História em quadrinhos como fio condutor na promoção da argumentação de Licenciandos em Química

Guilherme Balestiero da Silva e Salete Linhares Queiroz

Este trabalho tem como objetivo a discussão e análise de uma atividade didática que visou a promoção da argumentação de licenciandos em química a partir da leitura do livro Trinity: a história em quadrinhos da primeira bomba atômica. Para tanto, os estudantes foram convidados a solucionar e argumentar diante de casos extraídos do referido livro. Além da viabilidade da leitura quadrinizada para a promoção da argumentação e a discussão acerca de questões sociocientíficas, as análises indicaram argumentos de limitada complexidade estrutural. Nessa perspectiva, os resultados reforçam a necessidade de práticas educativas voltadas para o desenvolvimento das habilidades argumentativas de professores em formação, os quais possivelmente atuarão na educação básica desempenhando o papel de formadores de opinião.

► ensino de química, argumentação, história em quadrinhos ◀

Recebido em 25/08/2020, aceito em 05/10/2020

4

Questões sociocientíficas (QSC) são comumente definidas como problemáticas sociais controversas que se relacionam com conceitos ou procedimentos científicos (Conrado e Nunes-Neto, 2018). Diante da natureza desse tipo de questão, a discussão a respeito de QSC em espaços formativos pode contribuir para o desenvolvimento da argumentação dos educandos, e também conduzir à formação de cidadãos que entendam a natureza da ciência, suas aplicações e implicações sociais, econômicas e políticas (Owens, Sadler e Zeidler, 2017). Em salas de aula de ciências, a inserção de QSC vai ao encontro do que, segundo Karisan e Zeidler (2017), consiste na premissa da educação científica das últimas três décadas, a alfabetização científica, que por sua vez é um constructo multidimensional e complexo. Para Sadler (2011), um indivíduo cientificamente alfabetizado deve ser capaz de negociar e tomar decisões diante de situações do cotidiano que envolvam o conteúdo científico. Ademais, deve ser capaz de compreender os impactos da ciência e tecnologia no dia a dia, além de ler e entender os tópicos essenciais veiculados pela mídia, refletindo criticamente sobre as informações.

Em salas de aula de ciências, a inserção de QSC vai ao encontro do que, segundo Karisan e Zeidler (2017), consiste na premissa da educação científica das últimas três décadas, a alfabetização científica, que por sua vez é um constructo multidimensional e complexo.

Em contraponto às potencialidades oriundas do trabalho com questões de natureza controversa em salas de aula de ciências, alguns autores ainda apontam para um distanciamento entre professores e a abordagem desse tipo de questões em sua prática pedagógica. De acordo com Pérez e Carvalho (2012, p. 729), o trabalho com QSC na formação de professores se torna altamente recomendável visto que: “geralmente, os professores de ciências são especializados em disciplinas específicas e não foram preparados para trabalhar aspectos sociais, políticos e éticos envolvidos em assuntos públicos adjacentes ao progresso científico e tecnológico”.

Para Bossér e Lindahl (2019), práticas dialógicas estabelecidas a partir de questões socialmente controversas exigem novas demandas para os professores, como propiciar um ambiente que encoraja os educandos a expressarem suas opiniões durante as discussões. Contudo, de acordo com as características desse tipo de questão, podem emergir em sala de aula aspectos relacionados a emoções oriundas da empatia com outros indivíduos. Dessa forma, desenvolver estratégias que possibilitem o trato de tais emoções se torna relevante,

porém desafiador para os professores. De fato, o que tem se verificado na literatura é a falta de confiança dos docentes para lidarem com outros aspectos que possam emergir das discussões para além dos conteúdos científicos tradicionais. Por mais que os docentes demonstrem interesse na abordagem de QSC no ensino de ciências, usualmente optam por uma abordagem mais segura que se contrapõe aos próprios objetivos da atividade.

Nesse contexto, uma maneira de inserir as QSC em ambientes de ensino é por meio de práticas argumentativas, as quais ganharam espaço nas últimas décadas, sendo alvo de atenção em estudos da área de Educação em Ciências (Robertshaw e Campbell, 2013; Cetin, 2014; Silva e Queiroz, 2019). Tais estudos têm sinalizado a relevância da formação de professores que compreendam a importância da argumentação na educação básica e que sejam capazes de refletir criticamente sobre diferentes situações.

No entanto, Sampson e Blanchard (2012) salientam a pouca recorrência de espaços para a argumentação em salas de aula de ciências e apresentam como uma das possíveis explicações para isso o limitado conhecimento pedagógico dos professores sobre a temática. Nesse contexto, o contato dos futuros docentes com práticas argumentativas torna-se relevante para que não somente compreendam a importância da sua inserção em salas de aula, como também venham a ser capazes de desenvolver as próprias habilidades argumentativas e de reflexão crítica.

Associado a esse contexto, que evidencia as potencialidades do emprego e exercício de práticas argumentativas frente a questões sociocientíficas no ensino de ciências e a sua pouca recorrência em sala de aula, diferentes estudos também salientam o insucesso dos alunos brasileiros em outras áreas, como a leitura (Almeida e Pagliarini, 2016). Ao direcionar o olhar para a formação de professores de ciências e sua relação com a leitura, Flôr (2009) destaca que a partir dos diferentes trabalhos envolvendo essa relação que vêm sendo realizados, o que se verifica é que os estudantes dos cursos de graduação em ciências naturais não têm o hábito e/ou não são solicitados a escrever sobre suas ideias, pensamentos, impressões e críticas. Este fato, segundo o autor, corrobora para o fortalecimento da visão que muitos professores de ciências têm de que atividades que incluam ler e escrever só dizem respeito à disciplina de língua portuguesa.

