O processo de tomada de decisão e a percepção de aspectos da natureza da ciência no discurso argumentativo sobre casos sociocientíficos

Jéssyca Brena S. Rodrigues e Karen C. Weber

Neste trabalho procuramos analisar o processo de tomada de decisão e a percepção da natureza da ciência por estudantes do ensino superior em química, com base na argumentação promovida pela resolução de casos que exploram questões sociocientíficas. Este tipo de abordagem está em consonância com os objetivos da alfabetização científica, visando à formação do cidadão voltada à participação democrática. Os participantes da pesquisa resolveram os casos em pequenos grupos e apresentaram oralmente a solução escolhida. Percebemos que os alunos fundamentaram suas decisões, principalmente, de acordo com fatores socioeconômicos ou ambientais e tendo como referência o conhecimento científico. A experiência favoreceu a compreensão de aspectos socioeconômicos e ambientais que se relacionam à ciência e ao trabalho científico, além de contribuir para o desenvolvimento das habilidades de pesquisa e trabalho em grupo.

► natureza da ciência, questões sociocientíficas, argumentação ◀

Recebido em 21/09/2020, aceito em 05/01/2021

94

Ao longo dos últimos anos, no Brasil, é inegável que tem sido ampliado o debate sobre a educação científica praticada junto aos alunos, seus objetivos, ou sobre o tipo de cidadão que se pretende formar, assim como estratégias metodológicas e inclinações teóricas. Nesse contexto, se encontram temas contendo ideias convergentes, como a alfabetização científica, a discussão de questões sociocientíficas (QSC), argumentação científica e sociocientífica e o currículo de ciências com orientação CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Tais temas se assemelham em seus objetivos, no sentido de contribuir para o ensino voltado à formação do cidadão e à promoção de uma leitura crítica do mundo contemporâneo (Auler, 2003), assim como propiciar a compreensão dos impactos da ciência e da tecnologia na sociedade e a tomada de decisão em questões sociais que envolvam a ciência e a tecnologia (Mendes e Santos, 2011).

Devido à popularização e alcance da preocupação com o tema da “alfabetização científica” (AC) ou “alfabetização científico-tecnológica” (ACT), estes têm sido considerados como termos difusos, já que não há um consenso a seu

respeito, pois abarcam um grande número de definições e interpretações teórico-metodológicas (Laugksch, 2000; Sasseron e Carvalho, 2008; Teixeira, 2013). De acordo com nossa interpretação, a preocupação com a dimensão ética, a formação inicial voltada para o desenvolvimento de uma postura investigativa, integrativa e propositiva, e o respeito às diferenças, são objetivos que convergem com aqueles apresentados nos trabalhos e publicações sobre AC.

Acreditamos que o paradigma de ensino de ciências na educação básica voltado para a AC do cidadão exige a formação inicial de professores de química com uma nova postura, mais interrogativa e problematizadora.

Pesquisadores como Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007) refletem sobre a inserção de aspectos da natureza da ciência (NdC) na educação científica alinhada com o objetivo maior de promover a AC, com vistas à participação cidadã na tomada de decisões tecnocientíficas na sociedade democrática. Partilhando dessa visão, consideramos que seja de fundamental importância que os cursos de formação de professores promovam a reflexão epistemológica, sócio-histórica e axiológica sobre a ciência de modo explícito,

Acreditamos que o paradigma de ensino de ciências na educação básica voltado para a AC do cidadão exige a formação inicial de professores de química com uma nova postura, mais interrogativa e problematizadora.

dando a oportunidade de o futuro professor repensar suas próprias concepções sobre ciência, métodos científicos e empreendimento científico, seu discurso e suas práticas pedagógicas (Reis, 2004).

Diante disso, nos propomos a refletir, nesta pesquisa, sobre a questão da AC no ensino superior, tão marcado pela educação tradicional (Zanon *et al.*, 2009). Para tanto, partimos da proposta de discussão de QSC, visando à promoção da argumentação em sala de aula de química no ensino superior. As QSC têm sido entendidas por pesquisadores como temas de natureza controversa que permitem diferentes posicionamentos, estimulando a discussão e a argumentação (Mendes e Santos, 2013; Mortimer e Scott, 2002; Sá, 2006; Sá e Queiroz, 2010; Sá *et al.*, 2013; Sasseron e Carvalho, 2011).

Desse modo podemos dizer que este trabalho busca responder as seguintes perguntas: *Como os alunos do ensino superior de química argumentam? Que aspectos fundamentam o processo de tomada de decisão? Qual compreensão de aspectos relacionados à natureza da ciência apresentam em seus discursos?*

Assim, o trabalho teve o intuito de analisar o processo de tomada de decisão, em relação aos fatores que fundamentam a decisão e as fontes de informação, bem como a percepção de aspectos da NdC por estudantes do ensino superior em química, por meio de uma estratégia didática que buscou estimular o desenvolvimento da argumentação na resolução de casos que exploram QSC.

Natureza da ciência e sua importância para o ensino

Apresentamos a seguir as definições de alguns autores sobre o que seria a NdC, muito embora não nos pareça razoável falar em uma única NdC, visto que sua definição não é consensual e é dependente do objetivo da educação científica que se pretende realizar.

Praia *et al.* (2007) listam alguns consensos entre os pesquisadores: é necessário recusar a existência de um Método Científico único e infalível; a pesquisa científica é orientada pela teoria e não pela observação de dados brutos; o fazer ciência envolve a formulação de hipóteses e, por isso, é importante estimular o pensamento divergente e criativo, e essas hipóteses devem ser testadas para que se chegue a uma resposta sobre a situação-problema; é necessário buscar a coerência global a fim de ter uma resposta confiável; compreender o aspecto social do trabalho científico que é executado em equipe, de modo colaborativo e institucionalizado.

