

O estudo do caso histórico de Vital Brazil em sala de aula: uma ferramenta para investigar a visão dos alunos sobre os desafios enfrentados durante uma pesquisa científica

The study of the historical case of Vital Brazil in the classroom: a tool to investigate students' views on the challenges faced during a scientific research

Fernanda Pardini Ricci¹
Karen Kellen Silva Teixeira²
Adriano Dias de Oliveira³

1. Educadora autônoma em estudos do meio e projetos de divulgação científica foi supervisora de educação no Núcleo de Difusão do Conhecimento do Instituto Butantan. Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas, é Mestre em Educação.
Contato: fe.pardiniricci@gmail.com

2. Bolsista de iniciação científica no Instituto Butantan e graduanda em Ciências Biológicas.

3. Supervisor de educação em museu do Museu de Microbiologia do Instituto Butantan; mestre em ensino de ciências e doutorando em Educação.

Resumo

Este trabalho teve o objetivo de analisar de que modo o estudo de um caso histórico contribuiu para a compreensão que os alunos de ensino médio de uma disciplina de iniciação científica têm sobre possíveis desafios presentes em uma pesquisa. O caso, aplicado, seguindo-se uma metodologia investigativa com pausas para a inserção de questões interpretativas, convida os alunos a acompanharem o percurso de Vital Brazil em sua descoberta sobre a especificidade dos soros antiofídicos. Foram aplicados questionários antes e depois da realização da atividade, sendo analisadas 27 respostas. De modo geral, observamos que os alunos deram grande ênfase para a dificuldade de acesso a elementos materiais necessários para a realização dos experimentos, abordando também a necessidade de repetição dos experimentos, decorrentes dos resultados negativos encontrados. Ambos aspectos apareceram nos dois conjuntos de questionários, no entanto, foram mencionados por mais alunos e de maneira mais detalhada após a aplicação do caso.

Palavras-chave

estudo de caso histórico; natureza da ciência; história da ciência; pré-iniciação científica; ensino de ciências.

Abstract

This work aimed to analyze how the study of a historical case contributed to the understanding that high school students from a scientific initiation class have about possible challenges present in a scientific research. The case, applied as an investigative methodology with pauses for the insertion of interpretative questions, invites the students to follow the course of Vital Brazil in his discovery on the specificity of the antiofidic sera. Questionnaires were applied before and after the activity, 27 responses were analyzed. In general, we observed that the students gave great emphasis to the difficulty of access to the material elements necessary for the development of the experiments, also addressing the need for repetition of the experiments, due to the negative results. Both aspects appeared in the two sets of questionnaires, however, they were mentioned by more students and in a more detailed way after the application of the case.

Keywords

historical case study; nature of science; history of science; pre-scientific initiation; science teaching.

Introdução

As Escolas de Tempo Integral (ETI) do estado de São Paulo não oferecem apenas uma jornada estendida (chegando a 9 horas e 30 minutos por dia), mas também propõe o desenvolvimento de um Projeto de Vida (PV) pelos alunos. O PV deve guiar as escolhas dos alunos na escola, de modo que esses possam desenvolver as habilidades e competências necessárias para seu desenvolvimento acadêmico e pessoal. Ele deve ser elaborado e constantemente revisado pelo aluno, com orientação de um professor (SÃO PAULO, 2014a).

O desenvolvimento do PV é facilitado por diversos recursos que auxiliam os alunos a organizarem currículos personalizados. Entre eles estão as disciplinas eletivas e a possibilidade do desenvolvimento de um projeto

de pré-iniciação científica. A cada semestre é oferecido um conjunto diferenciado de disciplinas eletivas, preferencialmente com temáticas interdisciplinares, de forma que o aluno possa escolher aquela que é mais interessante para o seu PV e/ou outros interesses pessoais (SÃO PAULO, 2014a).

As disciplinas eletivas, de organização semestral, são propostas e elaboradas por dois ou mais professores de diferentes disciplinas e, preferencialmente, de áreas de conhecimento distintas. Os temas devem ser relevantes, abordados de modo a aprofundar os conteúdos da Base Nacional Comum e definidos considerando os projetos de vida, os focos de interesse dos alunos e as demandas de aprendizagem da escola (SÃO PAULO, 2014a, p. 29).

A proposta do desenvolvimento de projetos de Pré-iniciação científica na escola segue a linha do ensino por investigação e pressupõe que os alunos desenvolvam seus projetos investigativos a partir de questões abertas de seu interesse. Ela tem como base o referencial teórico do letramento científico e entende que, mais do que aprender os conteúdos e a linguagem científica, os alunos devem transpor o conhecimento científico para suas vidas, se aproximando das dimensões práticas e culturais desse tipo de conhecimento (SÃO PAULO, 2014b). Nesse sentido, a elaboração de projetos de pesquisa pelos alunos os aproxima do fazer científico.

A pré-iniciação científica caracteriza-se por ser um processo que acontece na educação básica, similar ao que ocorre na iniciação científica, em que se espera que os estudantes, apoiados pelos conteúdos e pelas vivências escolares, possam produzir os próprios projetos com base em criatividade, inovação, metodologia científica, análise de dados, produção de protótipos e argumentação (SÃO PAULO, 2014b, p. 7).

Os projetos de Pré-iniciação Científica podem ser desenvolvidos em disciplinas específicas ou paralelamente a elas, ficando a critério da escola e dos professores envolvidos. No contexto estudado neste artigo, a ETI acompanhada – uma escola de ensino médio – optou por unir pré-iniciação científica e disciplina eletiva, oferecendo uma disciplina específica para o desenvolvimento de projetos dos alunos.