Nessa perspectiva, este trabalho tem como objetivo, discutir e analisar uma atividade didática pautada na promoção da argumentação de licenciandos em química diante de QSC, a partir do estabelecimento de práticas de leitura de uma HQ e da resolução de casos extraídos da mesma. Nesse contexto, almejamos investigar os argumentos dos futuros professores diante de questões socialmente controversas e então tecer considerações a respeito da sua qualidade estrutural.

Fundamentação teórica

De modo a investigarmos a qualidade estrutural dos argumentos empregados pelos futuros professores, recorremos ao Modelo de Argumento de Toulmin (TAP) (Toulmin, 2001), amplamente empregado na área do ensino de ciências (Sá, Kasseboehmer e Queiroz, 2014).

Centralizando a discussão no que denominou *layout* do argumento (Figura 1), Toulmin propõe que a estrutura básica de um argumento válido é composta por três elementos: dado (D), justificativa (J) e conclusão (C). O primeiro elemento corresponde a informações factuais nas quais alegações ou conclusões serão fundamentadas. Para tanto, de forma a estabelecer uma conexão entre as informações factuais e a conclusão, se faz necessário o emprego das justificativas.

Figura 1: Modelo de argumento proposto por Toulmin (2001). Fonte: Toulmin (2001, p. 143).

Partindo dessa estrutura básica, Toulmin (2001) ainda sugere outros elementos que configurariam a um argumento uma melhor qualidade estrutural. São esses elementos os *backings* (B), as refutações (R), e os qualificadores modais (Q). A respeito dos *backings*, consistindo em conhecimentos básicos (teóricos ou empíricos), estes fornecem suportes às justificativas empregadas. Por sua vez, os qualificadores modais se apresentam geralmente em forma de advérbios (certamente, necessariamente etc.), para salientar o grau de força que determinada justificativa confere à

conclusão. Contudo, podem existir em um argumento condições de exceção em que uma justificativa ou até mesmo a conclusão se tornam inválidas, é nesses casos que contamos com a presença de uma refutação.

Considerando o Modelo de Toulmin (2001) (Figura 1) e de modo a avaliarmos a qualidade estrutural dos argumentos empregados pelos futuros professores serão observadas as combinações dos elementos do TAP presentes em suas respostas. Conforme sinalizado no Quadro 1, fornecido por Erduran, Simon e Osborne (2004), combinações com maior número de elementos implicam em um argumento mais complexo e elaborado estruturalmente.

Associada a essas combinações, passíveis de serem observadas nas respostas dos futuros professores, também

[...] o contato dos futuros docentes com práticas argumentativas torna-se relevante para que não somente compreendam a importância da sua inserção em salas de aula, como também venham a ser capazes de desenvolver as próprias habilidades argumentativas e de reflexão crítica.

Quadro 1 - Grau de complexidade dos argumentos proposto por Erduran, Simon e Osborne (2004).

COMPLEXIDADE ↓	Combinação dos elementos	Código da combinação
	Conclusão/Dado/Justificativa	CDJ
	Conclusão/Dado/Justificativa/Backing	CDJB
	Conclusão/Dado/Justificativa/Refutação	CDJR
	Conclusão/Dado/Justificativa/Qualificador Modal	CDJQ
	Conclusão/Dado/Justificativa/Backing/Qualificador Modal	CDJBQ
	Conclusão/Dado/Justificativa/Backing/Qualificador Modal/Refutação	CDJBQR

consideraremos, em concordância com Sá, Kasseboehmer e Queiroz (2014), a frequência de justificativas ou *backings*, a qual também julgamos como um indicador significativo da qualidade estrutural dos argumentos.

Percurso Metodológico

6

Contexto de Aplicação da Proposta

A aplicação das atividades ocorreu junto a alunos matriculados em disciplina de um curso de licenciatura em uma universidade pública do Estado de São Paulo. A conveniência da aplicação da proposta na referida disciplina se deve ao fato de que ela visa o desenvolvimento da capacidade de investigação e análise crítica dos alunos, por meio do conhecimento, discussão e posicionamento diante de problemas relacionados ao impacto da química na sociedade.

A realização das atividades compreendeu nove aulas de aproximadamente 100 minutos, e contou com a participação de cinco, dentre os sete alunos matriculados na disciplina, em todas as etapas. Ademais, a experiência levada a cabo contou com um ambiente de leitura quadrinizada para a abordagem e promoção de discussão a respeito de diferentes QSC. A HQ selecionada para estudo diz respeito à obra “Trinity: a história em quadrinhos da primeira bomba atômica”, de autoria de Jonathan Fetter-Vorm (2013). A HQ trata do teste “Trinity”, realizado durante a segunda guerra mundial, que visava à construção da bomba atômica, e apresenta em seu bojo tópicos pertinentes ao ensino de química, física e história, envolvendo uma temática polêmica a respeito da mobilização de conhecimentos científicos para a construção de um armamento extremamente letal.

