

CONCEPÇÕES DE LICENCIANDOS EM QUÍMICA SOBRE A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: ANÁLISE A PARTIR DE TEXTOS SOBRE A PRODUÇÃO DA BOMBA ATÔMICA

Guilherme Balestiero da Silva¹

Pablo Abreu Alves¹

Salete Linhares Queiroz^{2*}

¹ Instituto de Química de São Carlos. Universidade de São Paulo

² Docente do Instituto de Química de São Carlos. Universidade de São Paulo

*Autor para correspondência: salete@iqsc.usp.br

RESUMO

O entendimento sobre a construção do conhecimento científico por parte dos licenciandos em química é componente essencial para a sua formação, principalmente devido à influência direta que terão, como futuros profissionais, na elaboração das concepções dos estudantes da educação básica sobre o assunto. Este trabalho investigou concepções de licenciandos em química a respeito da construção do conhecimento científico a partir da análise de textos argumentativos de sua autoria relacionados à criação da primeira bomba atômica, Trinity. Para tanto, foram consideradas sete visões deformadas do trabalho científico, assim como cinco características essenciais do trabalho científico reportadas na literatura. As análises mostraram ausência de visões distorcidas da ciência em todos os textos e indícios de compreensão dos estudantes acerca do caráter social da ciência.

Palavras-Chave: *Química; Questões Sociocientíficas; Natureza da Ciência.*

ABSTRACT

An essential component of chemistry undergraduates' education is understanding scientific knowledge construction, mainly due to the direct influence they will have, as future profes-

sionals, on developing basic education students' conceptions on the subject. This study investigated undergraduate chemistry students' conceptions regarding scientific knowledge construction based on analyzing argumentative texts written by them related to the creation of the first atomic bomb, Trinity. To this end, seven distorted views of scientific work were considered, as well as five essential characteristics of scientific work reported in the literature. The analyses showed an absence of distorted views of science in all texts and consistent evidence of students' understanding of the social character of science.

Keywords: *Chemistry; Socioscientific Issues; Nature of Science.*

INTRODUÇÃO

Questões Sociocientíficas (QSC) tratam de fatos reais e podem ser apresentados no formato de situações-problema de natureza controversa, polêmica e de relevância social, de acordo com Braga, Martins e Conrado (2019). As QSC têm atraído a atenção de educadores químicos devido às contribuições associadas à sua abordagem em espaços formativos, como o desenvolvimento da sensibilidade moral e argumentação dos alunos, bem como o entendimento sobre a construção do conhecimento científico, suas aplicações e implicações sociais, econômicas e políticas (GEORGIU e KYZA, 2023; RAHAYU & ROSAWATI, 2023).

O entendimento sobre a construção do conhecimento científico por parte dos estudantes tem sido reconhecido como componente essencial para que possam se engajar de forma satisfatória na discussão de QSC, no entanto, segundo Leung (2022), são ainda escassas as investigações que reportam resultados de atividades didáticas que associam discussões sobre QSC à compreensão sobre a construção do conhecimento científico. No que diz respeito aos cursos de licenciatura, a promoção de atividades desse tipo ganha ainda maior relevância, contribuindo para a formação de uma visão não distorcida da ciência por parte dos futuros professores.

A importância dos licenciandos não adotarem visões distorcidas sobre o trabalho científico reside, principalmente, na influência direta que terão na construção das concepções dos estudantes da educação básica sobre o assunto. Assim, os futuros professores precisam compreender adequadamente a natureza da ciência, incluindo, conforme pontuado por Scheid, Persich e Krause (2009), sua forma de se desenvolver, suas características tecnológicas e sociais, seu funcionamento interno e externo e as formas de validação do conhecimento produzido.

Neste trabalho temos como objetivo investigar concepções de licenciandos em química a respeito da construção do conhecimento científico a partir da análise de textos argumentativos de sua autoria relacionados à construção da primeira bomba atômica, Trinity. Dessa forma, a QSC posta em discussão abarca aspectos da importância da ação sociopolítica nas decisões das tecnologias e foi apresentada no formato de situações-problema, doravante denominadas de casos investigativos (CI), extraídos de uma história em quadrinhos (HQ).

METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido no contexto da disciplina Química, Sociedade e Cotidiano, ofertada no último semestre do curso de Licenciatura em Ciências Exatas da Universidade de São Paulo. A disciplina tem como objetivo promover reflexões acerca das relações entre química e sociedade e, no semestre de aplicação da proposta, contava com sete alunos, os quais aqui serão referenciados por nomes fictícios.

Tendo em vista a promoção da compreensão sobre a construção do conhecimento científico, para o desenvolvimento das atividades na disciplina fez-se uso da HQ “Trinity - a história em quadrinhos da primeira bomba atômica” (FETTER-VORM, 2013). Com base na HQ, a qual versa a respeito dos conhecimentos e processos que viabilizaram a criação de armamentos nucleares, foram elaborados e aplicados três CI. Entende-se por CI a apresentação de uma situação-problema no formato de uma narrativa, escrita sob forma de dilema, que visa à educação e não somente o entretenimento (SÁ, 2010).

Quanto à aplicação de cada CI, ela compreendia três momentos. Inicialmente, de forma individual, os licenciandos liam a narrativa e elaboravam sua primeira resposta textual ao questionamento proposto. A partir das respostas fornecidas, o segundo momento consistia em uma discussão oral conduzida pela professora formadora. Por fim, na última etapa, os educandos eram solicitados a elaborar uma nova resposta por escrito ao questionamento, podendo manter o posicionamento adotado a princípio ou alterá-lo.

Mediante o objetivo de acessar as concepções dos licenciandos quanto à construção do conhecimento científico, discutimos neste trabalho as respostas aos CI diretamente relacionados ao Projeto Manhattan (CI 1 e 2), que são descritos no tópico a seguir. Foram tomadas para análise as produções finais dos educandos em resposta aos dois CI mencionados, o que corresponde a um total de 14 textos (sete para o primeiro CI e sete para o segundo).

REFERENCIAL TEÓRICO

A investigação das concepções acerca da construção do conhecimento científico dos estudantes foi pautada nas considerações forjadas por Gil-Pérez *et al.* (2001), que enumeram sete visões deformadas comumente presentes na literatura e também apresentam cinco características essenciais do trabalho científico.

Em relação às visões deformadas, a concepção ateórica da ciência é uma deformação que se baseia na experimentação como sendo “neutra”. Outra deformação bastante comum é a da visão rígida, que se baseia no chamado “método científico”, o qual os cientistas precisam seguir à risca, o que vai contra o caráter criativo da ciência e o fato de que resultados precisam ser testados em diferentes condições.

Uma deformação fortemente atrelada à rígida é a visão aproblemática, relacionada com a não determinação dos limites do conhecimento científico, evitando exhibir os problemas que deram origem à pesquisa. A visão analítica é uma deformação relacionada com a divisão do

trabalho de pesquisa, de forma que diferentes áreas de estudo tenham pouco contato entre si, dificultando a resolução de problemas complexos. A visão do crescimento linear do conhecimento, por sua vez, não leva em consideração os conflitos entre visões diferentes acerca da ciência e as suas remodelações.

A visão individualista e elitista da ciência é uma das mais comuns, sendo que o conhecimento, conforme essa deformação, é fruto do trabalho de indivíduos extremamente qualificados, ou seja, “gênios”. É importante destacar que essas sete visões deformadas não foram classificadas de forma isolada, considerando que, na prática, elas podem ser encontradas de forma integrada. A associação dessas concepções contribui para a formação de uma imagem ingênua da ciência.

As características essenciais do trabalho científico incluem o fato de a metodologia científica não consistir em um conjunto de regras e normas a ser seguida sem nenhum questionamento, e sim algo construído de acordo com a evolução tecnológica e do conhecimento científico, existindo assim um pluralismo metodológico. O pensamento divergente diz respeito à necessidade de criação de hipóteses capazes de guiar uma investigação. Um método empírico-indutivista, que chega a conclusões a partir das observações experimentais, não produz o conhecimento científico por si só, necessitando das hipóteses. Os resultados obtidos precisam ser postos a prova, testados segundo os problemas científicos estabelecidos.

