

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

LARISSA DA SILVA CARNEIRO

**CONHECIMENTOS SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA DE LICENCIANDOS:
UMA ANÁLISE A PARTIR DA TOMADA DE DECISÃO SOBRE O TEMA
ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS**

OURO PRETO

2018

LARISSA DA SILVA CARNEIRO

**CONHECIMENTOS SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA DE LICENCIANDOS:
UMA ANÁLISE A PARTIR DA TOMADA DE DECISÃO SOBRE O TEMA
ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciado em Química, do Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador (a): Prof.^a Me. Thais M. Anastácio Oliveira
Co-orientador (a): Prof.^a Dra. Paula C. C. Mendonça

OURO PRETO

2018

Dedico esta conquista a você, MÃE, por todo carinho, apoio e por nunca ter medido esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que esteve comigo ao longo de todo este percurso e tornou possível a realização do meu sonho.

Aos meus pais, Silvia e Edson, que sempre me apoiaram em todos os momentos com amor e carinho. Vocês são as principais fontes de motivação e inspiração em tudo o que faço.

À minha irmã Danúbia, por todo carinho, cumplicidade, incentivo e compreensão, e principalmente pela confiança que depositou em mim durante a graduação.

Ao meu namorado e melhor amigo, Marcos Rafael, por todo amor, companheirismo, paciência e cuidado durante a elaboração do TCC e na minha vida acadêmica.

Aos meus familiares e, em especial, às minhas primas Gabriela e Daniela, pelo amor, incentivo, força e apoio incondicional.

Aos meus amigos, Vilmaria, Géssica e Marlon, por todo apoio, carinho e por toda energia positiva que foi essencial para completar essa etapa da minha vida.

Aos meus amigos de curso, José Geraldo e Micaelly, por todas as risadas, companheirismos e por sempre terem me incentivado a não desistir.

Aos meus colegas de curso que sempre estavam dispostos a ajudar durante a minha formação.

Aos licenciandos que participaram desta pesquisa por responderem o questionário com dedicação e seriedade.

Às minhas orientadoras, Thais Mara e Paula Mendonça pela dedicação, pela orientação e pelas contribuições na qualidade deste trabalho.

Ao Professor Cassiano Pagliarini por ter aceitado o convite de ser avaliador do meu trabalho.

E a todos que, de maneira direta ou indireta, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

*“A vida não é fácil para nenhum de nós.
Temos que ter persistência e, acima de tudo,
confiança em nós mesmos”.*

Marie Curie

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) visa responder à seguinte questão de pesquisa: como licenciandos utilizam seus conhecimentos de natureza da ciência (NC) de maneira funcional para realizar uma análise bem informada das práticas científicas relacionadas a temática organismos geneticamente modificados (OGM)? De maneira mais específica buscamos: (i) elaborar um questionário com a temática OGM e relacioná-lo aos objetivos de avaliação de NC segundo Allchin (2011); (ii) investigar, a partir das respostas dos licenciandos, quais conhecimentos de natureza da ciência foram possíveis elencar com o questionário e como os licenciandos utilizaram esses conhecimentos diante dos contextos apresentados. A justificativa para a elaboração desse questionário se dá em função da escassez de instrumentos que buscam avaliar como os estudantes utilizam conhecimentos de NC numa perspectiva funcional nas tomadas de decisão. Segundo Allchin (2011), uma perspectiva funcional de NC requer que os estudantes compreendam como a ciência funciona, ou seja, desenvolvam habilidades de interpretar a confiabilidade das afirmativas científicas com base em evidências. O questionário é composto por quatro questões que visam avaliar, predominantemente, os seguintes aspectos de NC: a possível relação entre as pesquisas científicas e o financiamento; a importância da ética nas pesquisas que envolvem seres humanos; a importância de existir um consenso na comunidade científica e o papel da divulgação científica para alcançar esse consenso. Esse questionário foi aplicado a uma amostra de sete licenciandos do curso de Licenciatura em Química de uma Universidade Federal do sudeste do país que apresentavam entendimento tanto de NC quanto de OGM. Além disso, os licenciandos avaliaram o potencial do questionário frente a diferentes critérios como, por exemplo, a clareza das perguntas, o tempo para resposta, a extensão do questionário, entre outros. A partir da análise das respostas dos licenciandos ao questionário foi possível avaliar os aspectos de NC previstos durante a elaboração do mesmo. Com base nas suas respostas verificamos que a maioria dos licenciandos apresenta a compreensão não funcional sobre os dados obtidos na pesquisa e o financiamento e a importância da ciência ser consensual. Por outro lado, eles demonstraram compreender de uma maneira funcional os aspectos éticos nas pesquisas e a importância da divulgação científica para se alcançar consenso na ciência. Assim, frente a análise das respostas dos licenciandos ao questionário e a avaliação feita por eles sobre este instrumento concluímos que o questionário tem o potencial de avaliar as concepções dos licenciandos sobre NC em suas tomadas de decisão sobre o tema. Por fim, acreditamos que esse instrumento pode ser utilizado em novas pesquisas educacionais que visem avaliar a compreensão de NC de uma maneira mais contextualizada.