No contexto das atividades realizadas em sala de aula, as QSC enfatizadas a partir da leitura da HQ “Trinity” dizem respeito a diferentes aspectos relacionados à prática

A HQ trata do teste “Trinity”, realizado durante a segunda guerra mundial, que visava à construção da bomba atômica, e apresenta em seu bojo tópicos pertinentes ao ensino de química, física e história, envolvendo uma temática polêmica a respeito da mobilização de conhecimentos científicos para a construção de um armamento extremamente letal.

científica, e aqui destacaremos o conflito existente frente à necessidade de sigilo para a realização de um trabalho em equipe e cooperativo que, em teoria, pode contribuir significativamente para o sucesso de um projeto científico. Salientamos que esta questão é adequada para aguçar nos licenciandos o entendimento sobre a interdependência da ciência com aspectos políticos, históricos, econômicos, sociais e culturais.

Os conteúdos curriculares abarcados na atividade didática estão alinhados com alguns dos objetivos da disciplina: propiciar reflexão sobre as relações entre química e sociedade, assim como fornecer subsídios para a compreensão e análise das implicações sociais e ambientais relacionados a processos químicos utilizados no sistema produtivo. A articulação entre esses tópicos ocorreu a partir da solicitação aos estudantes de resolução dos casos extraídos da HQ. Assim, os estudos de caso funcionaram como fios condutores que facilitaram a aquisição e o compartilhamento de conteúdos curriculares. Para além dos referidos conteúdos, comportamentos orientados por princípios éticos, envolvendo os personagens dos casos, também foram alvo de escrutínio por parte dos estudantes.

Cabe esclarecer que um caso, como os extraídos da HQ, consiste em uma narrativa, escrita sob forma de dilema, que visa à educação e não somente o entretenimento (Silva e Queiroz, 2019). A narrativa traz em seu bojo um problema que precisa ser resolvido pelos educandos e que admite mais de uma solução. A produção de casos se dá a partir de diversos recursos, como artigos de jornais, livros e filmes. Os casos possuem em comum a presença de informações que são fundamentais para balizar a tomada de decisão frente ao dilema exposto.

Atividades Desenvolvidas

Com o anseio de promover a argumentação em sala de aula, foram construídos pelos autores do presente artigo três casos a partir de excertos extraídos do texto da HQ. Tais casos, conforme mencionado anteriormente, foram elaborados

de forma que a narrativa abarcasse um problema que precisa ser resolvido pelos educandos e que admite mais de uma solução. Diante da extensão da HQ selecionada, e considerando a importância da leitura integral da mesma, o texto do livro foi dividido em fragmentos menores que foram lidos ao longo do semestre letivo, e não somente nas ocasiões em que os casos foram aplicados.

O primeiro caso apresenta um conflito envolvendo o desenvolvimento da ciência e o trabalho em equipe em contraponto ao sigilo envolvendo a construção de armamentos nucleares. Logo, o protagonista da situação era o cientista Oppenheimer, o qual deveria decidir se prosseguiria, ou não, com o plano de conceder liberdade para os cientistas

A questão do sigilo no Projeto Manhattan
<p>O Projeto Manhattan, concebido por Groves, era impressionante por muitos motivos. Sua larga escala: a unidade de difusão, em Oak Ridge, no Tennessee, era o maior prédio do mundo. O número total de pessoas envolvidas: no auge da produção, cerca de 80 mil trabalhavam em Oak Ridge. O tempo espantosamente curto entre a prancheta e a linha de montagem: equipes de operários, trabalhando contra o relógio, terminavam uma nova casa a cada 15 minutos.</p> <p>Mas outro fato impressionante pode facilmente passar despercebido - todos esses esforços – esses milhares de trabalhadores, as incontáveis toneladas de material de construção e o imensurável investimento de tempo e energia – era segredo. O povo americano – incluindo o Congresso – nem sequer sabia que o Projeto Manhattan existia.</p> <p>[Senador] E como essa verba solicitada será exatamente aplicada?</p> <p>[Membro do Projeto Manhattan]. Isso é confidencial, senador.</p> <p>Groves compartimentou o Projeto Manhattan de modo que nenhuma organização ou indivíduo tivesse completa noção daquilo em que estava trabalhando.</p> <p>[Operário] Cuido para que os canos não vazem.</p> <p>[Operária] Faço com que as máquinas não esquentem demais.</p> <p>[Militar] Lembro as pessoas de não fazerem perguntas.</p> <p>O Projeto Manhattan foi tão eficiente em manter sua confidencialidade que, mais tarde, organizações secretas como a CIA o usaram como modelo. Mas em Los Alamos – o novo lar de algumas das mentes mais brilhantes do país – a questão do sigilo não era assim tão simples.</p> <p>[Cientistas] Não venha me falar de sigilo! Não há como fazer ciência sem a livre troca de ideias.</p> <p>Um dos primeiros desafios de Groves foi tentar separar os cientistas: muitos deles se recusaram totalmente a fazer isso.</p> <p>[Militar] Eles ignoram suas ordens, senhor! O que devo fazer?</p> <p>[Groves] São um bando de crianças. Eles só precisam de um pouco de disciplina.</p> <p>[Oppenheimer] Você sabe que a maioria desses homens deixou a Europa para fugir do militarismo.</p> <p>[Groves] Mas é como se eles nem entendessem que estamos em guerra.</p> <p>[Oppenheimer] Mas você não acha que eles têm razão? Como você espera que eles colaborem entre si se não sabem o que os outros estão fazendo? E se os cientistas fossem livres para falar o que quisessem ..., mas só dentro do laboratório? Todos podem saber tudo, mas somente numa área cuidadosamente restrita. E fica por conta dos cientistas policiarem a si mesmos?</p> <p>Nessa situação, deveria Oppenheimer seguir com o plano de deixar os cientistas livres para falar o que quisessem, mas só dentro do laboratório, ficando por conta de cada um deles o policiamento a si mesmo? Sim ou não? Por quê?</p>