A procura de coerência global diz respeito à busca por interpretações mais aprofundadas dos resultados de pesquisa, evitando reducionismo que comprovam ou refutam uma hipótese de forma incoerente com o conhecimento científico. O caráter social na investigação pode ser visto em diferentes aspectos, seja pela aplicação dos frutos de pesquisa ou pela influência no projeto investigativo que os aspectos sociais e pessoais dos pesquisadores, financiadores e representantes de instituições de pesquisa possuem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão discutidos de acordo com o CI em análise. Inicialmente trataremos dos textos finais relacionados ao CI 1 e na sequência comentaremos os vinculados ao CI 2.

CI 1

O primeiro CI, extraído das páginas 33 a 36 da HQ, trata da necessidade de divisão do trabalho dos participantes do projeto Manhattan, sem que existisse comunicação entre eles. Com isso, Leslie Groves, que era membro do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA e diretor do Projeto Manhattan, pretendia garantir que ninguém teria noção completa do que estava sendo feito. No entanto, os pesquisadores, representados por Robert Oppenheimer, insistiam que não era possível fazer ciência sem comunicação entre os membros da equipe. A pergunta que finaliza este CI e foi apresentada aos alunos é: “Nessa situação, deveria Oppenheimer seguir com o plano de deixar os cientistas livres para falarem o que quiserem, mas só dentro do laboratório, ficando por conta de os cientistas policiarem a si mesmos? Sim ou não? Por quê?”. Os

alunos precisavam produzir um texto respondendo “sim” ou “não” e justificar a resposta.

Considerando a dinâmica de aplicação dos CI, a esta situação observou-se inicialmente seis posicionamentos favoráveis ao plano adotado por Oppenheimer, isto é, conceder certa liberdade para comunicação entre os cientistas. Nesse momento apenas um educando não concordava com isso. Após a discussão, uma das licenciandas alterou o seu posicionamento, colocando-se como discordante à posição do cientista.

Destacamos inicialmente dois textos finais que evidenciam posicionamentos distintos quanto à decisão de Oppenheimer. Sendo assim, constam no Quadro 1 os argumentos finais das licenciandas Alice e de Débora, que são posteriormente discutidos com destaque a menções a aspectos que se relacionam às características essenciais do trabalho científico.

Quadro 1. Argumentos finais de Alice e Débora em resposta ao CI 1

ALICE: Oppenheimer sabe que **a ciência se desenvolve melhor e necessita de colaboração**, mas quando entrou no Projeto Manhattan aceitou um acordo com Groves de manter sigilo total sobre este projeto, de modo que ele tem a obrigação de articular as ideias dos cientistas por conhecer o projeto na totalidade, mas não permitir que os cientistas o saibam também. Por isso, apesar das grandes dificuldades que ele deverá enfrentar com os cientistas motivando-os constantemente e evitando insubordinação, ele não deve permitir trocas de informações dentro dos laboratórios por uma questão de ética e compromisso firmado inicialmente com Groves e consequentemente com o governo norte americano.

DÉBORA: Há algumas consequências se Oppenheimer mantiver seu plano, uma vez que o Projeto pode ser comprometido se houver vazamento de informação, no entanto, acredito que há muito menos consequência negativa se continuar do que o contrário. Se ele não prosseguir, o trabalho dos cientistas será individual, não colaborativo como pressupõe o “fazer” científico, podendo gerar entre os mesmos: desmotivação, insubordinação, competitividade, dificuldade em obter resultado e desconfiança em relação ao governo americano. De uma maneira geral, a atmosfera no laboratório seria de pressão e rigidez disciplinar. Embora Groves seja reconhecido pelo seu poder de persuasão e controle, essa medida pode definitivamente não ser decisiva na manutenção do sigilo, já que todos podem decidir agir insubordinadamente. Parece-me mais seguro atender o desejo dos cientistas e dar-lhes crédito na manutenção do segredo.

