total | Percentual |
|------------------|--|------------------|----------|-----------|------------|--------------|-------------------|
| 1 | Identificação de variáveis | | | | | N=61 | 100% |
| A | Variável condições atmosféricas | | | | | 10 | 16,39 |
| B | Variável tamanho da vela (tv) | | | | | 11 | 18,03 |
| C | Temperatura ambiente ou clima(T) | | 1 | 1 | | 51 | 83,61 |
| D | Variável dependente - Tempo de queima da vela (t) | | 1 | 1 | | 48 | 78,69 |
| 2 | Clareza no procedimento | | | | | | |
| A | Descreveu como tratar condições atmosféricas – Controle do ambiente | | | | | 4 | 6,55 |
| B | Descreveu como tratar a variável (T) - Controle da temp. ambiente | | 1 | 1 | | 39 | 63,93 |
| C | Descreveu como tratar a variável (t) - Observar o tempo de queima | | 1 | 1 | | 38 | 62,30 |
| D | Indicou-se como registrar os dados | | | | | 1 | 1,64 |
| 3 | Coerência com o objetivo | | | | | | |
| A | Consistente no controle das condições atmosféricas. | | | | | 4 | 6,55 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|--|-----------|--------------|
| B | Consistente na variável (T) – Se indicou variação da temperatura | 1 | | | 21 | 34,43 |
| C | Consistente ao adotar velas iguais | | | | 6 | 9,84 |
| D | Consistente na variável (t) – Se as medidas do tempo são confiáveis. | 1 | | | 22 | 36,07 |
| E | Plano irrelevante | | 1 | | 15 | 24,59 |
| 4 | Indicação de como coletar os dados | | | | | |
| A | Indicou (desenho ou escrito) mais do que uma medida (T) | 1 | | | 23 | 37,70 |
| B | Indicou equipamento para medir variável (T) | | 1 | | 15 | 24,59 |
| C | Indicou equipamento ou parâmetro para medir variável (t) | 1 | 1 | | 34 | 55,74 |
| 5 | Indicação do que fazer com os dados | | | | | |
| A | Retomou-se o objetivo da investigação | 1 | | | 4 | 6,56 |
| B | Propôs-se a construção de algum gráfico | | | | 0 | - |
| C | Especificou-se algum tipo de análise comparativa dos dados | | | | 3 | 4,92 |
| 6 | Qualidade do plano | 3 | 1 | | | |

O preenchimento da planilha

Na avaliação do plano de investigação adotamos o procedimento de primeiro ler todo o plano. Em seguida observamos quais variáveis foram identificadas (categoria 1), se foi descrito como elas serão inseridas na montagem do experimento (categoria 2) e se foi exposto um correto controle das variáveis citadas (categoria 3). As observações são feitas nesta ordem e implicam na atribuição dos valores 1 ou 0, dependendo se o plano do estudante contempla ou não o aspecto sob avaliação. Todavia este aspecto possui uma dependência com a interpretação do plano por parte do professor, o que introduz um elemento de subjetividade. Apesar da planilha direcionar a atenção do professor para alguns critérios que julgamos ser importante na avaliação do pensamento do estudante, ela não elimina este caráter pessoal da avaliação. Após o preenchimento das três primeiras categorias da tabela para um determinado aluno, nós avaliamos a categoria 4 e a 5, referentes à indicação de como coletar e o que fazer com os dados. Estes são aspectos que dependem de conhecimento específico e de matemática, mas que completam a análise do plano.

Usualmente adotamos a prática de ter dois pesquisadores avaliando um conjunto de planos. Ao final, as avaliações são comparadas e os pontos de desacordo são discutidos e resolvidos. O acordo entre juízes é elevado, especialmente depois de uns poucos planos avaliados. Com uma certa prática, é possível preencher toda a coluna correspondente ao plano de um aluno (perfil do plano do aluno) em pouco tempo. Após esta etapa de avaliação é que se inicia a etapa de categorização do plano, ou seja, definir sua qualidade.

A qualidade do plano

A categorização da qualidade dos planos tem por objetivo reduzir a complexidade dos dados de forma que os planos de toda a turma, ou todo o grupo de alunos possam ser analisados em conjunto. É feita observando-se a composição das subcategorias preenchidas com o número “1” marcadas na planilha de avaliação que definem o perfil do plano do aluno, com base nos critérios abaixo:

Para facilitar nossa análise, escolhemos critérios capazes de orientar a escolha de qualidade para o plano e sua relação com o controle de variáveis. Porém, esses critérios podem ser alterados de acordo com o contexto escolar e nível de competências e habilidades investigativas em que os alunos se encontram.