Apesar de enfatizar as controvérsias sobre a definição de NdC, Reis (2004) afirma que “geralmente, a designação natureza da ciência refere-se à epistemologia da ciência, à ciência como uma forma de conhecimento ou aos valores e crenças inerentes ao desenvolvimento do conhecimento científico”. Desse modo, a NdC envolve aspectos sociológicos, históricos,

filosóficos e psicológicos inerentes à ciência e à atividade científica. O autor também explora o conceito de empreendimento científico que reúne as concepções acerca do que é e como funciona a ciência, como os cientistas trabalham e as relações influenciadoras entre a sociedade e a ciência.

Ainda gostaríamos de considerar a reflexão de Acevedo *et. al.* (2017) que, mesmo citando aspectos comuns sobre a definição de NdC em vários trabalhos, evidenciam as controvérsias e a natureza não-consensual do tema. Até porque, segundo os autores, não existe apenas a ciência acadêmica como opção em nossa sociedade. Outras instituições, como as grandes corporações que desenvolvem a “tecnociência”, empreendem de forma diferente da academia. Por isso, é importante refletir sobre que tipo de NdC se quer ensinar.

Por fim, citamos o trabalho de Gil-Pérez *et al.* (2001) que explicita visões deformadas do trabalho científico. Eles elencaram sete deformações, dentre elas a visão: (1) empírico-indutivista e ateuórica, que considera a experiência como a base da atividade científica; (2) rígida e algorítmica, na qual o método científico é considerado infalível e não há

espaço para criatividade; (3) aproblemática e ahistórica, que transmite a ideia de que o conhecimento é produzido sem que haja influência do contexto social vivido, desse modo não se consideram as limitações das teorias e modelos; (4) exclusivamente analítica, que simplifica e fragmenta o conhecimento científico; (5) acumulativa de crescimento linear, na qual as pessoas não consideram a evolução da ciência, suas crises e conflitos; (6) individualista e elitista, que alimenta as discriminações sociais e de gênero, por reafirmar que a ciência só pode ser feita por homens (e não por mulheres) da elite; (7) socialmente neutra, quando não se consideram as relações CTSA.

Os autores recomendam que os professores de ciências reflitam sobre as suas práticas didáticas para que evitem transmitir essas deformações. Essas percepções descritas pelos autores muitas vezes se sobrepõem e contribuem para que se desenvolva uma ideia ingênua do fazer ciência. Nesse momento é de interesse listar os principais argumentos que justificam a inserção de aspectos da NdC no ensino básico e na formação de professores:

1. Promover uma visão mais humanizada da ciência, tornando-a mais acessível e, desse modo, contribuir para aumentar o interesse público pelo empreendimento científico (Reis, 2004; Santos, 2013).
2. Contribuir para a aprendizagem dos alunos, visto que já é um consenso que apenas a transmissão de conteúdo é insuficiente quando se quer promover a participação ativa na sociedade (Santos, 2013; Praia *et al.*, 2007).
3. Fundamentar decisões sociocientíficas para a participação democrática (Acevedo *et al.* 2005; Santos, 2013; Praia *et al.*, 2007).

Os autores recomendam que os professores de ciências reflitam sobre as suas práticas didáticas para que evitem transmitir essas deformações. Essas percepções descritas pelos autores muitas vezes se sobrepõem e contribuem para que se desenvolva uma ideia ingênua do fazer ciência.

- Melhorar a compreensão sobre a própria ciência na atualidade, suas limitações e potencialidades (Acevedo *et al.*, 2005; Gil-Pérez *et al.*, 2001; Reis, 2004; Santos, 2013).
- Contribuir para a alfabetização científica do cidadão (Acevedo *et al.*, 2005; Praia *et al.*, 2007).

Percorso metodológico da pesquisa

A pesquisa segue a perspectiva da teoria crítica social no sentido de (re)pensar as relações de poder e as contradições que se estabelecem no contexto da investigação (Kincheloe e McLaren, 2006), especialmente na visão crítica de Freire (1987). Assim, pautamos nossa investigação no aspecto humanístico da pesquisa crítica, visando contribuir para a reflexão dos sujeitos participantes a respeito da ciência, de seu papel social e da responsabilidade a respeito das decisões coletivas vinculadas às QSC. Quanto à sua natureza, o presente trabalho é classificado como pesquisa qualitativa, já que o principal objetivo é interpretar e explicar determinados aspectos inerentes às questões de pesquisa (Denzin e Lincoln, 2006).

Participaram da pesquisa estudantes do curso de graduação em química – licenciatura e bacharelado – de uma universidade federal, na disciplina *Pesquisa Aplicada à Química*, com carga horária de 45 horas. O objetivo deste componente curricular é proporcionar o conhecimento das

diversas áreas da pesquisa em química, contemplando aspectos históricos, tendências atuais, seus diferentes campos de estudo e perspectivas. Matricularam-se nesta disciplina 16 alunos, porém tivemos a participação efetiva de 11 alunos.

Optamos por trabalhar com a metodologia de estudo de casos, seguindo as orientações de Herreid (1998), assim como as de Sá e Queiroz (2010). A escolha dos casos se deu pela busca por temáticas que atendessem aos objetivos da pesquisa e pudessem ser relacionadas às vivências do grupo. O caso que trata do uso de agrotóxicos na cultura do abacaxi, que é de grande importância no estado da Paraíba, permite a discussão do tema dos agrotóxicos, que é de natureza generalizante e fomentador de discussões éticas e ambientais. Já o segundo caso trata do desenvolvimento e uso de sangue artificial, e foi criado a partir da busca por temas científicos ainda em desenvolvimento e de natureza controversa.

O primeiro caso, *Problema na Abacaxicultura*, nasceu da observação da realidade local, visto que o estado da Paraíba, em especial a cidade de Santa Rita que fica na região metropolitana de João Pessoa (espaço geográfico onde se desenvolve esta pesquisa), tem destaque nacional como produtor de abacaxi. A partir disso, para elaboração do caso, foi feita uma busca por artigos científicos que explorassem o tema de uso de agrotóxicos na cultura do abacaxi (Souza e Costa, 2002), o que resultou no caso apresentado na Figura 1.