Não se observa de forma explícita qualquer visão deformada da ciência nos argumentos expostos no Quadro 1. Por sua vez, conforme grifos (fonte em negrito e sublinhada), evidencia-

-se uma das características essenciais do trabalho científico: a compreensão do seu caráter social. Conforme fragmentos apresentados com fonte em negrito em ambos os trechos, este aspecto está presente na necessidade de colaboração para o melhor desenvolvimento científico. A seu respeito, Gil-Pérez *et al.* (2001, p.137) salientam: “o trabalho de cada um é orientado pelas linhas de investigação estabelecidas, pelo trabalho da equipe de que fazem parte, não fazendo sentido a ideia de investigação completamente autônoma”.

Em outra perspectiva, o caráter social do desenvolvimento científico também pode ser observado, conforme fragmentos sublinhados no argumento de Alice, no compromisso ético assumido entre Oppenheimer e Groves. Essa ideia está de acordo com Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007), os quais afirmam que, assim como qualquer outra atividade humana, a pesquisa científica não acontece à margem da sociedade. Logo, é influenciada pelo contexto e momento histórico em que está inserida. Em outras palavras, uma vez que a ciência está inserida na sociedade, os padrões desta, como as relações e compromissos éticos, integram a atividade científica.

O Quadro 2 ilustra mais dois argumentos referentes ao CI 1, em que podemos observar outras perspectivas relacionadas às características essenciais do trabalho científico. Com relação ao argumento de Gabriel, observa-se novamente uma menção ao modo como a ciência funciona, o qual contempla a comunicação entre os cientistas. Por sua vez, alinhando-se ao caráter social do desenvolvimento científico, também é digno de nota na sua resposta a ideia de obtenção de reconhecimento e prestígio dos cientistas em seu trabalho (trecho em *itálico*). Essa noção encontra respaldo nas colocações de Gil-Pérez *et al.* (2001) quando reforçam que a ciência não está à margem da sociedade. Logo, uma vez que o sentido de pertencimento e reconhecimento é inerente à atividade humana e contribui para a realização de um trabalho a contento, isso também permeia a construção do conhecimento científico.

Quadro 2. Argumentos finais de Gabriel e Bianca em resposta ao CI 1

GABRIEL: Sim, existem pontos positivos e negativos em qualquer uma das escolhas de Oppenheimer, as duas apresentam riscos, mas a escolha de prosseguir com o plano acaba sendo a mais correta pois o **respeito ao modo que a ciência trabalha** acarreta em um desenvolvimento muito mais rápido da mesma além de *demonstrar confiança e reconhecimento aos cientistas envolvidos*. Dessa forma evita a desmotivação e possíveis insubordinações dos cientistas que poderia acarretar na demora ou até mesmo na não execução do projeto.

BIANCA: Sabe-se que o conflito ético está no respeito do **modo de “fazer ciência”** X o respeito ao sigilo e que Groves tinha deixado claro a todos sobre cada um fazer o seu trabalho/função. Porém, **muitas vezes os cientistas não conseguem prosseguir seu trabalho (costumam não perceber seus erros)** e com isso, a troca de ideia e discussão com outros cientistas ajudaria o trabalho a se desenvolver e até mesmo ser concluído com sucesso. Portanto, acredito que para o bem de um projeto concluído com sucesso, Groves poderia deixar o orgulho de lado e permitir a conversa APENAS no laboratório e caso isso fosse descumprido, aí sim ele poderia impor uma consequência. O vazamento poderia ser uma consequência, mas acredito que bons cientistas como são, não iriam comentar fora do lugar apropriado pois *poderia perder o prestígio de seu projeto ser bem desenvolvido* (pois sabemos que há uma competitividade na ciência também).

No argumento de Bianca, para além dos aspectos já mencionados, outro elemento que ganha destaque está relacionado à visão rígida, algorítmica, exata ou infalível da ciência (fragmento em negrito e sublinhado). Contrapondo-se a isso, ela afirma que cientistas cometem erros, distanciando-se da visão infalível da ciência.