Fonte: Fetter-Vorm (2013), p. 33 – 36.

discutirem questões inerentes ao extremamente sigiloso Projeto Manhattan entre eles, dentro dos laboratórios. A narrativa do caso está apresentada no Quadro 2, uma vez que são discutidos neste artigo os resultados da sua aplicação.

O dilema abordado no segundo caso surge quando Oppenheimer, aconselhado por Bohr, deveria decidir se comunicava abertamente para a população o que estava sendo realizado no Projeto Manhattan, evidenciando assim o poder de destruição da arma em desenvolvimento. Para Bohr, com o conhecimento do que uma bomba atômica é capaz, ninguém seria tolo o suficiente de construir um armamento que poderia levar à destruição mundial. Diante dessa ideia, os futuros professores precisavam argumentar se Oppenheimer deveria, ou não, seguir o conselho do colega. Por fim, o terceiro caso coloca novamente os cientistas como os protagonistas, sendo os educandos solicitados a argumentar se estes deveriam, ou não, ter feito parte da construção das bombas atômicas, que posteriormente foram lançadas nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki.

Os casos foram aplicados em três aulas sucessivas, seguindo os mesmos passos (Figura 2). Inicialmente os estudantes fizeram a leitura silenciosa e individual do caso e elaboraram a sua argumentação escrita frente ao dilema com o qual se depararam. Na sequência, cada um deles expôs sua argumentação e o professor conduziu a discussão de modo que fossem considerados os aspectos presentes no Quadro 3

(primeira coluna), que se encontram associados ao contexto do caso em análise (segunda coluna).

Figura 2: Etapas de aplicação dos casos extraídos da HQ “Trinity”.

Na etapa final, considerando a discussão, o estudante poderia manter sua posição inicial acrescentando elementos que melhorariam sua argumentação escrita, ou mudar de decisão evidenciando o porquê de tal mudança.

Coleta e Análise dos Dados

De modo a investigarmos os argumentos produzidos pelos licenciandos, uma série de ações foram desencadeadas. Inicialmente foram aplicados Termos de Consentimento Livre e Esclarecido e estes, cientes da investigação, concordaram com a participação na pesquisa. No mais, todas as dinâmicas realizadas em sala de aula, como a leitura da obra quadrinizada em conjunto e em voz alta, e as discussões conduzidas pelo docente foram gravadas em áudio por meio

Quadro 3 – Tópicos contemplados no momento de discussão oral e exposição de opiniões (Figura 2).

Ponto de conflito	Respeitar a natureza da ciência vs. Respeitar o sigilo acordado
Partes interessadas	Oppenheimer; Cientistas; Groves; Governo norte-americano; Governos rivais; População norte-americana.
Possíveis consequências da liberdade de comunicação concedida aos cientistas	Maior possibilidade de vazamento de informações; condição de trabalho ideal para os cientistas; execução do Projeto mais rápido e a contento; prestígio devido à boa execução do Projeto; manutenção de boa relação entre os cientistas e Oppenheimer; confronto direto entre Oppenheimer e os demais líderes da cúpula do Projeto, como Groves.
Possíveis consequências da não liberdade de comunicação entre os cientistas	Maior garantia de manutenção do sigilo envolvendo o Projeto Manhattan; ambiente de pressão que dificulta a prática da ciência; desmotivação dos cientistas, frustração e insubordinação; maior tempo necessário para a finalização do Projeto; prolongamento da guerra.
Obrigações de Oppenheimer (Protagonista)	Respeitar a natureza da ciência; assegurar um bom trabalho para os cientistas; evitar o vazamento de informações; responder a Groves e ao governo norte-americano; manter o acordo de sigilo assumido previamente.

da utilização de quatro gravadores distribuídos na sala. As gravações permitiram o contato com diferentes impressões expostas pelos educandos no decorrer das atividades, bem como auxiliaram na captação das opiniões externalizadas nos referidos momentos de discussão.

Quanto ao estudo da qualidade estrutural dos argumentos, foram tomadas para análises as produções escritas iniciais e finais dos cinco licenciandos (Figura 2) que participaram de todas as atividades realizadas, identificados por nomes fictícios.

Resultados e Discussão

Para a investigação das produções argumentativas foi considerado o TAP (Toulmin, 2001), tendo sido identificados em cada argumento os componentes: dado, justificativa, *backing*, qualificador modal, refutação e conclusão. Em seguida, foi estabelecida uma comparação entre a complexidade dos argumentos na produção escrita inicial e na final. Cabe lembrar que tais combinações de componentes associadas à frequência em que aparecem são indicadores de qualidade estrutural dos

argumentos mediante o grau de complexidade e elaboração que promovem.