4. Essa discussão também será abordada nos outros artigos dessa revista, principalmente no do Douglas Allchin.

Em sua proposta original, a disciplina tinha um caráter predominantemente prático, pautado em oficinas e aulas de laboratório que serviriam de subsídios para o desenvolvimento dos projetos de pesquisa dos alunos. No ano de 2017, foi desenvolvida uma parceria entre a escola em questão e o CENTD na escola, um projeto que integra a área de Difusão e Educação do Centre of Excellence for Research in Target Discovery (CENTD) um centro de excelência em pesquisa formado pela parceria entre o Instituto Butantan, a indústria farmacêutica GlaxoSmithKline (GSK) e a Fapesp. Ele compreende a parte do projeto que busca trabalhar os conteúdos científicos com o público escolar, seja diretamente, inserido na escola, ou indiretamente, por meio de plataformas digitais. Essa parceria trouxe um novo olhar para a disciplina, incorporando estratégias de ensino que fornecem aos alunos uma visão mais ampla sobre a pesquisa científica e as etapas necessárias ao desenvolvimento de um projeto, além de introduzir discussões de diferentes aspectos da Natureza da Ciência (NdC).

Foi nesse contexto que o estudo de caso histórico foi aplicado, sendo essa aplicação nosso objeto de estudo. A história da ciência vem sendo reconhecida como importante ferramenta didática para ensinar ciência e sobre ciência (FORATO, 2009), de modo que o método de estudo de caso possibilita a aproximação do aluno com elementos da NdC por meio de uma abordagem histórica, ao trazer para o aluno o contexto e desafios de uma pesquisa científica real. Além disso, para Machado e Linhares (2013), ponderar sobre pesquisas realizadas no seu próprio país pode ser um interessante caminho para aproximar a ciência dos estudantes. Assim, a aplicação de casos históricos construídos a partir de pesquisas desenvolvidas no país dos alunos apresentam muitas vantagens.

Há diferentes metodologias de aplicação de um estudo de caso em sala de aula (MCCOMAS, 2013). Aqui, tomamos como referência a ideia de uma narrativa, em que a história de uma descoberta científica é contada a partir da perspectiva de um ou mais pesquisadores. Ao longo desta narrativa, são previstas pausas para a inserção de questões interpretativas, que provoquem o engajamento dos alunos, o que segundo Allchin (2013)⁴ seria um importante recurso para fomentar a discussão e a percepção das características da NdC. Do mesmo modo, a escolha do

5. O descritivo completo e atualizado do caso encontra-se no suplemento associado a este número da revista. Entretanto, o material lá publicado apresenta modificações em relação ao que foi utilizado como base para a aplicação na situação investigada neste artigo.

6. Uma das autoras deste trabalho fez parte da equipe do CENTD na escola, acompanhando todo o processo de planejamento e desenvolvimento da disciplina.

caso a ser aplicado reflete diretamente nos elementos de NdC que poderão ser trazidos para a discussão em sala de aula, o que pode ser percebido a partir da leitura dos trabalhos presentes nesta revista. Na situação aqui analisada, o caso histórico foi introduzido com o foco principal de apresentar e discutir exemplos de desafios metodológicos enfrentados em uma pesquisa científica, conforme discutiremos mais adiante.

Objetivo

Analisar de que modo o uso de um caso histórico contribuiu para a compreensão que os alunos de uma disciplina de iniciação científica têm sobre possíveis desafios presentes em um processo de pesquisa científica.

Metodologia

Contexto da pesquisa

Aqui apresentaremos o contexto em que o caso foi aplicado e um breve descritivo do caso⁵.

A eletiva de Iniciação Científica

O estudo de caso histórico investigado neste trabalho foi aplicado em uma disciplina eletiva voltada ao desenvolvimento de projetos de pré-iniciação científica, em uma escola de tempo integral (ETI) de ensino médio. O programa da disciplina, bem como a condução das aulas, foi realizado em parceria com a equipe do CENTD na escola⁶, buscando uma ampliação da visão que os alunos têm sobre a pesquisa científica e as etapas necessárias ao desenvolvimento de um projeto.

Embora as disciplinas eletivas sejam semestrais, a disciplina de Iniciação Científica foi organizada de modo a durar o ano todo, visando dar um tempo maior para que os alunos desenvolvam seu projeto autoral e se apropriem dos demais conteúdos trabalhados. Ela teve uma carga horária de 1 hora e 40 minutos semanais, ocorrendo no mesmo horário que as demais eletivas oferecidas na escola, ocupando dois períodos de duas aulas consecutivas. A seleção dos alunos foi feita pelas professoras

ministrantes, com base no PV e perfil acadêmico dos mesmos, sendo atendidos em torno de 40 alunos por semestre, dos quais cerca de 30 permaneceram na disciplina durante os dois semestres. Entre o grupo havia alunos do 1º, 2º e 3º ano do ensino médio.

A disciplina foi organizada de tal modo, que o primeiro semestre teve como tema central o desenvolvimento das etapas iniciais de um pré-projeto, começando pela delimitação da pergunta de pesquisa. Os alunos foram deixados livres para definir os temas e número de participantes dos projetos. Foram feitas atividades e discussões, nos pequenos grupos e com a sala toda, em que os alunos tiveram que definir o objetivo de seus projetos e justificar a importância de se realizar essa pesquisa. Também foram apresentadas diferentes formas textuais da ciência e da divulgação científica, auxiliando os alunos a extrair informações e ideias para seus projetos. Ao final do semestre, cada grupo apresentou um pôster com introdução, objetivo e bibliografia consultada durante um evento chamado Culminância.

Já no segundo semestre, foi dado enfoque no desenvolvimento da metodologia de pesquisa. Como os projetos dos alunos versavam sobre diferentes áreas do conhecimento, passando por educação ambiental, engenharia e distúrbios mentais, entre outros, a equipe do CENTD optou por utilizar um exemplo único a ser trabalhado com a sala toda, por meio de um caso histórico, para só depois trabalhar separadamente as possíveis metodologias dos projetos.