De forma geral, o caráter social da pesquisa científica foi contemplado na argumentação dos demais educandos e todos colocaram em destaque a mesma característica da atividade científica: o trabalho colaborativo entre os pares. Não foram identificadas para o CI 1 visões distorcidas da ciência.

CI 2

O segundo CI, extraído das páginas 60 e 61 da HQ, deriva de uma conversa entre Oppenheimer e Bohr, o qual não estava envolvido diretamente com o projeto. Dentre os tópicos abordados por Bohr, surge a possibilidade de Oppenheimer falar abertamente para o restante do mundo o que estava sendo construído, bem como o seu poder de destruição. Para Bohr, o extremo cuidado

com relação ao sigilo interno do Projeto Manhattan (tópico discutido no CI 1) não seria necessário se fosse falado abertamente sobre o poder de destruição de um armamento como o que estava sendo desenvolvido, isto porque, conhecendo tal poder, ninguém seria tolo em construir um armamento nuclear que poderia facilmente acabar com o mundo. Diante de tal situação, a pergunta que suscita a argumentação é a seguinte: “Enquanto cientista responsável pelo Projeto Manhattan, deveria Oppenheimer falar abertamente sobre o poder de destruição da bomba atômica em construção?”. Os alunos precisavam responder “sim” ou “não” e justificar a resposta.

Observou-se, tanto nos argumentos iniciais como finais, cinco respostas contrárias à comunicação por parte de Oppenheimer, e duas favoráveis. Não houve mudança de posicionamento entre os diferentes momentos de aplicação do CI. Para o CI 2 observou-se um número menor de menções explícitas às características do trabalho científico do que para o CI 1, tampouco foram identificadas visões distorcidas. O Quadro 3 ilustra duas respostas finais ao CI 2, sendo representativas dos diferentes posicionamentos observados. Os destaques indicam características essenciais do trabalho científico observadas nas respostas.

Quadro 3. Argumentos finais de Débora e Alice em resposta ao CI 2

DÉBORA: O conflito ético envolvido é manter o *acordo com o governo americano* ou manter a ética como cientista em considerar o bem-estar da sociedade e fazer valer sua cidadania, agindo com transparência e responsabilidade social. Partindo do pressuposto de que a ciência é um mentefato, ou seja, neutralidade é anulada uma vez que interesse sociais, políticos e/ou econômicos ditam o seu desenvolvimento, não avisar a sociedade é genuíno. Nesse caso, o conhecimento científico permite a produção de tecnologia, um artefato, destruidor de pessoas em prol de um fim que de alguma forma justifica os meios. No entanto, como Bohr, acredito que o sim poderia ser o gatilho para um novo futuro, do qual pertencemos cujo passado não nos contentamos em lembrar.

ALICE: Como cidadão ele não acredita na sensatez dos homens, **não confia nos líderes mundiais por uma saída diplomática temendo abrir um precedente do qual ao invés de selarem a paz, eles partam para uma corrida armamentista** aumentando os perigos de uma guerra mundial. Apesar de saber do seu compromisso profissional de divulgação de dados, ele possui um *acordo prévio com os EUA* que o impede disso. Ele sabe que divulgar pode tanto levar à paz quanto à uma corrida armamentista. É um risco muito grande e ele não acredita na possibilidade da paz.

Características do trabalho científico ficam evidentes na resposta de Débora, que diz respeito novamente ao caráter social do desenvolvimento científico (Quadro 3). Este pode ser

identificado sob duas óticas: (1) o acordo feito com o governo americano, que inclui a confidencialidade do projeto (itálico); (2) a ética como cientista, que é um fator moral e de responsabilidade social do pesquisador, englobando, segundo a licencianda, considerações que devem ser feitas dentro da suposta conduta científica, considerando o bem-estar da sociedade, a cidadania, a transparência e a responsabilidade social (fragmentos sublinhados).