Assim sendo, considerando o primeiro caso extraído da HQ, os alunos foram convidados a argumentar, se na situação narrada, deveria, ou não, Oppenheimer seguir com o plano de deixar os cientistas livres para falar o que quisessem, mas somente dentro do laboratório, ficando por conta deles policiarem a si mesmos.

Assumindo o caráter estruturado do caso em que o problema é apresentado diretamente ao licenciando, contamos com um dado (D) fornecido o qual pode ser definido como: *Durante a realização do Projeto Manhattan, o sigilo envolvendo as ações dos cientistas é alvo de discórdia entre Oppenheimer e Groves.* Frente a esse dado, nos deparamos com duas possíveis conclusões: *Oppenheimer deve deixar os cientistas livres para falar o que quiserem, mas só dentro do laboratório, ficando por conta deles policiarem a si mesmos, ou, Oppenheimer não deve deixar os cientistas livres para falar o que quiserem, nem mesmo dentro do laboratório.*

Isto exposto, em um primeiro momento todos os licenciandos se mostraram favoráveis à ideia de conceder liberdade aos cientistas. Por sua vez, após a discussão realizada em sala de aula, quando foram contemplados os aspectos presentes no Quadro 3, os argumentos finais indicaram que um dos licenciandos mudou seu posicionamento, deixando de ser favorável e se tornando contrário a uma maior liberdade aos cientistas. Na sequência são discutidos os argumentos de cada um dos cinco futuros professores.

No Quadro 4 está esquematizada a resposta inicial fornecida pela aluna Alice, bem como sua análise na perspectiva de Toulmin (2001). O que verificamos foi um argumento inicial pouco complexo e elaborado para o qual identificamos apenas a combinação básica de elementos presentes no TAP (Toulmin, 2001) isto é, CDJ.

De acordo com o Quadro 4, observamos na resposta da aluna o uso de uma única justificativa para sustentar a sua posição. Após a discussão realizada em sala de aula conduzida pela docente, conforme esquematizado no Quadro 5,

Após a discussão realizada em sala de aula conduzida pela docente, verificamos que a aluna optou por mudar sua decisão. Para isso, Alice faz uso de duas justificativas. Salientamos que tais justificativas foram apresentadas por outro licenciando no momento da discussão e dizem respeito à manutenção de acordo assumido previamente pelo cientista.

verificamos que a aluna optou por mudar sua decisão. Para isso, Alice faz uso de duas justificativas. Salientamos que tais justificativas foram apresentadas por outro licenciando no momento da discussão e dizem respeito à manutenção de acordo assumido previamente pelo cientista. O futuro professor em questão era Francisco, cujos argumentos não foram considerados para a análise mediante a sua ausência

em algumas das atividades realizadas a partir da leitura da HQ “Trinity”, no entanto, ressaltamos que este era o único aluno que inicialmente se mostrava contrário à decisão de Oppenheimer.

Os argumentos de Francisco se fundamentavam em duas

Quadro 4: Argumento inicial da licencianda Alice.

Quadro 5: Argumento final da licencianda Alice.

justificativas: “**já que** embora a livre troca de ideia seja um dos requisitos para a ‘feitura’ da ciência, muitas situações exigem confidencialidade, que muitas vezes deve ser garantida através da firmação de contrato...” e “**já que** a confidencialidade quando exigida deve ser plenamente aceita pelo colaborador...”. No mais, com base em sua experiência profissional, Francisco também fez uso de um *backing* para apoiar suas justificativas, o qual consistia em: “**por conta de** que uma vez concordando em participar de tal empreitada sigilosa, [o indivíduo] está ciente do ônus e do bônus sem direito de ‘reclamar’ depois (do popular: o combinado não é caro)”

Nesse contexto, Alice que contava inicialmente com apenas uma justificativa para assumir que Oppenheimer deveria deixar os cientistas livres para comunicação dentro do laboratório, se sentiu compelida a mudar de posicionamento. Assim sendo, reforçamos o grau de persuasão e a força que um argumento assume mediante a quantidade de elementos estruturais do TAP (Toulmin, 2001). Logo, a mudança de opinião identificada nas respostas de Alice é fruto de uma pobre argumentação inicial que não se sustentou mediante contra-argumentos apresentados por terceiros.

Ademais, no que tange à complexidade do novo argumento elaborado por Alice, verificamos que embora quantitativamente exista um maior número de justificativas após a discussão, na perspectiva de Erduran, Simon e Osborne (2004) ela se

mantém, uma vez que a combinação de elementos estruturais presentes é a mesma da resposta inicial, ou seja, CDJ. No entanto, enxergamos nesse ponto, como Sá, Kasseboehmer e Queiroz (2014), uma limitação do que é proposto por Erduran, Simon e Osborne (2004), assim sendo, considerando também a frequência de justificativas apresentadas, classificamos o segundo argumento de Alice como ligeiramente mais elaborado e consequentemente de maior qualidade, uma vez que este último conta com duas justificativas.

A segunda licencianda, cujos argumentos serão analisados na sequência, é Bianca. Conforme esquematizado no Quadro 6, assim como apresentado por Alice, a aluna inicialmente faz uso de apenas uma justificativa, o que implica em um argumento de pouca complexidade, sendo a combinação de elementos somente CDJ.