Palavras-chave: Compreensão funcional de natureza da ciência, questões sociocientíficas, organismos geneticamente modificados, questionário.

ABSTRACT

This monograph aims to answer the following research question: How pre-service teachers use their knowledge of Nature of Science (NOS) in a functional way to conduct a well-informed analysis of the scientific practices related to the subject of genetically modified organisms (GMOs)? More specifically we seek: (i) elaborate a questionnaire with the GMO theme and relate it to NOS evaluation objectives according to Allchin's perspective 2011; (ii) investigate, from the answers of the graduates, what knowledge of the nature of science was possible to list with the questionnaire and how the pre-service teachers used this knowledge in the contexts presented. The justification for the elaboration of this questionnaire is due to the scarcity of instruments that seek to evaluate how students use NOS knowledge in a functional perspective in decision making. According to Allchin (2011), a functional perspective of NOS requires students to understand how science works, that is, to develop skills in interpreting the reliability of evidence-based scientific assertions. The questionnaire consists of four questions that aim to evaluate predominantly the following aspects of NOS: the possible relationship between scientific research and funding; the importance of ethics in research involving human beings; the importance of consensus in the scientific community and the role of scientific dissemination in reaching this consensus. This questionnaire was applied to a sample of seven pre-service chemistry teachers undergraduates from a Federal University in the southeast of the country who had an understanding of both NOS and GMOs. In addition, the pre-service teachers evaluated the potential of the questionnaire against different criteria, such as clarity of questions, time to answer, questionnaire extension, among others. From the analysis of the answers of the pre-service teachers to the questionnaire, it was possible to evaluate the NOS aspects anticipated during the elaboration of the same one. Based on their answers we verified that the majority of the pre-service teachers present the non-functional understanding about the data obtained in the research and the financing and the importance of the science to be consensual. On the other hand, they demonstrated a functional understanding of the ethical aspects of research and the importance of scientific dissemination to reach consensus in science. Thus, the analysis of the answers of the pre-service teachers to the questionnaire and the evaluation made by them on this instrument concluded that the questionnaire has the potential to evaluate the conceptions of the NOS pre-service teachers in their decision making on the subject. Finally, we believe that this instrument can be used in new educational research aimed at evaluating the understanding of NOS in a more contextualized way.

Keywords: Functional understanding of the nature of science, socio-scientific issues, genetically modified organisms, questionnaire.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1. Natureza da Ciência no Ensino de Ciências	14
2.2. Lista consensual de aspectos de NC de Lederman e colaboradores e o questionário VNOS	17
<i>2.2.1. Questionário VNOS de Lederman e colaboradores</i>	<i>20</i>
2.3. Allchin: compreensão funcional de NC	22
2.4. Questões sociocientíficas e NC	24
3. METODOLOGIA	28
3.1. Elaboração do questionário	28
3.2. Seleção e caracterização da amostra	31
3.3. Coleta de dados	33
3.4. Metodologia de análise dos dados	33
4.RESULTADOS E ANÁLISE	36
4.1. O questionário	36
4.2. Análise das respostas dos licenciandos ao questionário	43
<i>4.2.1. Questão 1</i>	<i>44</i>
<i>4.2.2. Questão 2</i>	<i>56</i>
<i>4.2.3. Questão 3</i>	<i>63</i>
<i>4.2.4. Síntese e análise geral das respostas de cada licenciando sobre a compreensão de</i> <i>conhecimento de NC segundo a perspectiva de Allchin (2011)</i>	<i>73</i>
4.3. Avaliação do questionário	82
4.4. Alterações realizadas no questionário	86
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
6. REFERÊNCIAS	95
7. ANEXOS	99
7.1. Anexo 1 –Avaliação do questionário	99
7.2. Anexo 2 –Termo de Consentimento Livre e Esclarecido destinado aos licenciandos do curso de licenciatura em química matriculados na disciplina Práticas de Ensino de Química IV	100

1. INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX, pesquisadores da área de Ensino de Ciências vêm demonstrando suas preocupações em relação às concepções dos estudantes sobre natureza da ciência (NC) e a necessidade de incluir o tema no currículo de Ciências da Natureza, de modo a promover concepções mais adequadas acerca do empreendimento científico (LEDERMAN, 1992). O termo Natureza da Ciência refere-se à ciência como uma forma de conhecimento, e aos valores e crenças inerentes ao conhecimento científico e ao seu desenvolvimento, o qual envolve influências e limitações que originam a ciência como uma construção humana (SCHWARTZ; LEDERMAN; CRAWFORD, 2004; LEDERMAN, 2006).