Tabela 3 – Critérios de definição da qualidade do plano de investigação

| QUALIDADE DO PLANO | |
|--------------------|---|
| 0 | OMISSÃO DO PLANO. Não respondeu ou não compareceu à atividade |
| 1 | PLANO FRACO. Descrição muito sucinta. O plano apresentado não permite inferir se o aluno tem ou não conhecimento do processo de investigação ou mesmo do objetivo do problema proposto (plano irrelevante). Neste plano o número de variáveis descritas é menor do que o número de variáveis identificadas, mas em nenhum caso apresenta consistência no controle das variáveis. |
| 2 | PLANO REGULAR. O plano indica uma compreensão incipiente do processo de investigação e controle de variáveis. Prejudicado pela identificação de poucos fatores relevantes, ou ao contrário, pela repetição de uma mesma variável sob nomes diferentes. Outras vezes, exibe uma compreensão global do processo, mas descreve apenas o primeiro fator detalhadamente. Pode apresentar clareza no objetivo, mas descreve um procedimento insatisfatório. Neste plano o número de variáveis descritas pode ser menor do que o número de variáveis identificadas, mas pelo menos parte delas apresenta consistência no controle das variáveis. |
| 3 | PLANO SATISFATÓRIO. Descrição satisfatória do plano, indicando boa compreensão do processo investigativo e do controle de variáveis. Em alguns casos, o plano propõe a realização de experimentos similares simultâneos, com a aparente intenção de contrastar o efeito de mudanças nos objetos, materiais ou circunstâncias envolvidas no fenômeno. Neste plano o número de variáveis identificadas é igual ao número de variáveis descritas e todas foram consistentes no controle das variáveis. |

As características do plano de alguns alunos

Para melhor compreendermos a aplicação dos critérios de categorização a partir das características do plano do aluno, transcreve alguns planos e apresentamos como a planilha de avaliação (tabela 4) do problema 1B (ver quadro 1) foi preenchida a partir dos planos transcritos além de alguns resultados para esse problema.

Aluno nº 5

- a) O objetivo é da planta ficar forte, e crescer, se desenvolver saudavelmente.
- b) O material necessário é 1º de tudo, a planta, 2º a terra fértil, 3º a água pura.
- c) O recipiente com terra, acrescentando nem muita nem pouca água (molhando principalmente a raiz).
- d) Os dados serão folhas firmes, galhos fortes e bem verdes.
- e) Pelo ponto de vista, comparação com outras plantas. Essa planta tem que ter o acompanhamento de perto.
- f) Enfeitar lugares com a planta.

O aluno nº 5 não compreendeu o objetivo do problema proposto e percebe-se isto através de suas respostas nos itens “a” e “f” correspondentes ao objetivo e à análise dos dados. Ele identificou as variáveis “desenvolvimento da planta”, “água” e “solo”. No entanto, mas descreveu apenas como irrigaria a planta e indicou parâmetros para avaliar o desenvolvimento (veja as características deste plano na tabela 4).

Aluno nº 27

Eu iria pegar 3 vasos de flores, e iria colocá-los da seguinte forma: um na sombra, um em pleno Sol e outro onde batia Sol e sombra. Todos eles iriam ter a mesma terra, porém em ambientes diferentes. E eu iria molhar a da sombra com pouca água, a do pleno Sol com muita água e a da temperatura normal, nem com muita e nem com pouca água. E ali eu iria observá-las, a que estivesse desenvolvendo mais do que as

outras seria a minha conclusão, e ai eu iria saber a quantidade de água que ela ia precisar para se desenvolver.

Este aluno identifica as variáveis: “desenvolvimento da planta”, “solo”, “quantidade de água” e “iluminação”. Ele também descreve como pretende irrigar de forma diferenciada, mantendo constante o tipo de solo, mas variando a quantidade de luz, resultando num plano inconsistente. Assim, ele não ressaltou que as plantas eram da mesma espécie e não controlou a luminosidade, ele apresentou estratégias consistentes de controle das variáveis apenas quanto ao solo e a quantidade de água, além de ter se preocupado em retomar o objetivo inicial ao concluir o plano (veja as características deste plano na tabela 4). Não é que ele desconheça a necessidade de controlar as variáveis, mas ele não aplica isso ao conjunto de variáveis que identificou. Ele provavelmente pretende apenas estabelecer contrastes entre situações, com diferentes valores para as variáveis independentes, mas não entende que não poderá concluir que fator afetou o desenvolvimento da planta.

Aluno nº 9

- Qual a influência da água no desenvolvimento de um determinado tipo de planta.
- Um vaso com uma planta (coqueiro).
- Pegar dois vasos com uma muda de coqueiro cada um, um dos vasos vou molhar todos os dias, o outro vou molhar uma vez por semana.
- Vou observar qual das plantas estão se desenvolvendo mais, se alguma delas está morrendo por falta ou excesso de água.
- Os dados serão coletados apenas pela observação.
- Serão avaliados e divulgados.