O segundo caso, denominado *Sangue Artificial* (Figura 2), foi construído com base em um artigo de divulgação científica

Figura 1: Caso *Problema na Abacaxicultura*.

Figura 2: Caso *Sangue Artificial*.

(Martins, 1993). O desenvolvimento de um substituto para o sangue que seja seguro e amplamente disponível para transfusões é um tema bastante relevante e atual, uma vez que, até o presente momento, foram encontrados materiais capazes de mimetizar apenas parcialmente a estrutura, as propriedades mecânicas e as funcionalidades das células sanguíneas (Novaretti, 2007; Doshi *et al.*, 2009; Guo *et al.*, 2020).. O tema despertou o interesse por se tratar de uma questão sobre a qual não há ainda consenso. Como indicado nos Figuras 1 e 2, ambos os casos apresentam algumas das características de um bom caso conforme a orientação de Herreid (1998).

Após a produção dos dois casos e da “Trilha para solucionar o caso”, adaptado de Sá (2006), iniciou-se a coleta de dados com a aproximação junto aos participantes da pesquisa. A pesquisa foi aplicada em cinco aulas, o que corresponde a 15 horas ou um terço da carga horária total da disciplina.

Inicialmente, a proposta de trabalho com os casos investigativos foi apresentada aos estudantes. Os grupos receberam os casos e as instruções explícitas sobre a argumentação, por meio de aula expositiva ministrada pela pesquisadora. Esta fase correspondeu a duas aulas. Os dois encontros seguintes

foram dedicados à pesquisa por fontes de informação e às discussões, em pequenos grupos, para a resolução dos casos. No último encontro, cada grupo expôs à turma a solução escolhida para o caso em questão, por meio de apresentação oral gravada em vídeo.

Os casos foram distribuídos entre os grupos de três ou quatro alunos, de modo que, pelo menos dois grupos ficaram com o mesmo caso para que fosse possível analisar as diferentes conclusões. No entanto, um dos grupos não realizou a apresentação, deixando a atividade sem conclusão. Assim, tivemos neste trabalho o relato de três grupos: grupo 1, resolvendo o caso *Problema na Abacaxicultura*; grupos 2 e 3 resolvendo o caso *Sangue Artificial*. Na ocasião da apresentação, cada aluno individualmente entregou um texto dissertativo de sua autoria que descrevia todo o processo de resolução do caso e o plano de ação que o grupo decidiu seguir.

A análise das produções textuais individuais e coletivas, que foram expostas na apresentação na forma de slides foi realizada seguindo as orientações de análise de Bardin (1977). O material foi organizado a partir da leitura flutuante e a análise temática foi realizada tendo como índice o tema e como indicador a presença/ausência dos temas nos textos.

Tabela 1: Hipóteses e objetivos que orientam a análise

Hipóteses	Objetivos
A atividade contribui para que se desenvolva uma visão mais real (menos idealizada) da atividade científica.	Entender qual a concepção dos participantes a respeito da natureza da ciência, principalmente no que diz respeito aos aspectos: <ul style="list-style-type: none"> • Visão geral sobre o papel da ciência na sociedade. • Normas e métodos da ciência. • Empreendimento científico.
Levam-se em conta fatores sociais e ambientais na tomada de decisão.	Indicar os fatores determinantes no processo de tomada de decisão.
Os participantes entendem o problema de forma interdisciplinar e não apoiam a sua decisão apenas nos conteúdos de química.	
Percebe-se um cuidado com a confiabilidade da fonte de informações.	Verificar o cuidado com a confiabilidade das informações que fundamentam o argumento dos participantes.

Em seguida, e a partir das primeiras leituras, elencamos hipóteses e objetivos de análise que serviram de fundamento para as próximas etapas, que são apresentadas na Tabela 1.

Os textos foram transcritos integralmente para que se mantivessem as informações originais. A partir de então partimos para a definição dos temas e categorias de análise. Essa determinação foi feita no esquema em milhas, ou seja, a partir da exploração do material. Os temas e as categorias estão elencados na Tabela 2.

Tabela 2: Temas e categorias de análise

Temas	Categorias
1. Preocupação ambiental 2. Questões éticas 3. Questões socioeconômicas 4. Conhecimento científico	FATORES QUE ORIENTAM A DECISÃO COLETIVA
1. Discurso de autoridade 2. Discurso baseado em evidência pessoal	FONTES DAS INFORMAÇÕES
1. Visão geral sobre a ciência e seu papel social 2. O fazer científico: normas de métodos da ciência 3. Empreendimento científico	ASPECTOS DA NATUREZA DA CIÊNCIA

Resultados e Discussão

Ao longo do processo, e por sugestão dos próprios alunos, a apresentação oral foi feita por todos ou alguns dos participantes do grupo. Por conta disso, os argumentos aqui analisados são considerados por nós como construídos na coletividade, o que torna a análise desafiadora, no entanto, ainda mais rica. Consideramos neste trabalho a definição de turno de fala que acontece quando um participante da discussão toma para si a vez de falar. Ao total registramos 128 turnos de fala, entre apresentação oral e discussão com o grande grupo. A seguir, apresentamos a análise das categorias de análise definidas na Tabela 2. Foram utilizados nomes fictícios para que se preserve a identidade dos sujeitos participantes da pesquisa.

Análise dos fatores que orientam a decisão coletiva

Com relação ao material produzido pelo grupo responsável pelo caso *Problema na Abacaxicultura*, gostaríamos de ressaltar a dificuldade em analisar as conclusões do grupo, pois apenas a aluna Elba entregou o texto dissertativo que havia sido solicitado. Por conta disso, também analisamos o material expositivo feito pelos participantes para a apresentação.