O estudo de caso em questão foi aplicado no início do segundo semestre de 2017, ocupando o terceiro e quarto dia de aula da disciplina no semestre, e foi conduzido por uma das pessoas da equipe do CENTD na escola. No primeiro dia de aula foi entregue as devolutivas dos trabalhos (pôsteres) do primeiro semestre dos alunos e feita uma discussão a partir de pôsteres apresentados em congressos de diferentes áreas, sobre possíveis etapas que compõe os projetos de pesquisa. No segundo dia foi apresentada a proposta de trabalho para o semestre, dando-se ênfase para a ideia do desenvolvimento das metodologias de trabalho.

A aplicação do caso se deu na sala em que normalmente ocorre a disciplina, um laboratório com duas

bancadas centrais e uma lateral, todas com bancos soltos, dando a liberdade para os alunos se organizarem em grupos como preferirem. No primeiro dia de aplicação, o caso ocupou as duas aulas (1 hora e 40 minutos). No segundo dia foi utilizada uma única aula, encerrando a atividade.

A situação aqui analisada compreende a primeira aplicação do caso "Vital Brazil e as mordidas de cobra", dando a esse trabalho um caráter exploratório.

O estudo de caso – Vital Brazil e as mordidas de cobra

Embora a história do pesquisador Vital Brazil seja bem representada e retratada dentro do Instituto Butantan – e de certa forma bastante divulgada no país –, a opção em construir um estudo de caso sobre a descoberta da especificidade do soro antiofídico foi uma aposta em recontar essa história dentro de uma metodologia voltada para o ensino de ciências, e, dessa forma, evidenciar outros aspectos de uma pesquisa desenvolvida no início do século XX no Brasil.

O caso em questão foi dividido em seis momentos, em função dos acontecimentos mais marcantes durante o envolvimento de Vital Brazil com a pesquisa sobre os soros antiofídicos. A primeira parte remete ao cenário político e econômico que o país vivenciava, sobretudo no estado de São Paulo, no final do século XIX. Na ocasião, o Brasil estava passando por um processo de modernização nas principais cidades. São Paulo se destacava como grande produtor agrícola, principalmente de café, condição que impulsionava a ampliação das linhas ferroviárias. Ambas as situações exigiam desmatar e ocupar áreas até então pertencentes às florestas nativas, aumentando dessa forma a proximidade das pessoas com as serpentes e, conseqüentemente, os acidentes com serpentes peçonhentas. É nesse contexto que Vital Brazil iniciou seus primeiros trabalhos como clínico geral em Botucatu, após ter finalizado o curso de medicina no Rio de Janeiro.

A segunda parte do caso remete ao início da pesquisa de Vital Brazil em busca de um medicamento efetivo contra envenenamentos ofídicos. Em seus primeiros experimentos, feitos na sua própria residência, ele testou produtos naturais usados pelos curandeiros. Sem obter

sucesso e depois de ler uma publicação de um cientista francês, Albert Calmette, em que era defendida a ideia de um soro universal produzido a partir do veneno de naja, ele percebeu que precisava de mais recursos e resolve se mudar para São Paulo capital, onde consegue emprego como assistente de pesquisa no Instituto Bacteriológico, atual Instituto Adolpho Lutz.

O início da rotina no referido instituto marca a terceira parte do caso. Esse momento é marcado pelos primeiros equipamentos desenvolvidos por Vital Brazil para auxiliar no estudo e manuseio das serpentes, assim como do apoio, mesmo que não financeiro, do seu diretor. A quarta parte destaca os inúmeros experimentos realizados por Vital Brazil, desde estudos exploratórios sobre os efeitos fisiológicos e a composição química dos venenos dos principais grupos de serpentes peçonhentas brasileiras, passando pelo teste do suposto soro universal de Calmette, que não se mostrou eficiente contra os venenos brasileiros, até o clímax do caso, em que os soros produzidos a partir dos venenos de serpentes brasileiras foram testados contra seus próprios venenos, chegando assim ao indicativo da especificidade.

Uma mudança de curso na rotina de Vital Brazil é o foco da quinta parte do caso, funcionando como um anti-clímax, já que impede a publicação e aprofundamento das descobertas realizadas. Perto da virada do século, uma epidemia irrompe na cidade de Santos. Como se tratava do principal porto do país, responsável pela maior parte do destino do café ao sair das fazendas, o governo do estado viu um grande risco para a população, e sobretudo para a economia, caso essa epidemia se alastrasse para outras cidades. Vital Brazil foi incumbido de investigar sobre qual doença se tratava e, após tal descoberta, de produzir o medicamento necessário para tratar a população, no caso, o soro antipestoso. A partir desse ponto, as duas pesquisas de Vital se tornam complementares, já que, uma vez criada a infraestrutura necessária para produzir o soro contra peste, a mesma poderia ser utilizada para a pesquisa e produção dos soros antiofídicos.

Por fim, a sexta parte do caso retrata o empenho de Vital Brazil em tornar o acidente ofídico um problema de saúde pública e, dentro disso, como ele encontrou as soluções para conseguir veneno para manter a produção de

soro, educar a população para prevenir os acidentes ofídicos e lidar com a falta de conhecimento dos médicos e população sobre os diferentes tipos de veneno.

É importante destacar que além de criar um estudo de caso da referida pesquisa, foi também destacado quais características da Natureza da Ciência, na perspectiva de Allchin (2013), podem ser evidenciadas ao usar esse caso. Entre elas podemos destacar o contexto cultural da época, o rigor metodológico empregado nos experimentos, a importância dos resultados inesperados, motivações e condições para fazer a pesquisa, a elaboração de hipóteses, assim como sua refutação e explicação, e a necessidade de colaboração para conseguir aprimorar a pesquisa.