Mantendo as semelhanças com Alice, verificamos na resposta de Bianca após a discussão realizada em sala de aula, e conforme esquematizado no Quadro 7, o emprego de duas justificativas para sustentar a conclusão. Sendo assim, observamos a manutenção da justificativa apresentada anteriormente (J1), ou seja, com base na sua concepção da prática científica, Bianca considera que Oppenheimer permitir a troca de ideias pelos cientistas implica em uma maior probabilidade de sucesso do projeto, que poderá, por sua vez, ser finalizado em menor tempo. Também identificamos

Quadro 6: Argumento inicial da licencianda Bianca.

Quadro 7: Argumento final da licencianda Bianca.

10

a inserção de uma nova justificativa (J2) emergente da discussão conduzida pela professora, a qual consiste nas dificuldades que poderiam surgir se a forma como o trabalho dos cientistas estava sendo realizada se mantivesse.

Ou seja, constatamos o surgimento de uma justificativa a partir do momento em que se é estabelecido oralmente as consequências das possíveis ações para cada uma das partes envolvidas. Logo, mesmo que a combinação de elementos básicos CDJ tenha permanecido, o emprego quantitativamente maior de justificativas confere ao segundo argumento de Bianca, tal qual o de Alice, uma complexidade e, consequentemente uma qualidade maior.

Prosseguindo com a análise da estrutura dos argumentos elaborados pelos licenciandos, apresentamos no Quadro 8 a resposta inicial fornecida pela aluna Caroline. Nela tomamos contato com um elemento que não havia aparecido nas respostas das outras licenciandas, isto é, o *backing*, o qual atua como uma espécie de aval à justificativa. Assim sendo, ao justificar o porquê Oppenheimer deve dar a liberdade para os cientistas se comunicarem nos laboratórios, Caroline apresenta, como J1, a necessidade de haver a troca de ideias e/ou opiniões para a prática científica, contudo ela apoia essa afirmação no fato (B1) de que muitas vezes os cientistas conseguem encontrar erros e sobrepor barreiras mediante a colaboração. Portanto, identificamos na resposta inicial de Caroline a combinação

de elementos CDJB, o que lhe confere uma maior qualidade.

A qualidade do que é apresentado por Caroline é ainda maior quando consideramos o seu segundo argumento em resposta ao caso (Quadro 9). Assim, diante do que é apresentado pela aluna, observamos que ela praticamente manteve J1 e seu *backing* (B1). No entanto, para além da ideia inicial, Caroline emprega mais uma justificativa (J2) também apoiada em um novo *backing* (B2). Assim, a licenciada sugere que Oppenheimer deve deixar os cientistas livres para se comunicarem dentro do laboratório, pois acredita que estes não seriam imprudentes e não fariam fora do lugar apropriado.

Na perspectiva de Erduran, Simon e Osborne (2004), a complexidade do argumento apresentado por Caroline se mantém, uma vez que, a combinação de elementos próprios do TAP presente em sua resposta continua sendo CDJB. Contudo, ao analisarmos a frequência de justificativas e *backings*, inferimos que houve uma melhora na qualidade do argumento construído pela licenciada mediante o aumento da sua complexidade e elaboração.

Ainda com relação às respostas apresentadas por Caroline, observa-se, diferentemente das outras licenciandas, a inserção de informações presentes na HQ em seu argumento final, como a menção à ideia de: *bons cientistas como são, não cometeriam erros básicos como a troca de informações em lugares inapropriados*. Essa ideia faz

referência ao trecho: “Mas em Los Alamos – o novo lar de algumas das mentes mais brilhantes do país – a questão do sigilo não era assim tão simples” (Fetter-Vorm, 2013, p. 35). Isto exposto, verificamos de antemão, com exceção de Caroline, a pouca atenção dada pelos futuros professores ao texto base no processo de argumentação.

No que diz respeito à licencianda Débora, verificamos, conforme Quadro 10, que também considerando o plano de Oppenheimer adequado para a situação narrada, ela lança mão de duas justificativas para sustentar a sua decisão. Assim, Oppenheimer deve deixar os cientistas livres para comunicação no laboratório com base na ideia de que a argumentação é de extrema importância para o desenvolvimento científico, facilitando-o, e na hipótese de que, mesmo fornecendo essa liberdade, ainda haveria algum tipo de supervisão para se certificar de que essa troca de ideias ocorrerá somente dentro dos laboratórios. Logo, considerando a combinação de

elementos exibida por Débora, identificamos um argumento de baixa complexidade marcado pela combinação CDJ, em que foram empregadas duas justificativas.

Analisando a resposta fornecida por Débora após a realização da discussão em sala de aula, e esquematizada no Quadro 11, constatamos novamente a existência de duas justificativas que no caso se complementam entre si. Ou seja, Oppenheimer deve conceder a liberdade para os cientistas se comunicarem no laboratório com base nas ideias de que os cientistas devem trabalhar em equipe, e de que o trabalho em equipe pode conduzir ao cumprimento dos objetivos de forma mais rápida e prática. No entanto, a hipótese de que na ciência deve haver o trabalho em equipe se apoia em um *backing* derivado da discussão conduzida pela docente. Sendo assim, Débora apresenta que a necessidade do trabalho em equipe surge do que ela denominou “moral científica”, isto é, é fruto das características da atividade científica.