Queremos deixar claro que esse era um problema aberto, ou seja, os alunos também poderiam optar pelo não uso de agrotóxicos, já que ficou claro que se tratava de uma pequena propriedade que utilizava o modelo de agricultura familiar. Os alunos, porém, optaram pelo uso de defensivos químicos, como mostra o trecho a seguir:

Elba: *Tendo em vista todos os motivos listados, a escolha dos agrotóxicos Evidence e Actara foi feita para indicação a Seu João. Juntamente com esses defensivos agrícolas podem ser usadas técnicas para o controle da cochonilha/vírus em campo deve-se utilizar mudas sadias para os novos plantios, eliminar as plantas infectadas dentro do plantio, assim como as plantas vizinhas. Obter mudas de áreas com ausência ou baixa infestação de cochonilha; destruir os restos do cultivo anterior para evitar novos focos de infestação; no caso de alta infestação das mudas (pelo menos 10%), devem ser tratadas antes do plantio, por imersão em inseticida.*

Ainda sobre o texto de Elba, pode-se perceber que os alunos tomaram a sua decisão considerando principalmente dois aspectos: risco toxicológico e ambiental. A preocupação foi de escolher um defensivo que não oferecesse tanto risco à saúde das pessoas e ao equilíbrio ambiental:

Elba: *Baseando-se nas classes toxicológicas dos agrotóxicos com base na DL₅₀ (Figura 2), tentamos encontrar agrotóxicos que não estivessem nas classes I e II (extremamente tóxicos e altamente tóxicos respectivamente). Assim foram desconsiderados: Perfekthion, folidol, folisuper, Karate, Ethion 500 e*

Ethiongel 950. [...] Dentre os restantes, os escolhidos foram Actara 250 WG e Evidence 700 WG (antigo Confidor), que possuem risco classe III toxicológico e IV ambiental [4], enquanto Actara 10 e Kohinor 200 SC possuem risco ambiental III [4] (grifo nosso).

Além disso, observamos que o grupo também considerou a questão socioeconômica na tomada de decisão, visto que apresentou um comparativo de preços dos agrotóxicos escolhidos em relação a outro similar, porém de maior risco ambiental. Assim, o grupo chegou à conclusão de que os dois defensivos escolhidos eram os melhores para um pequeno agricultor, como a personagem principal do caso:

Elba: Foi visto que além de serem os pesticidas menos tóxicos são também alguns dos mais acessíveis. A título de comparação pesquisamos o preço de agrotóxicos com classificação de risco I, com princípio ativo metil paration (parathion metyl) [...]. Comprova-se a maior acessibilidade dos agrotóxicos escolhidos ao Seu João (pequeno agricultor familiar).

Já com relação ao conhecimento científico para basear a decisão coletiva, parece-nos que esse aspecto ficou em segundo plano, embora o grupo tenha deixado claro o grupo químico ao qual pertence o composto ativo de cada produto e seu modo de atuação nos insetos que transmitem a doença às plantas. Segue a sua explicação:

Elba: Tanto o evidence como o Actara pertencem ao grupo químico neonicotinóide, que interferem na transferência de informações entre células nervosas, [14] fazendo com que os insetos fiquem paralisados. O Evidence tem como composto ativo a imidacloprida com efeito inseticida sistêmico, atua por contato e ingestão. [15] O actara tem como composto ativo o tiametoxam, que é um inseticida sistêmico rapidamente absorvido e transportado a toda a planta [16], impedindo que insetos se alimentem dela.

Como inferimos, embora esses aspectos sejam citados, eles não são determinantes para a tomada de decisão, como são as questões ambiental e socioeconômica. Assim, podemos destacar que os temas presentes na decisão do grupo 1 foram: **preocupação ambiental (1) e questão socioeconômica (3).**

Partiremos agora para os textos individuais e coletivos do grupo 2 que solucionou o caso *Sangue Artificial*. Iniciaremos com o debate em relação ao uso ou não de sangue artificial. Quanto a isso, o grupo 2 elencou uma série de justificativas para defender o uso de sangue artificial em casos de emergência e situações específicas.

Grupo 2: Procura atender a demanda que é menor que o número de doadores. [...] E, ajudar em casos de transfusões de emergência ou em casos de necessidades específicas, que precisem de transfusões constantes. [...] Portadores de anemia falciforme; [...] Talassemia. [...] Nesse caso, leva-se em consideração o gasto na produção – estudo e desenvolvimento – de pouco sangue artificial. [...] Fase longa de testes. [...] Investimento inicial de 12 milhões de libras (R\$ 59 milhões). [...] Por isso, se torna difícil produzir sangue artificial em larga escala. [...] Altíssimo custo ainda em fase de testes.

Os alunos consideram que o sangue artificial pode ser usado pela medicina, porém, em casos específicos de doença ou emergências. Para isso, destacam as questões de fator econômico, visto que as pesquisas e a produção de sangue artificial necessitam de alto investimento financeiro, o que dificulta a produção em larga escala.

Além disso, também destacam que o uso do sangue artificial é permeado por questões éticas, já que se trata de intervenções diretas em seres humanos. Assim, a questão é colocada como pessoal e individual, mostrando que a decisão quanto ao uso de sangue artificial não deve ser apenas institucionalizada, mas também deve passar pela reflexão da própria pessoa que necessita do procedimento:

Grupo 2: Pelo fato de se tratar de transfusão de sangues humanos, tem-se o fato de tomar alguém como cobaia por exemplo. [...] Para tal feito é necessário: [...] Autorização da OMS; [...] Autorização da “cobaia” em questão; [...] Identificação correta e detalhadamente medida de todo o processo [...].