De forma explícita, Débora se opõe à visão de uma ciência socialmente neutra, indicando que essa neutralidade deixa de existir ao passo que o desenvolvimento científico é influenciado por interesses sociais, políticos e/ou econômicos. Com relação ao argumento de Alice, o qual exemplifica um posicionamento contrário ao de Débora, também desponta o caráter social da ciência. Em primeira instância (fragmento em itálico), há uma menção ao acordo de sigilo firmado com Groves. Conforme pontuado anteriormente, ao sinalizar tal acordo os licenciandos evidenciam a noção de que a atividade científica não tem lugar à margem da sociedade em que vivem e, portanto, refletem e integram os seus comportamentos.

Adicionalmente, de modo a reforçar o caráter social do desenvolvimento científico, o trecho com fonte em negrito faz alusão ao caráter histórico da ciência, e como este se relaciona com o desenvolvimento científico. Nesse sentido, ao mencionar algumas das consequências do posicionamento favorável de Oppenheimer, Alice salienta a possibilidade de um acordo diplomático entre os líderes mundiais, ou até mesmo, o início de uma corrida armamentista.

O Quadro 4 ilustra mais dois argumentos referentes ao CI 2 que reforçam a relação entre o desenvolvimento científico e o contexto histórico.

Quadro 4. Argumentos finais de Bianca e Fernando em resposta ao CI 2

BIANCA: Oppenheimer enfrenta um conflito ético bem complicado: manter o acordo feito com o governo americano ou manter a ética como ser humano e como cientista (divulgar resultado das pesquisas). Além disso, o peso de suas obrigações e as consequências que trará em suas decisões **resultará em um dilema que poderá ser uma corrida armamentista ou um acordo de paz**. Portanto, Oppenheimer não deve falar abertamente à sociedade, sobre a construção e consequências da bomba, já que implicaria no descumprimento do acordo com o governo (colocando sua vida em risco); trará a competitividade de outros países em construir bombas (mesmo que estas ficam inativas); o governo americano, que já está com vários problemas, poderá enfrentar mais um com a população podendo ficar dividida (sendo contra ou a favor).

FERNANDO: Toda escolha envolve alguma renúncia. É impossível ficar totalmente isento de dilemas quando suas decisões implicam na aceitação de um trabalho como o Projeto Manhattan. **Se havia algum ponto de retorno, este foi deixado para trás quando se considerou o holocausto dos judeus pelos nazistas, o ataque à Pearl Harbor e todas as atrocidades cometidas pelos inimigos**. Uma solução de alcance da paz através do diálogo não parecia factível, incrementando a decisão do lançamento da bomba atômica. **As decisões tomadas em estado de guerra, de conflito, sempre envolverão controvérsias** e por isso conclui-se que Oppenheimer não deve falar abertamente sobre as consequências da bomba.

Os argumentos no Quadro 4 apresentam o caráter social do desenvolvimento científico, com foco na perspectiva da sua relação com o momento histórico. Assim como no argumento de Alice, no caso de Bianca, essa relação surge ao ponderar a respeito das possíveis consequências da atitude de Oppenheimer: uma corrida armamentista ou um acordo de paz. Sobre o argumento de Bianca também é válido destacar, conforme fragmento sublinhado, uma abordagem semelhante àquela verificada na resposta de Débora. Ou seja, para além da influência histórica na tomada de decisão, ela também pondera a respeito do compromisso ético, já discutido anteriormente, entre Oppenheimer e Groves.

A influência do momento histórico no desenvolvimento científico pode ser observada de forma mais explícita no argumento de Fernando. Em particular, conforme fragmentos destacados, o licenciando sinaliza que outros “desvios éticos” também foram tomados durante a Segunda Guerra Mundial pelos países inimigos. Tal ideia é ancorada na afirmação de que, no contexto de guerra, qualquer decisão tomada implicará em controvérsias.

Com base nas respostas fornecidas pelos licenciandos ao CI 2, verifica-se um comporta-

mento similar às respostas obtidas no CI 1. Ou seja, há o predomínio quase que exclusivo de uma única característica essencial do trabalho científico: a compreensão do caráter social do desenvolvimento científico. Por sua vez, dada a natureza do CI 2, novas perspectivas são atribuídas a esta característica, sendo predominante nos argumentos o caráter social da ciência atrelado ao contexto histórico na qual se insere.