Tabela 4 – Planilha de correção do problema 1B e características dos planos.

| Categoria | Identificação e Denominação | No. Aluno | 5 | 9 | 27 ... | Total | Percentual |
|------------------|--|------------------|----------|----------|---------------|--------------|-------------------|
| 1 | Identificação de variáveis | | | | | N=74 | 100% |
| A | Tipo de solo (s) | | 1 | | 1 | 59 | 79,73 |
| B | Quantidade de Luz ou temperatura ambiente (lz) | | | | 1 | 31 | 41,89 |
| C | Quantidade de água (a) | | 1 | 1 | 1 | 72 | 97,30 |
| D | Variável dependente - Desenvolvimento da planta (dp) | | 1 | 1 | 1 | 67 | 90,54 |
| 2 | Clareza no procedimento | | | | | | |
| A | Descreveu como vai tratar a variável (s) | | | | 1 | 34 | 45,95 |
| B | Descreveu como vai tratar a variável (lz) | | | | 1 | 18 | 24,32 |
| C | Descreveu como vai tratar a variável (a) | | 1 | 1 | 1 | 49 | 66,22 |
| D | Descreveu como vai tratar a variável (dp) | | | 1 | 1 | 42 | 56,76 |
| E | Indicou-se como registrar os dados | | | | | 10 | 13,51 |
| 3 | Coerência com o objetivo | | | | | | |
| A | Consistente na variável (s) – Usará o mesmo solo para as plantas | | | | 1 | 12 | 16,22 |
| B | Consistente na variável (lz) – Se a exposição à luz é igual para as plantas | | | | | 4 | 5,41 |
| C | Consistente na variável (a) – Se variou a quantidade de água | | | 1 | 1 | 18 | 24,32 |
| D | Consistente na variável (dp) – Pode avaliar o crescimento da planta | | | | 1 | 13 | 17,57 |
| E | Plano irrelevante | | 1 | | | 47 | 63,51 |
| 4 | Indicação de como coletar os dados | | | | | | |
| A | Indicou-se (desenho ou por escrito) mais do que uma medida (a) | | | 1 | 1 | 24 | 32,43 |
| B | Indicou equipamento para medir variável (a) | | | | | 4 | 5,41 |
| C | Indicou equipamento ou parâmetro para medir variável (dp) | | 1 | | | 25 | 33,78 |
| 5 | Indicação do que fazer com os dados | | | | | | |
| A | Retomou-se o objetivo da investigação | | | | 1 | 5 | 6,76 |
| B | Propôs-se a construção de algum gráfico | | | | | 0 | - |
| C | Especificou-se algum tipo de análise comparativa dos dados | | | | | 3 | 4,05 |
| D | Qualidade do plano | | 1 | 3 | 2 | | |

A qualidade do plano e suas características

O plano do aluno número 9, apesar de incompleto por ter identificado apenas as variáveis “desenvolvimento da planta” e “água”, e não ter indicado nenhuma métrica para medir o desenvolvimento do coqueiro, é eficiente. Ele descreveu que utilizaria duas plantas de mesma espécie e irrigaria de maneira diferenciada cada uma (veja as características na tabela 4).

Assim, após a leitura do plano elaborado pelo estudante, feito o preenchimento da planilha correspondente ao problema e com base nos critérios apresentados na tabela 3 definimos a qualidade do plano de investigação. Como ilustração transcrevemos três planos para o problema 1B (alunos 5, 27 e 9) e mais dois para o problema 1F (alunos 7 e 14). A categorização dependeu primordialmente da identificação do problema (categoria 1, presente nas tabelas 1,2 e 3), da descrição das variáveis no contexto do problema (categoria 2) e do correto controle de variáveis (categoria 3). É importante ressaltar que a escolha dos critérios foi uma opção pessoal dos autores.

VI – ANÁLISE DOS DADOS

O alto índice de planos com qualidade 1 (ver tabela 5) dentre os analisados evidencia o uso sistemático de uma estratégia inapropriada para o controle de todas as variáveis. Acreditamos que tal fato pode estar relacionado à inexperiência do grupo pesquisado com atividades desse tipo. Em ambos os problemas (1B e 1F) o número de planos de qualidade ultrapassa os 50%. Dentre estes planos encontram-se aqueles considerados relevantes (compreendem o objetivo) e irrelevantes como o do aluno nº 14 para o problema 1F e nº 5 para o 1B transcrito anteriormente. Destacamos também (tabela 5) que o problema 1B apresentou maior proporção de planos irrelevantes, com mais de 60%, enquanto o problema 1F o percentual desta proporção ficou em torno de 20%. Acreditamos que isso se deve ao fato do problema da planta, 1B, ser mais complexo, com número de variáveis independentes superior ao problema da vela (ver quadro 2). Corroborando os resultados de trabalhos anteriores (Borges e Rodrigues, 2004; Borges e Gomes, 2005) de que um problema com maior número de variáveis é um problema mais complexo.