O grupo 2 apresenta três opções de substâncias que foram ou podem ser utilizadas para carrear oxigênio e assim substituir o sangue: PVP (polivinilpirrolidona), PFC (perfluorocarbono) e plasma bovino. No entanto, a partir do comportamento bioquímico das opções, baseando-se assim em conhecimento científicos multidisciplinares sobre o tema, escolheram o plasma bovino como substituinte para o sangue:

Ana: O problema do primeiro substituto do sangue (PVP) foi não conseguir transformar O_2 , ou seja, ele servia apenas para manter o volume sanguíneo e, também como ainda não sabiam do fator Rh, várias mortes ocorreram após transfusões. Depois, houve o surgimento dos PFCs como substitutos, onde estes também possuem problemas sérios para o corpo, pois o sequestro dos PFCs pelo fígado pode causar sérias

Os alunos consideram que o sangue artificial pode ser usado pela medicina, porém, em casos específicos de doença ou emergências. Para isso, destacam as questões de fator econômico, visto que as pesquisas e a produção de sangue artificial necessitam de alto investimento financeiro, o que dificulta a produção em larga escala.

consequências. [...] A solução mais viável encontrada foi o plasma bovino, mas caso não haja uma compatibilidade com o paciente utiliza-se o PFC [...].

Luzia: O problema é que, os produtos resultantes das pesquisas nessa área, podem causar efeitos colaterais inesperados sendo o principal causar hipertensão. [...] é mais viável o uso do plasma bovino, mas se ele não for compatível será melhor usar o PFC.

Assim, podemos dizer que a decisão desses estudantes quanto ao uso do sangue artificial foi orientada de acordo com os aspectos: **questões de ética (2)** e **questão socioeconômica (3)**. Nesse aspecto, os participantes concordam com a produção do sangue artificial, mas seu uso deve apenas acontecer em situações específicas. Já a decisão a respeito da substância que servirá como substituinte baseia-se, principalmente, no **conhecimento científico (4)**, sendo escolhido o plasma bovino como substituinte potencial.

O terceiro grupo também solucionou o caso *Sangue Artificial*. Gostaríamos de pontuar a dificuldade em interpretar as considerações dos participantes desse grupo sobre a questão sociocientífica, visto que os textos individuais entregues pelos integrantes estavam bem reduzidos e com poucas informações a respeito do plano de ação da equipe.

Embora não tenha ficado tão explícito, nos parece que o grupo também concorda com o uso das substâncias substituintes para o sangue, como demonstra o trecho a seguir:

Grupo 3: [...] O desenvolvimento do sangue artificial está sendo discutido devido a uma escassez de doadores. [...] Há outra potencial vantagem: o sangue criado no laboratório, fora do corpo humano, deve ser livre de doenças, o que elimina o risco de transmissão de vírus como o HIV durante uma transfusão.

Os alunos consideram que o sangue artificial deve ser usado, visto que a quantidade de sangue humano disponível para transfusão nos bancos de sangue é muito pequena. Destacam também o fato do sangue artificial ser livre de possíveis doenças. Portanto, a decisão gira em torno do problema social, já que o sangue artificial evitaria problemas de saúde pública por transmissão de doenças (fator econômico-social).

Em relação à substância que deve substituir o sangue, o grupo identificou o PFC, a proteína bovina e, também, citou a proteína extraída da beterraba, porém sem justificativas específicas sobre essa última. Os alunos escolheram o PFC como melhor alternativa ao sangue, usando justificativas baseadas no conhecimento científico sobre a substância, opinando que:

Grupo 3: Um dos mais promissores sistemas de sangue artificial são os baseados em fluorocarbonetos (moléculas de carbono e flúor). [...] Esses compostos

atendem a todas as exigências necessárias para um substituto do sangue. [...] Garantem a circulação. [...] Possuem compatibilidade universal e baixo custo. [...] Não são tóxicos nem cancerígenos. [...] Não geram efeitos adversos nas células.

Luís: [...] Os PFCs foram a parte mais interessante pois está sendo usado muito focado para a ajuda humana.

Desse modo, a decisão dos estudantes baseia-se, principalmente, na **questão socioeconômica (3)** a respeito do uso do sangue artificial, e no **conhecimento científico (4)**, no que se refere à escolha da substância mais viável.

Análise das fontes das informações

Nosso objetivo ao tratar especificamente das fontes das informações utilizadas pelos participantes na construção dos argumentos é verificar a confiabilidade dessas informações e, também, identificar se as informações são de cunho pessoal ou de autoridade.

Kim e Song (2005) definem que as evidências pessoais são aquelas informações oriundas de conhecimentos ou experiências vividas pelo próprio estudante, como nos casos em que, para desenvolver um argumento, o aluno realiza experiências em laboratório, por exemplo. Já o discurso de autoridade é utilizado quando o aluno se utiliza do discurso de outrem ou do conhecimento já estabelecido para fortalecer sua justificativa.

Verificamos que, nos argumentos utilizados pelos três grupos participantes, os discursos são baseados em fontes de informação de discurso de autoridade, já que os estudantes apoiam suas escolhas no conhecimento já estabelecido.

O grupo 1, de Elba, Teresa e Flávio, utiliza como referências artigos de revistas científicas e uma monografia na área de farmacologia, que foram por nós verificados para com-

provar a confiabilidade dos dados que respaldam os argumentos. O grupo também realizou buscas por informações sobre as características dos agrotóxicos nos sites da Embrapa, da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná e de uma fabricante de produtos agrícolas

(neste caso, o objetivo do grupo, ao que nos parece, era ter acesso à bula do agrotóxico).

Os grupos 2 e 3, que resolveram o caso do *Sangue Artificial*, tiveram um problema em todo o percurso de resolução dos casos em relação às fontes de informação, já que, segundo eles, havia poucos artigos científicos disponíveis em português. O grupo 2 baseou a sua argumentação em dois artigos: o primeiro publicado em revista científica sobre substâncias carreadoras de oxigênio livre na célula e o segundo publicado em revista eletrônica. Já o grupo 3 baseou sua apresentação em informações presentes em sites jornalísticos, sem citar artigos científicos. A respeito disso, gostaríamos de evidenciar o nosso cuidado em pesquisar

Em relação à substância que deve substituir o sangue, o grupo identificou o PFC, a proteína bovina e, também, citou a proteína extraída da beterraba, porém sem justificativas específicas sobre essa última.

artigos científicos sobre o tema antes mesmo da elaboração dos casos. A falta de experiência em realizar pesquisas bibliográficas e a dificuldade de comunicação na língua inglesa podem ter atrapalhado os estudantes na fase de busca pelas fontes.