Coleta e análise de dados

Para acompanhar as contribuições que o estudo de caso trouxe para os alunos, foi aplicado um mesmo questionário antes e depois do estudo de caso. Esse era composto por um pequeno texto introdutório, situando os alunos em relação à pesquisa de Vital Brazil, seguido por duas perguntas:

A sua escola está localizada em uma avenida que recebe o nome de Vital Brazil. Este foi um cientista brasileiro, que fez importantes descobertas sobre o tratamento de pacientes envenenados por picada de serpentes, iniciando suas pesquisas no final do século dezenove (XIX).

1. Pensando nisso, você sabe dizer qual a importância dos estudos de Vital Brazil para a sociedade brasileira, considerando as melhorias na saúde pública, ou os avanços científicos?

2. Você consegue imaginar quais foram os desafios enfrentados por ele durante o desenvolvimento das suas pesquisas?

A primeira pergunta buscava identificar o quanto os alunos sabiam sobre a pesquisa de Vital Brazil e a importância de suas descobertas. A segunda requeria que o aluno pensasse sobre o processo de desenvolvimento das pesquisas de Vital Brazil para, assim, poder apontar quais desafios ele poderia ter enfrentado. Nesse caso, a intenção era fazer com que os alunos refletissem sobre

questões metodológicas que são fundamentais para a pesquisa científica retratada, o que, em um segundo momento, também poderia ajudar em outras discussões da disciplina. Neste trabalho foram analisadas as respostas da segunda pergunta, pois remete mais diretamente ao processo de formação do conhecimento científico, evidenciando os desafios e dilemas de uma pesquisa.

Para a avaliação das respostas dos alunos, foi adotada a análise de conteúdo proposta por Bardin (1977), que é dividida em três etapas: (1) pré-análise (codificação e categorização); (2) exploração do material; (3) tratamento dos resultados (inferência e interpretação). Foram considerados válidos para análise somente os questionários dos alunos que responderam ao pré e ao pós-teste, totalizando, então, 27 questionários.

Para a avaliação das respostas dos alunos, optou-se por usar as próprias características da Natureza da Ciência, identificadas no caso, como categorias de análise, uma vez que elas por si só remetem aos desafios presentes em uma pesquisa científica, indo ao encontro do objetivo deste trabalho. As categorias de análise estão descritas a seguir:

- 1) contextos cultural (da época e em que o pesquisador estava inserido);
- 2) motivação pessoal para fazer ciência;
- 3) colaboração entre cientistas;
- 4) controle experimental, observação;
- 5) comunicação entre cientistas (acesso a resultados de outras pesquisas);
- 6) evidência e credibilidade de afirmações científicas;
- 7) base material da experimentação;
- 8) papel das hipóteses;
- 9) papel de conceitos e explicações alternativas;
- 10) papel de resultados inesperados ou negativos.

Optamos pelo uso de categorias por entender que seja uma maneira viável de organizar e interpretar as respostas dos alunos. De acordo com Bardin (1977), a categorização permite identificar o que há de comum entre as diferentes respostas obtidas e a partir daí agrupá-las, facilitando dessa forma a análise de seus conteúdos. As categorias podem ser previamente estabelecidas, ou serem

7.

Esse material está sendo utilizado para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso de uma das autoras.

elaboradas conforme os dados vão sendo organizados. No nosso caso, partimos do primeiro modo, uma vez que buscamos identificar as compreensões que os alunos têm sobre o desenvolvimento de uma metodologia de pesquisa com base em um material teórico já estabelecido, no caso elementos da NdC propostos por Allchin (2013).

Foi estabelecido que seria classificada toda e qualquer afirmação das respostas dos alunos que tivessem relação com as categorias pré-definidas. Na perspectiva de Bardin (1997) essas afirmações são consideradas como unidades de significação, em que o que se busca é verificar o sentido e não a forma do conteúdo. Desse modo, em uma mesma resposta podemos encontrar mais de uma unidade de significação, as quais poderiam ser classificadas em diferentes categorias. As unidades de significação que não estivessem alinhadas a nenhuma das categorias pré-estabelecidas, foram identificadas apenas como não enquadradas, sem que fosse criada uma nova categoria para incluí-las.

As respostas dos alunos nos questionários válidos foram analisadas e categorizadas separadamente pelos três autores deste trabalho. Em um segundo momento, os resultados foram comparados e unificados, fazendo assim uma análise integrada. Optamos por esse exercício por acreditar que seja uma maneira de qualificar nossa análise, garantido dessa forma maior credibilidade à metodologia proposta para esse estudo, indo ao encontro do que ressaltam Alves-Mazzotti e Gewandszajder (1998) em relação à importância do "questionamento por pares" para a validação dos instrumentos de coleta e análise de dados.

Para a discussão dos resultados, além da análise dos dados dos questionários, nos apoiamos também em outras informações levantadas durante a aplicação do caso – anotações sobre o andamento da aula e transcrição das gravações do áudio de alguns grupos de alunos⁷ – e ao longo do desenvolvimento da própria disciplina – além da convivência com os alunos, também foram gravadas entrevistas com alguns deles ao final do primeiro semestre, no qual o objetivo era identificar se as expectativas dos alunos em relação à eletiva e ao desenvolvimento dos projetos em grupo foram alcançadas.

Resultados e discussão

Dentre os 27 questionários analisados, identificou-se que 14 respostas do pré-teste não apresentaram conteúdos que remetessem a qualquer uma das categorias estabelecidas. Nas 13 respostas categorizadas, foi possível identificar conteúdos relacionados a quatro categorias da NdC, sendo elas: Base material da experimentação; Papel de resultados inesperados ou negativos, Contexto cultural e Papel das hipóteses, como pode ser visto no Quadro 1. Apenas um único questionário apresentou 2 unidades de significação classificadas em categorias diferentes. Também pode ser identificado no Quadro 1 a frequência das categorias (número de questionários em que apareceu) e exemplos de respostas.