Tabela 5 – Distribuição dos alunos pela qualidade e relevância dos planos

| Problemas investigativos | Planta 1B | | Vela 1F | |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|-------|
| | N = 74 | 100% | N = 61 | 100% |
| Alunos participantes e percentuais | | | | |
| Planos de qualidade 1 | 58 | 78,38 | 36 | 59,02 |
| Planos de qualidade 2 | 7 | 9,46 | 22 | 36,07 |
| Planos de qualidade 3 | 9 | 12,16 | 3 | 4,92 |
| Planos irrelevantes de qualidade 1 | 47 | 63,51 | 14 | 22,95 |
| Planos relevantes de qualidade 1 | 11 | 14,86 | 22 | 36,07 |

Observamos também (ver tabelas 2 e 4, categorias 1, 2 e 3) que os alunos conseguem formular hipóteses sobre fatores que influenciam a variável dependente, identificando e descrevendo as variáveis no contexto dos problemas. Mas em muitos casos estes fatores são irrelevantes para a solução do problema, isto é, não levam a solução do problema proposto. Os resultados apresentados no início da seção IV – “O Pré-teste” (Borges; Borges; Vaz, 2001) também foram constatadas com os alunos da rede estadual pesquisados.

Outro fato a se destacar refere-se ao alto índice de planos de investigação irrelevantes, o que até o momento não tínhamos encontrado na aplicação deste tipo de avaliação. Acreditamos que isso se deve ao conhecimento epistemológico pouco sofisticado dos estudantes que participaram deste trabalho, aliado à sua inexperiência com tarefas deste tipo.

VII – CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo apresentar uma forma de avaliação do pensamento científico de estudantes do segundo grau e verificar a aplicabilidade desta metodologia em turmas de quatro escolas da rede pública estadual. Constatamos que a apuração dos planos produzidos a partir das atividades investigativas 1B e 1F gerou um diagnóstico das habilidades investigativas e do raciocínio epistemológico destes estudantes a partir de um ponto de vista pessoal dos autores. Concluimos também que a identificação de características do plano do aluno permite ao professor nortear suas estratégias de ensino seja trabalhando individualmente ou com grupos, ajudando-o a desenvolver habilidades e competências investigativas em seus alunos. Embora os estudantes formulem hipóteses causais sobre o que afeta a solução dos problemas propostos e consigam pensar em termos de relações entre estes fatores, seus planos são, em geral, incompletos e irrelevantes. Isto significa que eles deixam de considerar todas as variáveis importantes e, nem sempre, estão atentos às questões que as situações propõem.

VIII – REFERÊNCIAS

- BORGES, A. T. O papel do laboratório no Ensino de Física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, I, 1997, Águas de Lindóia. **Atas...** p. 02-11.
- BORGES, A. T.; BORGES, O. N.; VAZ, A. Planejamento da solução de um problema. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, III, Porto Alegre. **Anuais...** ABRAPEC, 2001, V. 1, P. 1-12. 2001.
- BORGES, A. T.; BORGES, OTO. (2001). *INOVAR – CURRÍCULOS: DESENVOLVENDO O PENSAR E O PENSAMENTO CIENTÍFICO. PROJETO INTEGRADO DE PESQUISA*, APRESENTADO AO CNPQ, JULHO DE 2001.
- BORGES, A. T.; GOMES, A. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Vol. 22, n. 1, p. 71-94, abril 2005.
- BORGES, O. N.; BORGES, A. T.; SILVA, M. V. D.; GOMES, A. D. T. Situações inesperadas no laboratório escolar. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VIII, 2002, Águas de Lindóia. **Atas...** São Paulo: SBF, 2002.
- BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A.; SANTANA, R. E. A Física do som: uma abordagem baseada em investigações. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, IV, 2003, Bauru. **Atas...** São Paulo: Abrapec/Unesp, 2003. p. 1-12.
- BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A.; Aprendendo a planejar investigações. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, IX, 2004, Jaboticatubas. **Atas...** Minas Gerais: SBF, 2004.
- COUTINHO, M. T. da C.; MOREIRA, M.. Teorias psicológicas dos processos de desenvolvimento e de aprendizagem. In: Coutinho, M. T. da C.; Moreira, M.. **Psicologia da Educação**. Belo Horizonte: Editora Lê, 1992. p. 55-164.
- INFELD, L.; EINSTEIN, A. A ascensão do conceito mecânico. In: Einstein, A.; Infeld, L **A Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976. p. 13-39.