Uma série de documentos de reforma educacional tem dado destaque à compreensão de NC como um componente central para o letramento científico (AAAS, 1993; NRC, 1996). Os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ (BRASIL, 2002), por exemplo, embora não utilizem explicitamente o termo natureza da ciência, têm apontado a importância de que o ensino de ciências ocorra de maneira a proporcionar aos estudantes: (i) a compreensão de que o conhecimento científico e o tecnológico são resultados de uma construção humana e estão inseridos em um processo histórico e social; (ii) a compreensão de que a ciência e a tecnologia fazem parte da cultura humana contemporânea; (iii) habilidades de reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo e sua relação com a ciência, o seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social; (iv) habilidades de reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania.

Apesar dessas recomendações, o tema NC vem sendo pouco abordado no ensino de ciências e nos currículos. Como consequência, diferentes pesquisas demonstram uma visão ingênua dos estudantes sobre a Ciência e sobre as práticas científicas (LEDERMAN, 1992; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001; KOSMINSKY; GIORDAN, 2002; CACHAPUZ *et al.*, 2005). Infelizmente, essas visões pouco esclarecidas e/ou distorcidas podem ser reflexo dos meios de comunicação como, por exemplo, desenhos animados que perpetuam uma visão equivocada sobre o trabalho dos cientistas. Mesquita e Soares (2008) evidenciam em seu trabalho que desenhos como Jimmy Nêutron e O Laboratório de Dexter, por exemplo, retratam as práticas científicas como sendo obras de gênios isolados, frequentemente, do

sexo masculino que realizam descobertas sobre os fenômenos em seus laboratórios. Visões como essas podem ser reforçadas pela explicação ou omissão durante as aulas de ciências, quando os professores apresentam uma explicação inadequada sobre as práticas científicas e/ou não discutem as visões equivocadas dos estudantes sobre elas (CACHAPUZ *et al.*, 2005; MESQUITA *et al.*, 2008).

Lederman (1992) em uma das suas pesquisas evidenciou que as concepções dos professores sobre NC eram similares as dos estudantes sendo algumas delas visões inadequadas sobre a Ciência e sobre como os cientistas trabalham. Diante disso, esse autor discute a importância de avaliar tanto as concepções dos professores quanto as dos estudantes sobre NC, uma vez que essas visões podem influenciar na forma como eles interpretam a produção, legitimação e validação do conhecimento científico.

Cachapuz *et al.* (2005) destacam que, se os professores têm uma visão de ciência realizada por gênios que passam o dia em laboratórios realizando descobertas grandiosas, pode-se levar os estudantes a pensar que eles não são capazes de fazer ciência. Isso pode contribuir para o desinteresse ou a rejeição de muitos estudantes, transformando-se num obstáculo para a aprendizagem nas aulas de ciências.

Algumas dessas visões frequentes entre estudantes e professores, segundo Cachapuz *et al.* (2005) são: (i) descontextualização das atividades científicas e tecnológicas, ou seja, ignoram a existência de uma relação entre as mesmas, considerando que a tecnologia é uma mera aplicação dos conhecimentos científicos, atribuindo a esta menor status que a ciência “pura”; (ii) individualista e elitista, na qual os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, desmerecendo a colaboração do trabalho de outros cientistas e atribuindo discriminações de natureza social e sexual, assim a ciência é vista como atividade eminentemente “masculina”; (iii) empírico-indutivista e atórica que defende o papel da observação e da experimentação “neutra”, na qual não reconhecem que a observação do cientista em um experimento está arraigada de teorias e que o conhecimento científico necessita de fundamentação teórica; (iv) rígida, algorítmica e infalível, a qual refere-se ao método científico como uma sequência de etapas definidas em que as observações e as experiências rigorosas desempenham um papel de destaque na exatidão e objetividade dos resultados obtidos. Desprezando que os métodos são baseados em evidências e hipóteses, que podem ser errôneas; (v) acumulativa, de crescimento linear que consiste em apresentar o desenvolvimento científico como um

processo linear, unicamente acumulativo, não considerando as crises e remodelações profundas nos conhecimentos científicos.