Quadro 1. Categorias da NdC identificadas no pré-teste e suas frequências

Pré-Teste		
Categoria	Exemplo de respostas	Frequência
Base material da experimentação	Aluno 3: Capturar as cobras e conseguir os materiais necessários para a formação do antídoto da toxina.	7
	Aluno 15: Acho que durante a pesquisa ele teve dificuldade para pegar as cobras e muitas vezes foi picado.	
Papel de resultados inesperados ou negativo	Aluno 24: Extrair o veneno da cobra e criar hipóteses para conseguir um processo seguro, equipamentos, meios necessários para atingir o seu objetivo.	3
	Aluno 11: Provavelmente antes de descobrir se suas pesquisas deram certo, houve muitos testes e alguns podem ter dado errado, até ele conseguir acertar.	
	Aluno 8: (...) Sempre tendo que voltar ao ponto inicial até os resultados esperados aparecerem (atraso na pesquisa).	
Contexto cultural	Aluno 22: Penso que foi algo de muito trabalho, passou por diversas dificuldades e teve que ter muita paciência para as coisas negativas que apareceram durante sua pesquisa.	3
	Aluno 9: Convencer as pessoas para mostrar que não era necessário matar as cobras, e, sim, estudá-las e usá-las para benefício próprio	
	Aluno 20: Creio que muitos, porque trazer uma pesquisa científica para a sociedade não é nada fácil, principalmente quando o assunto é relacionado à saúde das pessoas. Então acredito que ele tenha passado por uma situação complicada.	
Papel das hipóteses	Aluno 21: Convencer as pessoas a estudar as cobras e não as matar.	1
	Aluno 23: Bom... além de hipóteses, ele teria que colocá-las em prática, ou seja, ele colocaria sua vida em risco, com a hipótese de ser picado, a fim de que ele transformasse aquilo em teoria.	
Total de questionários com unidades de significação enquadradas nas categorias		13

A categoria de maior frequência no pré-teste foi a Base material da experimentação, na qual incidiram 7 respostas. Nestas, os alunos consideraram os desafios práticos e a necessidade de aquisição de materiais para a realização dos experimentos de Vital Brazil. Muitos deram destaque para a captura de serpentes e extração de veneno e a dificuldade em conseguir equipamentos laboratoriais, sendo que alguns alunos se referiram à "falta de tecnologia naquela época" como justificativa para as dificuldades que Vital Brazil teve para conseguir realizar sua pesquisa. Nas três respostas consideradas na categoria Papel de resultados inesperados ou negativos, os alunos apresentaram a ideia de que nem sempre Vital Brazil conseguia os resultados esperados em suas pesquisas, tendo a necessidade de realizar novos experimentos ou simplesmente lidar de forma paciente com as situações negativas, como expressa um dos alunos.

Em relação ao Contexto cultural, os alunos falaram sobre a dificuldade de trabalhar junto a população da época, para que as pessoas não matassem as serpentes e entendessem a importância da pesquisa realizada. A última categoria do pré-teste foi o Papel das hipóteses, identificada em apenas uma resposta. Nessa, apesar de apresentar uma compreensão um pouco confusa do termo hipótese, o aluno dá indicativo da existência de uma sequência metodológica que partiria da hipótese, passaria por uma aplicação prática desta, para só então chegar à teoria.

Em relação ao pós-teste, dentre os 27 questionários analisados, apenas quatro respostas não tiveram nenhum trecho classificado nas categorias pré-estabelecidas, totalizando 23 questionários com uma ou mais unidades de significação categorizadas. No entanto, apesar do perceptível aumento de respostas que apresentam elementos de natureza da ciência quando comparado com o questionário anterior à aplicação do caso, não houve um aumento da diversidade de categorias identificadas. Das quatro categorias que apareceram no pré-teste, apenas o Papel das hipóteses não continuou após aplicação do caso, sendo adicionada nessa etapa a Colaboração entre cientistas, como pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2. Categorias da NdC identificadas no pós-teste e suas frequências

Pré-Teste		
Categoria	Exemplo de respostas	Frequência
Base material da experimentação	Aluno 1: As dificuldades que ele enfrentou foram em sua maior parte caçar outras espécies de cobras que não habitavam sua região, caçar cobras sem ter que matá-las, fazer experimentos pegando o veneno da cobra e sobreviver à peste bubônica.	23
	Aluno 4: Não ter equipamentos suficientes, não ter acesso às cobras Aluno 24: A princípio um dos seus maiores desafios foi obter cobras e o método para extrair o veneno da cobra sem ser mordido por ela. Ele não tinha recursos necessários para obter cobras, extrair o veneno delas e, quando ele comprava cobras, elas vinham machucadas e acabavam morrendo. Além da falta de dinheiro necessário.	
Papel de resultados inesperados ou negativo	Aluno 7: (...) Diversos testes que deram errado.	10
	Aluno 8: muitos dos resultados de suas pesquisas não eram esperados o que fazia com que ele voltasse ao seu ponto de origem e observasse e estudasse de novo o processo realizado	
	Aluno 13: (...) não conseguia fazer um soro universal (...).	
Colaboração entre cientistas	Aluno 26: Precisava de outros cientistas para ajudá-lo.	1
Contexto cultural	Aluno 5: Ele enfrentou desafios (...) até como distribuir o soro e o modo de descobrir quais serpentes seriam as responsáveis pela picada.	2
	Aluno 13: (...) teve que trocar os soros pelas cobras.	
Total de questionários com unidades de significação enquadradas nas categorias		22

A base material de experimentação continuou sendo o aspecto mais citado pelos alunos, encontrada em 22 respostas, ou seja, quase todos os questionários válidos com unidades de significação categorizadas, com o diferencial que nesse segundo momento os alunos exploraram mais os exemplos apresentados e incluíram a falta de recursos financeiros. O número de alunos que mencionaram o fato de muitos experimentos não darem certo também aumentou, passando para 11 respostas identificadas na categoria Papel dos resultados inesperados ou negativos. Embora uma ou outra resposta tenha sido mais elaborada que as do pré-teste, de modo geral não houve um aprofundamento das respostas, apenas a repetição da existência de erros (não atingir o resultado esperado) e necessidade de refazer os experimentos.