Assim, podemos argumentar que os grupos 1 e 2 apresentaram fontes de informações confiáveis, por se tratarem de artigos publicados em periódicos especializados. O mesmo não podemos afirmar a respeito do último grupo, que se baseou em apenas uma revista de divulgação científica e sites da internet.

Análise da percepção de aspectos da natureza da ciência

Uma breve descrição de cada um dos aspectos da NdC considerados neste trabalho é apresentada na Tabela 3. As categorias analisadas tiveram como base o trabalho de Santos (2013), a fim de elencar os aspectos centrais relacionados à NdC. Seguiremos a mesma sequência do tópico anterior, analisando as considerações de cada um dos três grupos participantes.

O primeiro grupo que trabalhou com a temática do uso de agrotóxicos, baseando sua decisão principalmente no que diz respeito à preocupação ambiental, embora tenha se mostrado a favor do uso de agrotóxicos para o referido caso, também apresentou contrapontos em relação ao seu uso. A esse respeito, Elba expõe que:

Elba: quanto ao impacto ambiental, no entanto, embora figurem entre alguns dos mais seguros para o meio ambiente, ainda representam perigo acentuado para certos ecossistemas: o Evidence, classificação de risco ambiental III, é altamente tóxico para aves

e abelhas, podendo afetar outros insetos benéficos, sendo recomendado o uso fora da época de maior visitação das abelhas. Seu uso também deve ser feito da forma recomendada para evitar contaminação do solo, da água e ar, assim como flora e fauna. [...] Já o Actara, de risco ambiental também III, apresenta alto potencial de deslocamento no solo, podendo atingir lençóis de água subterrâneos, daí um cuidado especial quando a sua aplicação. Também é altamente tóxico para abelhas e outros insetos benéficos, recomendando-se aplicação fora da estação de maior visitação. [13] Também apresenta toxicidade para organismos aquáticos e que vivem no solo. [16]

Ao explicitar os problemas ambientais gerados pelo uso dos defensivos químicos na lavoura, a aluna demonstra que a ciência é provida de contradições e ambiguidades. A partir da fala de Elba e de acordo com nossa interpretação podemos dizer que o texto expressa uma **visão crítica da ciência (1)**, opondo-se à ideia do determinismo tecnológico de que toda inovação é positiva, pois busca resolver problemas que levam ao progresso social (Auler e Delizoicov, 2001). Não encontramos os demais temas nas produções individual e coletiva desse grupo.

Sobre as produções textuais do grupo 2, procuramos evidências que expressem a visão da ciência e a sua relação com aspectos sociais:

Grupo 2: Procura atender a demanda que é menor que o número de doadores. [...] E, ajudar em casos de transfusões de emergência ou em casos de ne-

Tabela 3: Descrição dos aspectos relacionados à categoria natureza da ciência

Aspecto	Descrição
Visão geral sobre a ciência e seu papel social	<p>Análise da concepção dos alunos sobre o que é ciência e seu papel na sociedade. Para isso, consideramos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Visão positiva sobre a ciência que considera todos os resultados científicos como benefícios para a sociedade. 2. Visão neutra, para qual o desenvolvimento das pesquisas científicas acontece alheio à demanda social, de modo que ciência e sociedade não se influenciam mutuamente. 3. Visão crítica sobre a ciência, que considera as relações CTSA e as limitações da ciência.
O fazer científico: normas e métodos da ciência	<p>Identificar a ideia dos estudantes a respeito do fazer ciência, em especial, no que se refere aos métodos científicos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Existência de Método Científico universal, com normas fechadas e infalíveis. 2. Existência de métodos científicos, adequados à situação-problema em questão, com o pensamento criativo orientado por hipóteses baseadas em teorias.
Empreendimento científico	<p>Funcionamento interno:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Trabalho científico autônomo e individualista. 2. Trabalho científico colaborativo, em equipe e institucionalizado. <p>Funcionamento externo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Entendimento sobre financiamento e influência política na ciência.

cessidades específicas, que precisem de transfusões constantes.

[...] *Novos meios de suprir e controlar a biomedicina dos enfermos que necessitam de sangue. Podendo salvar ou prolongar vidas.*

Entendemos que o grupo 2 acredita que a ciência existe para resolver as demandas sociais. Os alunos deixam em evidência o aspecto positivo da pesquisa científica sobre sangue artificial, pois, para eles, o objetivo maior desses estudos é “salvar ou prolongar vidas”. Mas também deixam claro uma série de problemas decorrentes do uso de sangue artificial, como os graves efeitos colaterais, a possível incompatibilidade do fator Rh quando se usa o plasma bovino e a necessidade de aumentar a pressão de O_2 , no caso do PFC. Consideramos que o grupo, embora ainda expresse uma **visão de ciência positiva (1)**, avança no sentido de compreender as contradições que estão envolvidas no processo.

Também consideramos que os participantes tenham expressado uma percepção mais real a respeito do **fazer científico (2)**, já que conseguiram identificar o fato de que pesquisas com seres humanos devem seguir um protocolo rígido, fundamentado em princípios éticos que respeitem a vida e a liberdade individual.

Por fim, com relação ao **empreendimento científico (3)**, destacamos a importância da compreensão sobre a influência do fator econômico para o desenvolvimento de técnicas e produtos científico-tecnológicos. No que diz respeito ao funcionamento externo do empreendimento científico, consideramos essa colocação dos alunos:

Grupo 2: Nesse caso, leva-se em consideração o gasto na produção – estudo e desenvolvimento – de pouco sangue artificial. [...] Fase longa de testes. [...] Investimento inicial de 12 milhões de libras (R\$ 59 milhões). [...] Por isso, se torna difícil produzir sangue artificial em larga escala. [...] Altíssimo custo ainda em fase de testes...