Considerando a importância de que estudantes e professores apresentem uma concepção ampla e coerente sobre ciências, ressalta-se a relevância de que pesquisas sejam realizadas visando avaliar esses conhecimentos. Nesse sentido, uma variedade de instrumentos foram desenvolvidos com essa finalidade, por exemplo: *Views on Science-Technology-Society* (VOSTS) de Aikenhead e Ryan (1992), *Scientific Epistemological Views* (SEVs) de Tsai e Liu (2005), *Draw-a-Scientist Test* (DAST) de Chambers (1983) e *Views of Nature of Science Questionnaire* (VNOS) de Lederman e O'malley (1990).

Dentre os instrumentos mencionados acima, um dos mais utilizados atualmente nas pesquisas na área de Ensino de Ciências é o questionário VNOS que consiste em questões abertas, as quais objetivam avaliar a compreensão de aspectos de NC apontados por Lederman e colaboradores (2002) como importantes de serem abordados na educação básica, conforme discutido em mais detalhes na seção 2.2. Por exemplo, para avaliar se o estudante compreende que o conhecimento científico é provisório, tem-se a seguinte questão: “Uma teoria científica desenvolvida por um cientista (por exemplo, teoria atômica) pode ser modificada? Ao responder a questão, o estudante é solicitado a explicá-la e exemplificá-la.

Apesar de sua ampla difusão na área, autores como Allchin (2011), criticam esse questionário dizendo que perguntas do tipo “O que é ciência?”, “O que é um experimento?”, constantes no mesmo, são complexas e abstratas para avaliar as concepções dos estudantes e professores sobre NC. Além disso, devido ao grau de complexidade, esses tipos de perguntas seriam mais coerentes para os filósofos da ciência, pois mesmo entre estes não há um consenso sobre estas questões (ALTERS, 1997). Diante disso é importante ressaltar que a crítica do Allchin (2011) está relacionada ao fato de que essas questões podem resultar na expressão de conhecimentos meramente declarativos, uma vez que não há indícios de que as mesmas permitam avaliar como estudantes utilizam aspectos de NC em uma perspectiva funcional na tomada de decisão.

De acordo com Allchin (2011), uma compreensão funcional requer que os estudantes sejam capazes de avaliar a credibilidade das afirmativas científicas, o que implica em ter habilidades de interpretar dados científicos, avaliar a relevância das evidências científicas e reconhecer que existem discordâncias entre os *experts* da ciência. Diante disso, este autor ressalta a importância de avaliar como os estudantes mobilizam

conhecimentos de NC para tomar decisões sobre casos contemporâneos e controversos da ciência.

É importante ressaltar que pesquisas que avaliam conhecimentos de NC, segundo a perspectiva de Allchin (2011), ainda estão começando a se desenvolver. Contudo, mesmo as poucas pesquisas a que tivemos acesso como, por exemplo, a que foi realizada por Azevedo e Scarpa (2017), não se dedicaram a investigar profundamente *como* os estudantes utilizam NC em uma perspectiva funcional para a tomada de decisão. Nessa pesquisa, os autores elaboraram um questionário contextualizado com questões fechadas denominado VENCCE (Visões de Estudantes sobre Natureza da Ciência por meio da Contextualização em Ecologia) com o objetivo de investigar as concepções de NC dos estudantes de Ciências Biológicas envolvidos no tema Ecologia. Os autores utilizaram as dimensões de confiabilidade proposta por Allchin (2011) como, por exemplo: observação e raciocínio, métodos de investigações, interação entre os cientistas, economia e financiamento entre outros, a fim de quantificar as concepções dos estudantes. Porém, apesar do VENCCE ser fundamentado nas ideias de Allchin (2011) e de sua relevância para se avaliar aspectos de NC através de um contexto, acreditamos que ele compartilha de uma limitação frequente nos instrumentos que buscam avaliar conhecimentos de NC: a ênfase na quantificação em detrimento da compreensão de como os estudantes mobilizam estes conhecimentos em suas tomadas de decisões. Diante disso, ressaltamos a importância de que novos instrumentos sejam elaborados com esse intuito.

Frente a estas ideias, as questões sociocientíficas (QSC) podem favorecer a análise de compreensões de NC dos estudantes e de professores segundo a perspectiva de Allchin (2011), uma vez que elas podem proporcionar o desenvolvimento de argumentação relacionada a questões morais e éticas envolvidas nas práticas científicas. Isso porque questões sociocientíficas podem ser entendidas como questões sociais controversas com vínculos conceituais e/ou processuais com a ciência (SADLER, 2004). Nesse sentido, os indivíduos cientificamente letrados devem ser capazes de confrontar, negociar e tomar decisões em situações cotidianas que envolvem a ciência (SADLER, 2011).