A predominância do caráter social, tal como mencionado anteriormente, está relacionada com o próprio conjunto de atividades desenvolvidas junto aos educandos, com destaque para a abordagem de QSC, que já contemplam naturalmente aspectos sociais adjacentes à ciência. Não obstante, ao evidenciar a compreensão da referida característica do trabalho científico, ocorre por parte dos educandos a negação ou oposição à visão distorcida de que a ciência é socialmente neutra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observado um comportamento similar nas respostas obtidas em ambos os CI, em que a principal característica essencial do trabalho científico identificada diz respeito ao caráter social da ciência. Por sua vez, são múltiplas as perspectivas assumidas a seu respeito. Enquanto para o CI 1 predomina a ideia do trabalho cooperativo para o desenvolvimento científico, o CI 2 evidencia a influência do momento histórico na atividade científica. Consoante a primeira perspectiva, ela se opõe à visão distorcida de que ciência é individualista e elitista. Nessa visão ignora-se o trabalho cooperativo e os intercâmbios entre equipes. Em contraponto, a sua perspectiva é respaldada na noção de que a ciência não está à margem da sociedade, tampouco é influenciada pelos problemas e circunstâncias do momento histórico

A observação expressa no parágrafo anterior está diretamente associada à natureza de cada um dos CI. Ao abordar o sigilo no Projeto Manhattan, evidencia-se no CI 1 a dinâmica interna do trabalho científico, o qual contempla, dentre outros elementos, a sua natureza coletiva. Extrapolando tal dinâmica, no CI 2 sobressai o sigilo do Projeto Manhattan e sua relação direta com o contexto no qual se desenvolve.

Com base no estudo proposto, verifica-se inicialmente a potencialidade das atividades desenvolvidas tendo em vista o acesso e até mesmo a promoção de reflexões acerca das características do trabalho científico. Em particular, destacamos a abordagem de QSC as quais, ao contemplar aspectos sociais relacionados ao desenvolvimento científico, são propícias a uma discussão concernente aos impactos da ciência na sociedade. Por fim, diante das atividades desenvolvidas, ressalta-se a importância da abordagem de tópicos relacionados às características do trabalho científico na formação inicial de professores de ciências naturais.

REFERÊNCIAS

BRAGA, Samuel Santos; MARTINS, Liziane e CONRADO, Dália Melissa. A argumentação a partir de questões sociocientíficas na formação de professores de biologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 120–136, 2019. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p120. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1297>. Acesso em: 15 set. 2023.

FETTER-VORM, Jonathan. *Trinity: a história em quadrinhos da primeira bomba atômica*. São Paulo: Editora Três Estrelas, 2013.

GEORGIU, Yiannis e KYZA, Eleni A. Fostering Chemistry Students' Scientific Literacy for Responsible citizenship through Socio-Scientific Inquiry-Based Learning. *Sustainability*, v. 15, n. 8, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15086442>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/8/6442>.

GIL-PÉREZ, Daniel, *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v.7, n. 2, p. 125- 153, 2001.

LEUNG, Jessica Shuk Ching. A Practice-based approach to learning nature of science through socioscientific Issues. *Research in Science Education*, v. 52, p. 259- 285, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09942-w>.

PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel e VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

RAHAYU, Sri & ROSAWATI, Ervita Eka. The development of higher-order thinking skills (HOTS) assessment instrument in chemistry using socioscientific issues context: A preliminary trial. *AIP Conference Proceedings.*, v. 2572, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0118624>.

SÁ, Luciana Passos. *Estudos de caso na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no Ensino Superior de Química*. 278 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2010.

SCHEID, Neusa Maria John; PERSICH, Gracieli Dall Ostro e KRAUSE, João Carlos. Concepção de natureza da ciência e a educação científica na formação inicial. *Anais do VII Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências*. Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/552.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2023.