Quadro 11: Argumento final da licencianda Débora.

Nesse sentido, Débora eleva a complexidade de seu argumento quando comparado com a resposta inicial, passando de uma combinação CDJ para uma combinação CDJB. Ainda com relação a esse novo argumento, consideramos o trecho grifado (Quadro 11), como a condição necessária para que essa decisão pudesse ser tomada, e, portanto, não classificamos como refutação pois não diz respeito a uma condição de exceção propriamente dita, há uma menção apenas aos cuidados que devem ser tomados por Oppenheimer para ir adiante com o seu plano.

Por fim, no que diz respeito ao argumento empregado por Gabriel, sua resposta inicial e a respectiva análise na perspectiva de Toulmin (2001) estão esquematizadas no Quadro 12. Assim, o que verificamos é o emprego de duas justificativas sendo uma delas apoiada em um *backing* para sustentar a sua posição, que como assumida pelos outros licenciandos consiste em deixar os cientistas livres para falar o que quiserem dentro do laboratório.

Nesse sentido, considerando a troca de ideias como uma característica implícita da atividade científica, Gabriel

sugere que a liberdade fornecida por Oppenheimer permite essa troca de ideias, que por sua vez se dá por meio do diálogo. Além disso, apresentando também uma justificativa que não foi considerada por mais nenhum aluno, Gabriel defende a sua posição com base na ideia de que permitir a troca de informações implica em um menor policiamento e consequentemente demonstra maior confiança no trabalho dos cientistas.

Considerando agora o argumento fornecido por Gabriel após a discussão, sua análise está esquematizada no Quadro 13, e o que verificamos é que, diferentemente do que ocorreu com a maioria dos futuros professores, o argumento apresentado após a discussão estabelecida em sala de aula teve a sua complexidade reduzida. Embora exista um aumento no número de justificativas empregadas, nenhuma delas é apoiada por um *backing*, dessa forma a combinação de elementos apresentada anteriormente CDJB passou a ser apenas CDJ.

Contudo, assim como para os demais alunos, como seria de se esperar, observa-se a presença de diversos aspectos

levantados na discussão que contribuem para uma possível melhora do argumento, tais aspectos se converteram, em sua maioria, em justificativas, conforme podemos constatar no argumento de Gabriel. Ou seja, ao considerar as possíveis consequências de Oppenheimer não fornecer a liberdade de troca de ideias pelos cientistas, emerge como justificativa o que se apresenta em J3, isto é, uma vez que seja possível o diálogo entre os cientistas, estes fariam parte de um ambiente favorável ao desenvolvimento científico e, conseqüentemente, seriam evitadas desmotivações, insubordinações e atrasos na execução do projeto.

Ao realizarmos uma análise comparativa da estrutura dos argumentos apresentados pelos licenciados nos dois diferentes momentos da atividade estabelecida em sala de aula (Figura 3), verificamos que, em sua maioria, a discussão oral conduzida pela docente, com exposição de opiniões dos alunos (Quadro 3), contribuiu para uma melhora da qualidade dos argumentos, em especial no que diz respeito à

frequência de justificativas identificada. Ou seja, constatamos que esse procedimento, em particular o estabelecimento das consequências para cada uma das partes envolvidas mediante as possibilidades de ações, possibilitou um aumento da complexidade dos argumentos.

Com o objetivo de guiar o leitor nos passos para a leitura apropriada do gráfico presente na Figura 3, consideremos, por exemplo, os argumentos da licencianda Débora. Na resposta inicial da aluna observamos a presença da combinação básica de elementos do TAP, isto é, CDJ, cuja frequência de justificativas (caracterizada pela barra de tom claro) é igual a dois. Contudo, após a discussão realizada em sala de aula, observa-se uma evolução da qualidade estrutural do seu argumento, o qual passou a ser descrito pela combinação de elementos CDJB. Nessa combinação observa-se o emprego de uma justificativa sozinha (barra de tom claro), além de outra justificativa acompanhada de seu *backing* (barra de tom escuro), indicando um argumento marcado por conclusão,

Figura 3: Combinações de elementos do TAP presentes nos argumentos dos licenciandos nas diferentes etapas de argumentação.

dado, duas justificativas e um *backing*.

Em suma, a partir dos argumentos iniciais e finais empregados pelos futuros professores observamos, em sua maioria, um incremento na qualidade dos mesmos, porém todos eles são pouco elaborados, com a ausência de qualificadores modais e refutações, além de pouca recorrência de *backings*. Esses resultados obtidos quanto à estrutura dos argumentos reiteram a necessidade de práticas argumentativas em sala de aula, especificamente na formação de professores que, posteriormente, poderão atuar na educação básica.

Por fim, ainda com relação a esses argumentos, pouca atenção foi dada às informações presentes na HQ e no próprio trecho dela extraído para a constituição do caso argumentativo. Essa observação denota a importância de práticas de leitura, não necessariamente e especificamente do hipergênero adotado (HQ), mas de textos como um todo que contribuam para a formação do sujeito leitor. Ademais, essa constatação suscita maiores investigações a respeito da relação de professores em formação com a leitura.

Considerações finais

A avaliação do processo levado a cabo e das suas contribuições para a formação dos futuros professores de química permite destacar, dentre outros elementos, o potencial didático da HQ, uma vez que a leitura desse hipergênero textual conduziu a uma considerável imersão dos licenciandos na narrativa em questão, propiciando também a prática da argumentação frente a um tipo de texto inovador e pouco comum no processo formativo dos educandos.