Diante dos aspectos discutidos até o momento relacionados a(s): (i) visões equivocadas frequentemente apresentadas por professores e estudantes sobre a ciência; (ii) importância de avaliar as concepções de NC de professores e estudantes em uma perspectiva funcional; (iii) a escassez de instrumentos que avaliam NC segundo a perspectiva de Allchin (2011), visamos responder à seguinte questão de pesquisa: como

licenciandos utilizam seus conhecimentos de NC de maneira funcional para realizar uma análise bem informada das práticas científicas relacionadas à temática *organismos geneticamente modificados* (OGM)?

Para responder a essa questão buscamos alcançar os seguintes objetivos específicos:

- *Elaborar um questionário com a temática OGM e relacioná-lo aos objetivos de avaliação de NC segundo Allchin (2011);*
- *Investigar, a partir das respostas dos licenciandos, quais conhecimentos de natureza da ciência foram possíveis elencar com o questionário e como os licenciandos utilizaram esses conhecimentos diante dos contextos apresentados.*

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Natureza da Ciência no Ensino de Ciências

A justificativa para a inserção de NC na educação básica consiste no desenvolvimento de visões mais esclarecidas sobre ciência pelos estudantes, uma vez que este conhecimento seria de suma importância para que os mesmos desenvolvessem a habilidade de tomar decisões bem informadas, sejam pessoais e/ou sociais (SMITH; SHARMANN, 1998; LEDERMAN, 2006). Nesse sentido, a atual ênfase na educação científica se estende para além dos apelos ao conhecimento de conceitos científicos e métodos de investigações científicas. A compreensão dos princípios da investigação científica e da natureza da ciência está no centro do letramento científico¹ (Associação Americana para o Avanço da Ciência [AAAS], 1993; National Research Council [NRC], 1996).

Essa importância de se inserir NC no ensino é reconhecida internacionalmente, de forma que documentos americanos como o relatório *Science for All Americans* (AAAS, 1989) recomendam que o ensino de ciências seja mais contextual, histórico, filosófico e reflexivo, visando contribuir para compreensão e o raciocínio científico. De acordo com o relatório, a mera transmissão de informações e conceitos científicos não é eficaz para promover uma educação científica de qualidade. Por esse motivo, o ensino de ciências deve se pautar em estratégias de aprendizado ativas e que envolvam os estudantes no processo científico, ou seja, atividades que proporcionam discussões sobre objetividade, possíveis formas de diferenciar ciência e pseudociência, os diferentes métodos utilizados para produzir conhecimento científico, explicação e previsão, ética, política social e a organização social da ciência (AAAS, 1993).

Apesar disso, como mencionado anteriormente, várias pesquisas vêm demonstrando que os estudantes apresentam visões ingênuas sobre a ciência e sobre o agir científico (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001; KOSMINSKY; GIORDAN, 2002; CACHAPUZ *et al.*, 2005). Kosminsky e Giordan (2002) ressaltam que muitas vezes eles apresentam visões reducionistas e escolarizadas sobre o processo de produção do conhecimento científico como, por exemplo: os cientistas são vistos como pessoas do sexo masculino, solitárias e futuristas, que utilizam jalecos brancos e óculos. Além disso, os estudantes acreditam que

¹ Letramento científico representa as capacidades cognitivas necessárias para utilizar as informações da ciência e tecnologia nos assuntos da sociedade. Além disso, promover o desenvolvimento social dos estudantes (AAAS, 1993).

as equações matemáticas desenvolvidas na ciência são um atalho para os resultados esperados e que os fenômenos naturais sempre obedecem às leis científicas.

Diante disso, uma educação científica que tenha como objetivo proporcionar visões mais esclarecidas da ciência, deve inserir discussões sobre NC nos currículos de ciências. Isso envolve a inserção de história, filosofia e sociologia da ciência no ensino (MATTHEWS, 1995). Nesse sentido, o autor ressalta que a inserção de história, filosofia e sociologia da ciência promove:

a humanização das ciências e aproxima dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as salas de aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas permitindo o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para a compreensão mais completa do assunto científico, isto é podem contribuir para superar o "mar de insignificância" que, segundo um comentarista, englobou salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação de professores auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, isto é, uma maior compreensão da estrutura da ciência e seu lugar no esquema intelectual das coisas (MATTHEWS, 1995, p. 165).

O autor neste mesmo artigo afirma que a inclusão de história, filosofia e sociologia da ciência não é apenas outro item a ser ensinado de forma isolada e pontual no ensino de ciências, mas ao contrário disso, deve ser entendida como a incorporação mais abrangente do tema como abordagem de ensino nos currículos de ciências visando contribuir para compreensão mais ampla e completa sobre a produção do conhecimento científico.