No que diz respeito ao Contexto cultural, enquanto no primeiro momento os alunos falaram na dificuldade de convencer as pessoas sobre a importância de fazer a pesquisa, no pós-teste eles falam das dificuldades enfrentadas para entregar o produto produzido para a população, ou seja, o desafio de distribuir o soro e fazer com que as pessoas e médicos identificassem qual serpente foi a responsável pelo acidente. A ideia de Colaboração entre cientistas foi muito superficialmente indicada por um único aluno, que cita a necessidade de outro cientista para ajudar Vital Brazil. A menção de uma ajuda genérica apareceu em outras respostas no pré e pós-teste, mas essa foi a única vez em que foi utilizado o termo cientista para designar o colaborador.

Assim, embora o número de categorias identificadas nas respostas dos alunos não tenha aumentado, o número total de unidades de significação enquadradas nas categorias aumentou. Enquanto no pré-teste elas estiveram presentes em apenas metade das respostas, sendo a maioria dessas com apenas uma categoria por resposta (12 de 13), no pós-teste não só aumentou o número de respostas com unidades categorizadas, como também aumentou o número destas por respostas – dez respostas com duas unidades classificadas e uma com três.

8.

No caso publicado no suplemento essas questões estão numeradas respectivamente como 5A-B e 6.

Para a discussão dos dados coletados consideramos quatro fatores que, do nosso ponto de vista, exerceram influência direta nos resultados obtidos: o estudo de caso escolhido; as escolhas feitas pela pessoa que conduziu o caso; o contexto dos alunos; e o instrumento de avaliação.

Observando os resultados apresentados, podemos dizer que o estudo de caso em questão reforçou nos alunos a ideia de que a dificuldade de conseguir os recursos financeiros e materiais para executar os experimentos, bem como a necessidade de refazer os experimentos por conta de resultados diferentes dos esperados, foram os maiores desafios enfrentados por Vital Brazil em suas pesquisas. Nesse sentido, há uma valorização do experimento em si, mas aparentemente não há uma reflexão mais aprofundada de como esses experimentos e seus resultados dialogam com outros elementos da pesquisa, nem sobre o rigor metodológico necessário para se obter resultados confiáveis.

Olhando para o caso, vemos que ele contém nove questões interpretativas (*Pense*), que devem ser discutidas entre os grupos de alunos e depois apresentadas para a sala toda, além de um *Pense* de revisão, em que os aspectos da NdC deveriam ser retomados. Entretanto, da forma com que o caso foi conduzido, nem todas as questões foram discutidas nos pequenos grupos, sendo algumas discutidas apenas brevemente com a sala toda, e não houve uma exploração muito grande dos aspectos da NdC no *pense* de revisão. Ou seja, o caso não foi explorado em todo seu potencial.

Nesse sentido, é de grande importância que o professor tenha ciência dos aspectos da NdC presentes em cada *Pense*, e saiba como explorá-los ao longo da sua discussão. Isso ajudará a evitar que o caso se resuma apenas a uma contação de fatos históricos científicos. Por exemplo, alguns dos *Pense* não discutidos nos pequenos grupos foram os 6A, 6B e 7^B, justamente quando os alunos são convidados a imaginar os possíveis resultados de um experimento (6A) e quando, depois de saber que, contra a expectativa de Vital Brazil, o experimento teve um resultado negativo, eles deveriam discutir possíveis explicações do porquê o experimento deu diferente do esperado e planejar um novo experimento para testar essas explicações (6B).

Ainda em 1898, Vital conseguiu comprar uma preciosa amostra do soro de naja produzido por Calmette no Instituto Pasteur em Lille, França. Esse foi o soro mais poderoso entre as quatro espécies que o Calmette havia estudado. Vital decide testar o soro contra o veneno da cascavel. Ele injeta uma quantidade conhecida de veneno e do soro de naja nos animais de teste.

PENSE 6A: Quais possíveis resultados você espera a partir desse teste? Quais resultados você acredita que sejam os mais prováveis e por quê?

O efeito certamente não é o que o Vital esperava. O resultado é negativo. Ou seja, o animal que recebeu o soro de naja 12 horas antes da injeção de veneno morreu. Ele morreu ao mesmo tempo em que o animal controle que não havia recebido nenhum soro. O supostamente poderoso soro de naja do Calmette não funcionou.

PENSE 6B: Desenvolva algumas possíveis explicações para esse resultado inesperado. Descreva um experimento que possa ser feito para testar cada uma das explicações, sem a possibilidade de obter mais do soro do Calmette.

É necessário ressaltar que a aplicação do caso foi dividida em dois dias de aula, sendo que no primeiro dia ele foi desenvolvido até um pouco depois do *Pense 7*, com a apresentação dos resultados que apresentavam evidências mais diretas da especificidade do soro – fechando a quarta parte do caso, conforme apresentado na metodologia; e sendo retomado no segundo dia a partir da quinta parte, quando o Vital precisa interromper temporariamente sua pesquisa. Dessa forma, os *Pense* não discutidos foram os do final do primeiro dia.

Relembrando que o estudo de caso segue uma metodologia investigativa, em que o aluno é convidado a se envolver na história por meio de questões abertas que podem levar a desfechos inesperados, logo, o professor pode ter resultados mais efetivos se instigar a curiosidade dos alunos. Assim, em situações em que a atividade seja aplicada em etapas, é fundamental que o momento de quebra da narrativa seja considerado. Se possível, é

melhor que os alunos sejam deixados com uma questão em aberto para a próxima aula, do que com a conclusão de uma ideia. No exemplo citado, uma boa opção seria interromper a aula sem apresentar a sequência da história posterior ao *Pense 6B*.