Contudo, com relação ao efeito da leitura no processo de argumentação, verificamos que os futuros professores recorreram a poucas afirmações presentes no texto base. Essa constatação permite-nos inferir sobre a importância que os alunos deram ao texto, e essa pode ter sido baixa mediante o hipergênero adotado nas atividades, isto é, devido ao

emprego de quadrinhos. Nessa perspectiva, o instrumento que poderia auxiliá-los na apresentação de conhecimentos básicos para apoiar as mais variadas justificativas foi pouco explorado.

A respeito da combinação de elementos na perspectiva de Toulmin (2001) presente nas respostas dos licenciandos, despontam argumentos de limitada complexidade estrutural ficando ausentes em suas colocações elementos como refutações e qualificadores modais. Outrossim, ao desenvolvermos essa investigação no contexto da formação inicial de professores, os quais possivelmente atuarão como formadores de opinião na educação básica, lacunas como as identificadas se tornam preocupantes.

Por fim, indicamos como implicações das atividades desenvolvidas, o seu potencial para aplicação em outros contextos e níveis de ensino, tendo em vista a promoção da argumentação. No caso no referido estudo, a QSC utilizada foi extraída de uma HQ, o que denota a validade desse hipergênero textual mesmo no ensino superior de química. No entanto, salientamos que, de relevância social, esse tipo de questão é frequentemente divulgado pela mídia, criando oportunidades para que todos os cidadãos interajam com a ciência. Ademais, essa atividade, bem como os resultados obtidos quanto à qualidade estrutural dos argumentos de licenciandos em química, coloca em destaque uma prática intrínseca à produção do conhecimento científico que ainda se encontra distante das salas de aula de ciências, em especial, na formação de licenciandos.

Guilherme Balestiero da Silva (guilherme.balestiero@gmail.com), doutorando em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, SP – BR. **Salete Linhares Queiroz** (salete@iqsc.usp.br), doutora em Química pela Universidade Estadual Paulista, é docente do Instituto de Química de São Carlos, USP, e coordenadora do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos (GPEQSC). São Carlos, SP – BR.

Referências

- ALMEIDA, M. J. P. M.; PAGLIARINI, C. R. Leitura na educação em ciências. *Ciência & Educação*, v.22, n.2, 271–277, 2016.
- BOSSÉR, U.; LINDAHL, M. Students' positioning in the classroom: a study of teacher-student interactions in a socioscientific issue context. *Research in Science Education*, v.49, n.2, p.371-390, 2019.
- CETIN, P. S. Explicit argumentation instruction to facilitate conceptual understanding and argumentation skills. *Research in Science & Technological Education*, v. 32, n. 1, p. 1–20, 2014.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (orgs). *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, 2018.
- ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, v. 88, n.6, p. 915 - 933, 2004.
- FETTER-VORM, J. *Trinity: a história em quadrinhos da primeira bomba atômica*. São Paulo: Três Estrelas, 2013.
- FLÔR, C. C. *Leitura e formação de leitores em aulas de química no ensino médio*. 2009. 235 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- KARISAN, D.; ZEIDLER, D. L. Contextualization of nature of science within the socioscientific issues framework: a review of research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, v. 5, n. 2, p. 139–152, 2017.
- OWENS, D.; SADLER, T.; ZEIDLER, D. Controversial issues in the science classroom. *Phi Delta Kappan*, v. 99, n.4, p. 45–49, 2017.
- PÉREZ, L. F. M.; CARVALHO, W. L. P. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. *Educação e Pesquisa*, v. 38, n.3, p. 727–741, 2012.
- ROBERTSHAW, B.; CAMPBELL, T. Constructing arguments: investigating pre-service science teacher's argumentation skills in a socio-scientific context. *Science Education International*, v. 24, n.2, p. 195–211, 2013.
- SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. *Revista Ensaio*, v. 16, n. 3, p. 147–170, 2014.
- SADLER, T. D. (ed). *Socioscientific issues in the classroom: teaching, learning, and research*. New York: Springer, 2011.
- SAMPSON, V.; BLANCHARD, M. R. Science teachers and scientific argumentation: trends in views and practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 49, n.9, p. 1122–1148, 2012.
- SILVA, G. B.; QUEIROZ, S. L. Sensibilidade moral de licenciandos em química: questões sociocientíficas em foco. *Educação e Fronteiras*, v. 9, n. 25, p. 27–46, 2019.
- TOULMIN, S. *Os usos do argumento*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

Abstract: *Using comic books as a thread to encourage argumentation among pre-service chemistry teachers.* This paper aims to discuss and analyze a didactic activity that encourages argumentation among pre-service chemistry teachers by reading the comic book called Trinity: a graphic history of the first atomic bomb. Therefore, students were asked to solve and argue cases extracted from this comic book. In addition to the feasibility of reading comic strips to encourage argumentation and discuss socio-scientific issues, analyses indicated arguments of limited structural complexity. In this perspective, the results reinforce the need for educational practices aimed at developing the argumentative skills pre-service chemistry teachers, who may work in basic education playing the role of opinion makers.

Keywords: chemistry teaching, argumentation, comic books