Matthews (1995) ressalta que os professores de ciências devem ter entendimento sobre a história e filosofia da ciência, uma vez que estes são um dos comunicadores da ciência e um dos principais intermediadores no processo de ensino-aprendizagem. Diante disso, ressalta-se a necessidade de incorporar a temática nos cursos de formação inicial e continuada de professores. O autor afirma que os professores de ciências devem ter domínio dos conceitos científicos, mas devem ter entendimento sobre como o conhecimento científico é produzido, entender que a ciência tem dimensões históricas e culturais, além de entender os conflitos existentes na ciência. Isso porque os comportamentos do professor em sala de aula são influenciados significativamente por suas concepções sobre natureza da ciência e os mesmos possuem uma variedade de concepções de diferentes níveis de complexidade sobre este assunto (LEDERMAN, 1992).

Entretanto, algumas pesquisas vêm demonstrando que licenciandos e professores da educação básica apresentam visões deformadas sobre a ciência. Lederman (1992) ressalta

que algumas das concepções que os professores de ciências possuem sobre NC como, por exemplo, a crença de que: o conhecimento científico é uma cópia fiel do mundo; o conteúdo substantivo da ciência é fixo e imutável; a ciência é centrada nas pessoas, ou seja, o principal objetivo é em benefício da humanidade; a função da ciência é desenvolver tecnologias úteis para sociedade.

Além dessas, outras visões deformadas dos professores sobre o trabalho científico, segundo Gil-Pérez et al. (2001), são: a concepção empírico-indutivista e ateórica, ou seja, para alguns professores a observação e a experimentação são “neutras”, desconsiderando assim o papel das hipóteses e da fundamentação teórica.

Além disso, observa-se uma visão rígida da ciência, fundamentada em um único método científico interpretado como um conjunto de etapas rígidas a serem seguidas e que apresentam resultados exatos. Outra visão apresentada por eles é a aproblemática e a ahistórica, pois transmitem o conhecimento científico já consolidado, não havendo preocupação em demonstrar os problemas que deram origem, ou até mesmo o contexto histórico no qual o conhecimento científico foi desenvolvido.

Guerra-Ramos (2012) ressalta que essas concepções inadequadas podem estar relacionadas a uma carência nos cursos de licenciatura, pois os mesmos não agregam ao seu currículo um estudo aprofundado sobre filosofia, história ou sociologia da ciência e não apresentam discussões pertinentes de NC, de modo que os professores não conseguem abordar adequadamente os aspectos de NC em suas aulas.

Diante disso, Hodson (2014) afirma que os professores de ciências deveriam ter uma formação que os levassem a alcançar quatro objetivos de aprendizagem de forma articulada, deixando de lado a visão de que seu papel é transmitir conceitos científicos. Esses objetivos são:

- I. *Aprender ciência*: esse objetivo envolve a aquisição e desenvolvimento de conhecimentos teóricos e conceituais produzidos pela ciência, ou seja, os estudantes devem ter consciência do corpus do conhecimento científico estabelecidos pela comunidade científica.
- II. *Aprender sobre ciência*: envolve a compreensão sobre o processo de produção científica; o papel e o status do conhecimento; as circunstâncias sociais e intelectuais que permearam a origem e o desenvolvimento de teorias científicas; análise e validação de ideias científica; e as interações entre ciência, tecnologia e sociedade.

- III. *Aprender a fazer ciência*: envolve o desenvolvimento das habilidades de solucionar problemas por meio da investigação científica.
- IV. *Discutir questões sociocientíficas*: desenvolver habilidades críticas para confrontar aspectos pessoais, sociais, econômicos, ambientais, éticos e morais envolvidos nas relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Por fim, Hodson (2014) ressalta que, por mais que existam quatro objetivos relevantes para o ensino de ciências, é importante destacar que esses objetivos são interdependentes. Por isso, os professores não devem ter a concepção simplista de que os estudantes aprendem ciência simplesmente fazendo ciência. Isso porque, para os estudantes serem capazes de *fazer ciência*, eles devem possuir como ferramentas conhecimentos conceituais e teóricos (isto é, *aprender ciência*), assim como conhecimentos sobre as práticas científicas (*aprender sobre ciência*).

Autores como, Osborne *et. al* (2003), Praia *et. al.* (2007), Lederman (2006), Abd-El-Khalick *et. al.* (1998), apontam para relevância de inserir conhecimentos sobre NC tanto na educação básica, quanto na formação de professores, com intuito de formar pessoas aptas a se posicionarem de forma crítica mediante as questões relacionadas a ciência e tecnologia. Isso levou a literatura da área a realizar esforços no que se refere a quais conhecimentos sobre NC seriam relevantes de serem abordados no ensino e como realizar essa abordagem. Diante disso, na próxima seção, apresentamos a lista consensual de aspectos de NC elaborada por Lederman e colaboradores (2006) para serem inseridos nos currículos de ciências.