Assim, acreditamos que, além de explorar com os alunos os aspectos de NdC a partir da discussão das questões, visando estimular a participação deles, é ideal que o professor discuta explicitamente os aspectos de NdC abordados ao final da aplicação. Pois, embora um caso traga diferentes aspectos da NdC, isso não quer dizer que os alunos sejam capazes de reconhecê-los como elementos importantes sem que haja um direcionamento para tal. Em um artigo de classificação de diferentes formas de uso da história da ciência no ensino de ciência, McComas (2013), ao fazer suas considerações gerais, discute o papel do que ele chama de elemento pedagógico, destacando a importância da explicitação por parte do professor daquilo que ele espera que seja aprendido pelos alunos, conforme já defendido por outros autores.

Além do papel do professor na condução do caso, também precisamos discutir a influência das concepções de ciência dos alunos e dos próprios professores, principalmente no que diz respeito ao papel dos experimentos. Pombo e Lambach (2017), ao investigarem as visões de ciência e cientistas de estudantes de EJA, identificaram que os alunos apresentam visões do fazer científico com demasiado caráter experimental, o que revela uma concepção indutivista da ciência, ainda presente em alguns materiais didáticos. O que vai ao encontro da ideia de extrema valorização dos experimentos observada nos alunos participantes do estudo de caso pesquisado. Como já foi dito, além do caso, tivemos contato com os alunos o ano todo e pudemos observar em suas falas e comportamentos uma grande expectativa em relação a realização de experimentos.

A experimentação no ensino de ciências é utilizada historicamente com o intuito de melhorar a aprendizagem do conteúdo científico, mas, mesmo algumas pesquisas evidenciando que tal prática não é, sozinha, a solução para o referido ensino, muitos professores ainda a apontam como sendo um dos caminhos para melhorar a aprendizagem em ciências (GALIAZZI et al., 2001). Estudos

mais recentes, como os de Pereira (2010) e Machado & Pereira (2012), continuam encontrando resultados que indicam essa visão dos professores de ciências. Eles mencionaram que, na maioria das vezes, os experimentos têm a função de comprovar as teorias apresentadas ou enfatizar metodologias, o que denota uma visão empirista e objetiva da ciência por parte desses profissionais.

Entendemos que essa visão de ciência é algo reforçado indiretamente de um nível a outro dentro do processo formal de ensino – dos formadores de professores para os professores, e dos professores para os alunos –, já que muitos professores dos cursos de licenciatura também demonstram essa visão. Costa e Krüger (2003) investigaram as relações que acontecem na sala de aula do Ensino Superior de cursos de licenciatura das disciplinas de ciências naturais e matemática, e um dos resultados que chamou a atenção deles foi a forte visão objetiva da ciência por parte da maioria dos professores. As justificativas se pautavam na necessidade da existência de um rigor com um método que tivesse começo, meio e fim bem definidos, além de se respaldar por uma metodologia que inclui a observação, a elaboração de hipóteses, assim como a repetição de experimentos para a comprovação das hipóteses. O problema não é necessariamente o caminho em si, mas a ideia de uma hipótese fixa que leva a uma visão estreita de resultados certos e errados.

É importante destacar que os alunos que responderam os questionários não apresentaram, obviamente, descritivos similares aos dos professores estudados nos trabalhos mencionados, sobretudo no de Costa e Krüger (2003). Mas a ênfase dada para a repetição de experimentos mencionada por eles, resultantes de experimentos que deram errado, pode ser uma ideia, ainda que rudimentar, de uma tentativa de comprovação de hipóteses e teorias, ou mesmo como algo que represente (relacione) a metodologia de pesquisa científica – entretanto, sem a percepção na construção de uma nova hipótese ou outras hipóteses alternativas.

De modo geral, as questões *Pense* do caso dão ênfase à realização de experimentos, seja por meio dos recursos materiais necessários, da interpretação dos resultados observados, da previsão de possíveis resultados e

do planejamento de novos experimentos. Contudo, outros aspectos da NdC relacionados à base experimental, que poderiam ser destacados pelos alunos, não aparecem em suas respostas, por exemplo, o papel das hipóteses, o que caracteriza uma "limitação" sobre todos os elementos que envolvem o experimento em uma pesquisa científica.

No entanto, para que esses elementos sejam vistos pelos alunos como aspectos significativos da NdC, é necessário um direcionamento por parte do educador. Reginaldo et al. (2012) chamam atenção para esse aspecto. Ao citar Gazola et al. (2011), os autores ressaltam a responsabilidade que o professor tem em estimular os alunos para a construção de hipóteses, mais do que isso, discutir com eles as hipóteses construídas, a fim de que os alunos tenham a dimensão da importância do planejamento e dos registros relacionados à atividade experimental. Reginaldo (2012) ainda destaca o trabalho de Fagundes (2007), ao dizer que o experimento não pode ser encarado como uma estratégia para se chegar a um aprendizado, mas que ele deve ser usado como um meio, ou seja, uma ferramenta que proporcione uma série de discussões junto aos alunos e que, a partir delas, eles cheguem a uma compreensão dos caminhos do desenvolvimento científico.