De acordo com a citação anterior, os alunos indicam o fato do capital influenciar diretamente as pesquisas na área e que esse investimento é significativamente oneroso. Para eles o alto custo de produção pode ser um impasse para a produção do sangue artificial. Esse comentário do grupo reforça a nossa hipótese de que os alunos têm certa compreensão de como o empreendimento científico funciona e de sua relação com o fator econômico.

De modo similar ao grupo anterior, o grupo 3 entende que as pesquisas sobre sangue artificial existem para resolver um problema social que seria a “escassez de doadores” (grupo 2), assim, a ciência seria um caminho para essa demanda

da sociedade. Sobre esse aspecto, Luís afirma que “[...] os PFCs foram a parte mais interessante pois está sendo usado muito focado para a ajuda humana”.

A fala de Luís reforça essa ideia de que a ciência existe para ajudar a humanidade, porém nesse caso, os alunos não identificam as contradições e dificuldades envolvidas nesse tipo de pesquisa, o que nos leva a observar que predomina a **visão positiva da ciência (1)**.

Sobre o empreendimento científico em seu funcionamento interno (2) os alunos citam a contribuição de Thomas Chang, um cientista do Canadá, que procura substituintes para o sangue.

Grupo 3: A primeira encapsulação foi feita em 1957 por Thomas Chang que continuou o trabalho utilizando como membrana artificial, proteínas, bicamadas de fosfolípidios complexadas com polímeros e outros. Thomas Chang na McGill University (Canadá) tem produzido nanocápsulas de 150nm de diâmetro a partir de uma membrana polimérica biodegradável.

Escolhemos destacar esse trecho do texto para refletir sobre a visão dos alunos a respeito da dinâmica do trabalho científico. Na nossa interpretação os alunos entendem o trabalho científico como realizado de maneira individual. Chang desempenha aqui o papel de herói da ciência que realiza descobertas autonomamente. Essa é uma concepção sobre a

pesquisa científica que destoa da maneira como é realizada a pesquisa na contemporaneidade (Reis, 2004; Praia *et al.*, 2007; Santos, 2013).

A reduzida produção individual e coletiva desse grupo não nos permite avançar nas análises e identificar os demais aspectos propostos.

Considerações finais

Analisando o conteúdo da resolução dos casos percebemos que, com exceção de um grupo, os participantes apresentaram fontes de informações confiáveis. Todos os grupos fundamentaram a produção oral e escrita em discurso de autoridade. As decisões pertinentes aos casos foram baseadas, principalmente, em aspectos socioeconômicos e ambientais, o que a nosso ver contribui para que entendam as relações CTSA inerentes a QSC.

Com relação à compreensão sobre a natureza da ciência e seu papel social, podemos considerar que os alunos têm avançado no sentido de uma concepção mais crítica de ciência e na percepção das relações CTSA. Houve poucas referências em relação à concepção do fazer científico e ao empreendimento científico. Ainda assim, no caso do *Sangue Artificial*, percebe-se a compreensão por uma parte

dos participantes em relação à influência da economia e da necessidade de financiamento nas pesquisas científicas.

Destacamos aqui que é possível vislumbrar as possibilidades de adaptação da proposta em diferentes níveis de ensino, seja utilizando QSC que demandem a compreensão de conceitos mais elementares para o ensino básico, ou o trabalho com casos que exijam o domínio de conceitos mais avançados e a busca em periódicos científicos, no contexto do ensino superior.

No entanto, temos consciência das dificuldades em trabalhar QSC e aspectos relacionados à NdC, especialmente em cursos de ensino superior, nos quais prevalece o ensino tradicional. De maneira geral, neste nível ainda é restrito o espaço para atividades que exigem do estudante a reflexão, o pensamento crítico e a tomada de decisão, seja por resistência dos docentes, pelo desconhecimento dessas metodologias, por problemas estruturais das universidades públicas brasileiras ou por questões de calendário e currículo.

No entanto, vale ressaltar as possibilidades que esta abordagem pode trazer para o entendimento de como as visões dos estudantes acerca da NdC influenciam o modo como produzem seus argumentos e tomam decisões. Ou ainda, no sentido inverso, este tipo de abordagem pode promover e facilitar a compreensão da NdC ao longo do percurso de produção de argumentos sobre QSC. Tais benefícios são de grande relevância, especialmente no âmbito dos cursos de formação de professores, mas também para a formação de cidadãos capazes de se posicionar adequadamente frente a questões controversas, o que não deixa de ser um objetivo a ser almejado no ensino de graduação em qualquer área.

As reflexões suscitadas por este trabalho evidenciam que o papel do professor é de fundamental importância na construção ou reconstrução de uma visão da natureza da ciência mais adequada e próxima da realidade atual. Desse modo, o professor atua como um influenciador na desconstrução das ideias de senso comum, notícias falsas e pós-verdades que são fortemente difundidas pelos meios de comunicação de massa e redes sociais, que acabam afetando, direta ou

indiretamente, as decisões coletivas e/ou individuais relacionadas a QSC.

Buscamos com este estudo promover a argumentação, mas para além desse foco também foi de interesse incentivar a pesquisa, o trabalho em grupo, a compreensão de aspectos da NdC, a tomada de decisão e a comunicação a partir de QSC. Essas habilidades estão relacionadas ao desenvolvimento do pensamento crítico a respeito da ciência, do trabalho científico e do empreendimento científico.