2.2. Lista consensual de aspectos de NC de Lederman e colaboradores e o questionário VNOS

Norman G. Lederman e seus colaboradores (2002) propuseram uma lista consensual sobre quais aspectos de NC devem ser abordados na educação básica, alegando que não existe consenso entre filósofos da ciência, historiadores da ciência, cientistas e educadores científicos sobre uma definição específica de NC. Os autores afirmam que a falta de consenso se deve a natureza multifacetada e a complexidade da ciência e, por isso, defendem que não existe uma única natureza da ciência.

Segundo os autores, existe um nível aceitável de generalidade em relação alguns aspectos de NC que são acessíveis aos estudantes da escola básica e relevantes para suas vidas diárias, cujas discussões não são tão complexas quanto aquelas apresentadas nos

cursos de história e filosofia da ciência. Além disso, existe pouca divergência de opiniões entre filósofos, historiadores e educadores científicos sobre esse conhecimento geral de NC. Dessa forma, poderiam compor uma lista consensual de aspectos de NC a serem inseridos no ensino de ciências.

Frente a essas ideias, para selecionar tais aspectos de NC importantes de serem inseridos na educação básica, os autores utilizaram três critérios: (i) o conhecimento de natureza da ciência é acessível aos estudantes, isto é, eles são capazes de compreendê-lo e aprendê-lo? (ii) existe um consenso geral em relação a tal aspecto de NC? (iii) é útil para todos os cidadãos entender NC? Empregando estes critérios, Lederman e seus colaboradores elencam sete aspectos de NC que são importantes de serem incorporados no currículo e no ensino de ciências. Estes são:

- I. O conhecimento científico é provisório e sujeito a modificações: Afirmativas científicas se modificam a partir de novas evidências, logo a ciência não pode ser considerada como verdade absoluta. Isto quer dizer que as teorias científicas, por exemplo, estão sujeitas a mudanças e/ou reinterpretações caso novas evidências surjam devido aos avanços da ciência e da tecnologia.
- II. O conhecimento científico tem caráter empírico: dizer que a ciência possui caráter empírico significa que, diferente de outras formas de conhecimento, tais como a matemática ou a filosofia, a ciência depende de evidências empíricas provenientes do mundo natural. Segundo Lederman et al. (2002), a base empírica da ciência é o aspecto que os estudantes compreendem com maior destreza, isso porque durante sua vivência acadêmica, os professores enfatizam que evidências e experimentos são essenciais na ciência.
- III. O conhecimento científico é norteado por teorias ou subjetivo: os cientistas não conduzem pesquisas de forma completamente neutra, ou seja, são motivadas por uma problemática inserida em algum contexto, são guiados por teorias prévias, crenças e experiências.
- IV. O conhecimento científico envolve criatividade e imaginação humana: Para interpretar dados científico, os cientistas devem utilizar da sua imaginação e criatividade, ao contrário do que se acredita no senso comum, a ciência não é uma atividade totalmente sem vida e racional, envolve a invenção de explicações.
- V. O conhecimento científico é influenciado pelo contexto social e cultural: A ciência é influenciada por fatores culturais, sociais, políticos e econômico, uma vez que os

cientistas são produto da cultura. Dessa maneira, o conhecimento científico sofre influência das estruturas de poder, política, aspectos socioeconômicos, filosofia e religião.

- VI. A distinção entre observação e inferência: Observações são afirmativas descritivas sobre um fenômeno natural que são diretamente acessíveis aos sentidos. Inferências são afirmativas sobre os fenômenos que não são diretamente acessíveis aos sentidos. Por exemplo, objetos suspensos acima do nível do solo tendem a cair e bater no solo (observação). Objetos tendem a cair por causa da gravidade (inferência)
- VII. A distinção entre leis e teorias científicas: Leis são afirmativas ou descrições de relações entre fenômenos observáveis, as teorias são explicações inferidas para fenômenos observáveis. Tem-se uma crença que existe um nível hierárquico em relação à credibilidade de leis e teorias científicas. Com isso, acredita-se que as teorias científicas possuem um status menor do que as leis científicas e que, nesse sentido, as teorias podem se tornar leis científicas quando adquirirem evidências suficientes ao longo dos anos conferindo mais credibilidade. Entretanto, essa é uma maneira equivocada de se pensar a relação entre elas, pois leis e teorias são formas de conhecimentos diferentes.