Por fim, também precisamos ressaltar o instrumento de avaliação aqui utilizado. Ao questionar sobre os desafios enfrentados por Vital Brazil, a pergunta pode direcionar o aluno para os aspectos que ele já considere como mais desafiador ou importante, limitando a inclusão de outros aspectos da NdC que poderiam ser percebidos pelos alunos. Por se tratar de uma disciplina de iniciação científica, que pressupõe o desenvolvimento de projetos por parte dos alunos, é interessante considerar que os alunos também enfrentaram seus próprios desafios. Muitas vezes observamos que os alunos se lamentavam pela impossibilidade de acesso a determinados equipamentos de pesquisa ou pelo custo elevado dos materiais necessários para fazer seus protótipos, mas pouco se envolviam na hora de efetivamente buscar referências de outros trabalhos da área, estabelecer uma hipótese passível de ser testada e planejar os experimentos com a rigorosidade necessária para testá-la. Ou seja, os desafios descritos pelos alunos nos questionários, de certa

forma, correspondem aos desafios que eles acreditam serem os principais para o desenvolvimento de seus próprios projetos.

Considerações finais

O caso histórico *Vital Brazil e as mordidas de cobras* convida os alunos a acompanharem o percurso desse cientista até sua descoberta sobre a especificidade dos soros antiofídicos. Começando pela sua experiência como médico, quando havia apenas medicamentos populares feitos a partir de plantas e outros produtos, passando pelo suposto soro universal descoberto por um renomado pesquisador francês, seguido do teste desse soro, que se mostrou ineficiente contra o veneno das serpentes brasileiras, até chegar nos experimentos que demonstraram a especificidade, finalizando com as dificuldades da efetiva disponibilização e aceitação desse produto pela sociedade.

Ou seja, esse é um caso com grande potencial de ser trabalhado em sala de aula, pois traz uma narrativa interessante, permeada por muitos aspectos da NdC. Entretanto, quando perguntamos para os alunos de uma turma de iniciação científica, após a aplicação do estudo do caso, quais foram os principais desafios enfrentados por Vital Brazil em sua pesquisa, o que ficou mais em evidência para eles foram a dificuldade de acesso a elementos materiais necessários para a realização dos experimentos – recurso financeiro, aquisição de instrumentos e acesso às serpentes – e a necessidade de repetição dos experimentos, decorrentes dos resultados negativos encontrados.

Entendemos que essa pequena diversidade de aspectos da NdC identificados nas respostas envolve vários fatores, sendo um deles a visão de ciência desses alunos e do papel dos experimentos dentro desta. Essa visão pode ser influenciada pelas concepções dos professores, que também as trouxeram de seus próprios professores durante a graduação, sendo necessário mais do que um único estudo de caso para romper essa corrente.

Considerando-se a compreensão que esses alunos têm sobre ciência, quanto maior for o conhecimento do professor sobre o caso, mais fácil será para ele poder destacar e explorar por meio da discussão com os alunos os

diversos aspectos da NdC que ele queira reforçar, além de discuti-los explicitamente ao final da aplicação. Nesse sentido, também nos cabe recomendar aos autores desses e de outros casos de estudo, ou ainda daqueles que pretendem aplicá-los, um esforço constante de revisão dos mesmos, buscando a construção da narrativa e questões interpretativas ideais para fazer os alunos se engajarem em discussões que evidenciem os diferentes aspectos de NdC.

Por fim, devemos ressaltar que foi a primeira vez em que esse caso foi aplicado junto a alunos de ensino médio, e, conseqüentemente, a primeira vez em que passou por uma análise. Logo, é possível expressar que ainda podem existir resultados que não foram discutidos, uma vez que nessas pesquisas os fatores que optamos por discutir juntamente com os elementos da NdC – o estudo de caso escolhido; as escolhas feitas pela pessoa que conduz o caso; o contexto dos alunos e o instrumento de avaliação – podem distinguir-se em outros estudos e, naturalmente, revelar novos resultados, o que só vem a reforçar a importância de ampliar pesquisas dessa natureza.

Referências bibliográficas

- ALLCHIN, D. **Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources**. Saint Paul: SHiPS Education Press, 2013.
- ALVES-MAZZOTTI, AJ; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisas quantitativas e qualitativas**. São Paulo: Pioneira, 1998.
- BARDIN L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- COSTA, RC; KRUGER, V. Concepções sobre objetividades-subjetividade no fazer ciência e possíveis implicações na sala de aula universitária. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ABRAPEC**, Bauru, 2003.
- FORATO, TCM. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. 2v. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- GALIAZZI, MC et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, 2001, 7(2):249-263.
- MACHADO, CBH; LINHARES MP. Divulgação do episódio da expedição do francês Pierre Couplet em aulas de física no PROEJA. In: SILVA, CC; PRESTES, MEB, organizadoras. **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipographia, 2013. p. 377-387.
- MACHADO, LCF; PEREIRA, CB. As concepções dos professores acerca da experimentação no ensino de ciências. **IV ENEBIO e II EREBIO da Regional 4**. Goiânia, 2012.
- MCCOMAS W. Uma proposta de classificação para os tipos de aplicação da história da ciência na formação científica: Implicações para a pesquisa e desenvolvimento. In: SILVA, CC; PRESTES, MEB (orgs.). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipographia, 2013. p. 425-448
- PEREIRA, BB. Experimentação no ensino de ciências e o papel do professor na construção do conhecimento. **Cadernos da FUCAMP**, 2010, 9(11).

- POMBO, FMZ; LAMBACH, M. As visões sobre ciência e cientistas dos estudantes de química da EJA e as relações com os processos de ensino e aprendizagem. **Química Nova Escola**, 2017, 39(3):237-244.
- REGINALDO, CC; SHEID, NJ; GULLICH, RIC. O ensino de ciências e a experimentação. **IX ANPED SUL**, Caxias do Sul, 2012.
- SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Educação. Diretrizes do Programa Ensino Integral. Material de Apoio ao Programa Ensino Integral do Estado de São Paulo. **Caderno do Gestor**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2014a.
- SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Educação. Pré-iniciação científica. Desenvolvimento de Projeto de Pesquisa. Ensino Médio. **Caderno do Professor**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2014b.

Data de recebimento: 05/06/2018

Data de aprovação: 16/11/2018