Fazemos isso a partir da teoria crítica social, seguindo a concepção de Paulo Freire (1987) sobre a pesquisa, a educação e a sociedade. Acreditamos que na contemporaneidade não podemos mais alimentar a visão positiva e neutra da ciência, desvinculando-a de seu papel social, ignorando as contradições envolvidas no processo de construção da ciência, reafirmando a ideia de ciência elitizada. Mas também entendemos que a mudança é processual e que as pesquisas que têm como objetivo promover a alfabetização científica do cidadão dão a sua parcela de contribuição para esse avanço que queremos.

Consideramos ainda que essas discussões no âmbito de sala de aula, para além do conteúdo científico, porém sem deixá-lo em segundo plano, mas integrando-o a aspectos sociais, ambientais, éticos, econômicos e políticos, como propõem as orientações sobre as QSC, muito contribuem para a promoção de uma visão mais humanística da ciência e da educação científica, numa perspectiva freireana, para a alfabetização científica do cidadão e para uma participação democrática mais crítica e socialmente responsável.

[...] o professor atua como um influenciador na desconstrução das ideias de senso comum, notícias falsas e pós-verdades que são fortemente difundidas pelos meios de comunicação de massa e redes sociais, que acabam afetando, direta ou indiretamente, as decisões coletivas e/ou individuais relacionadas a QSC.

103

Referências

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; MARTÍN, M.; OLIVA, J. M.; ACEVEDO, P.; PAIXÃO, M. F. e MANASSERO, M. A. Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 2, n. 2, p. 121-140, 2017.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n. 1, p. 1-16, 2003.

AULER, D. e DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-

tecnológica pra quê? *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2001.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.

DENZIN, N. e LINCOLN, Y. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N.; LINCOLN, Y. (Org). *O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens*. 2ª ed. Tradução Sandra Regina Netz. Porto Alegre: ARTMED, 2006.

DOSHI, N.; ZAHR, A. S.; BHASKAR, S.; LAHANN, J. e MITRAGOTRI, S. Red blood cell-mimicking synthetic biomaterial particles. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 106, n. 51, p. 21495–21499, 2009.

- FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. 17ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GIL-PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A. e PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência e Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.
- GUO, J.; AGOLA, J. O.; SERDA, R.; FRANCO, S.; LEI, Q.; WANG, L.; MINSTER, J.; CROISSANT, J. G.; BUTLER, K. S.; ZHU, W. e BRINKER, C. J. Biomimetic rebuilding of multifunctional red blood cells: modular design using functional components. *ACS Nano* v. 14, n. 7, p. 7847–7859, 2020.
- HERREID, C. F. What makes a good case? *Journal of College Science Teaching*, v. 27, n. 3, p. 163-165, 1998.
- KIM, H. e SONG, J. The features of peer argumentation in middle school students' scientific inquiry. *Research in Science Education*, v. 36, n. 3, p. 211-233, 2005.
- KINCHELOE, J. L. e MCLAREN, P. Repensando a teoria crítica e a pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. e LINCOLN, Y. (Org). *O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens*. 2ª ed. Porto Alegre: ARTMED, 2006.
- LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: a conceptual overview. *Science Education*, v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000.
- MARTINS, I. Sangue artificial: engenharia nas veias. *Superinteressante*, n. 65, 1993.
- MENDES, M. R. M. e SANTOS, W. L. P. Argumentação em discussões sociocientíficas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 18, n. 3, p. 621-643, 2013.
- MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.
- NOVARETTI, M. C. Z. Importância dos carreadores de oxigênio livre de células. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, v. 29, n. 4, p. 394-405, 2007.
- PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D. e VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência e Educação*, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.
- REIS, P. G. R. *Controvérsias sócio-científicas: discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina de ciências da terra e da vida*. 2004. 448 p. Tese (Doutorado em Educação – Didática das Ciências) – Universidade de Lisboa. Lisboa, 2004.
- SÁ, L. P. *A argumentação no ensino superior de química: investigando uma atividade fundamentada em estudos de casos*. 2006. 165 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos. São Carlos, 2006.
- SÁ, L. P. e QUEIROZ, S. L. *Estudo de casos no ensino de química*. Campinas: Editora Átomo, 2010.
- SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C. e QUEIROZ, S. L. Casos investigativos de caráter sociocientífico: aplicação no ensino superior de Química. *Educación Química*, v. 24, p. 522-528, 2013.
- SANTOS, P. G. F. dos. *O tratamento de questões sociocientíficas em um grupo de professores e a natureza do processo formativo fundamentado em uma perspectiva crítica*. 2013. 209 p. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência – Ensino de Ciências) – Faculdade de Ciência, Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2013.
- SASSERON, L. H. e CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.
- SASSERON, L. H. e CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência e Educação*, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.
- SOUZA, S. M. C. e COSTA, L. V. Duplo dano ao abacaxi. *Revista Cultivar Hortaliças e Frutas*, n. 15, 2002.
- TEIXEIRA, F. M. Alfabetização científica: questões para reflexão. *Ciência e Educação*, v. 19, n. 4, p. 795-809, 2013.
- ZANON, D. A. V.; OLIVEIRA, J. R. S. e QUEIROZ, S. L. O “saber” e o “saber fazer” necessários à atividade docente no ensino superior: visões de alunos de pós-graduação em química. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 1, p. 140-159, 2009.

Abstract: *The decision-making process and the perception of aspects of the nature of science in the argumentative discourse about socioscientific cases.* In this paper, we aimed to analyze the decision-making process and the perception of the nature of science by higher education students in chemistry, based on the argumentation promoted by the resolution of cases that explore socio-scientific issues. This kind of approach is in line with the objectives of scientific literacy, aiming at the formation of citizens focused on democratic participation. Research participants solved the cases in small groups and presented the chosen solution orally. We noticed that students based their decisions, mainly, according to socioeconomic or environmental factors and having scientific knowledge as a reference. The experience favoured the understanding of socioeconomic and environmental aspects related to science and scientific work, in addition to contributing to the development of research and group work skills.

Keywords: nature of science; socioscientific issues; argumentation.