Lederman (2006) ressalta a importância de combinar NC com processos da ciência, ou seja, com a investigação científica. Ele afirma que os professores de ciência devem saber distinguir NC da investigação científica. O termo NC como mencionado anteriormente, refere-se aos valores e pressupostos que são característicos do conhecimento científico, envolvendo as influências e limitações que originam a ciência como construção humana. A investigação científica refere-se às atividades e processos pelos quais se desenvolve o conhecimento científico, incluindo a ética envolvida nas práticas científicas e a aceitação e o emprego do conhecimento científico (SCHWARTZ; LEDERMAN; CRAWFORD, 2004).

Hodson (2014) faz uma crítica a esta afirmação, partindo da ideia de que existe uma diferença entre aprender sobre a investigação científica e engajar os estudantes na investigação científica. O autor afirma que aprendizagem baseada na investigação científica pode ser motivadora e muito eficaz para desenvolver o pensamento crítico dos estudantes. Contudo, ele discorda da ideia de que a aprendizagem baseada em investigação científica implica em “fazer ciência”. Isso porque, pode-se aprender sobre investigação

científica através de leituras de textos e discussões, sem necessariamente fazer ciência, ou seja, engajar-se em práticas e metodologias usadas pelos cientistas.

Além de propor a lista consensual de aspectos de NC, Lederman e colaboradores propuseram um questionário denominado VNOS (*Views of Nature of Science Questionnaire*) que visa avaliar o conhecimento de NC dos estudantes, conforme discutido mais detalhadamente na seção apresentada a seguir.

2.2.1. Questionário VNOS de Lederman e colaboradores

Na pesquisa intitulada *Students' Perceptions of Tentativeness in Science: Development, Use, and Sources of Change*, Lederman e O'malley (1990), desenvolveram um questionário (VNOS) aberto com a intenção de investigar as seguintes aspectos: (i) as crenças dos estudantes sobre a finalidade do conhecimento científico; (ii) as possíveis crenças dos estudantes, bem como os fatores que alteram as crenças dos estudantes sobre a ciência e (iii) as implicações das crenças dos estudantes para tomada de decisão pessoal ou social nas suas vidas diárias. Essa investigação tinha como objetivo o desenvolvimento de metodologia de pesquisa na educação e a compreensão das concepções dos estudantes sobre natureza da ciência. Além disso, a pesquisa tinha como intuito promover discussões para se desenvolver um currículo ou abordagens que facilitem a compreensão de aspectos de NC.

Posteriormente, foram desenvolvidas várias versões de VNOS, conforme o público a que se destina, oferecendo variações e melhorias em relação ao original. No levantamento realizado por Azevedo e Scarpa (2017) acerca dos instrumentos utilizados para avaliar NC, no período de 1965 até fevereiro de 2015, 64 artigos publicados utilizaram o instrumento VNOS (A a E). Azevedo e Scarpa (2017) afirmam que a decisão de agruparem os questionários ocorreu em função da semelhança teórica e estrutural entre eles, uma vez que as questões que compunham estes instrumentos abordavam cada aspecto de NC que Lederman *et al.* (2002) consideravam importante em sua lista consensual, conforme exposto na seção anterior.

O VNOS-A, também elaborado por Lederman e O'malley em 1990, é composto de sete questões e foi desenvolvido para os estudantes do ensino médio. Este questionário foi projetado para ser usado em conjunto com entrevistas. Os outros questionários são VNOS-B, VNOS-C, VNOS-D e VNOS-E, sendo o questionário VNOS-B para avaliar o conhecimento de professores de ciências do ensino médio, esse questionário é extenso e

exige mais tempo para resposta (LEDERMAN et al., 2002). O VNOS-C destina-se aos professores da educação básica. O VNOS-D e VNOS-E são facilmente respondidos, sendo o primeiro para os professores do ensino fundamental e o segundo para estudantes do ensino fundamental e da pré-escola (LEDERMAN, 2007 *apud* AZEVEDO; SCARPA, 2017).

O questionário VNOS-C, elaborado e validado por Lederman e colaboradores (2002), é destinado a avaliar as concepções sobre NC dos professores do ensino fundamental e médio, conforme mencionado anteriormente. Esse questionário consiste em perguntas do tipo: o que é ciência? O que é um experimento? O desenvolvimento do conhecimento científico requer experimentos? Existe diferença entre teoria científica e lei científica?, entre outras. Esse questionário é criticado por autores, como Allchin (2011), que afirmam que perguntas do tipo “o que é experimento?” são irrelevantes para tomadas de decisões pessoais ou coletivas, no contexto da ciência. Além disso, ele afirma que a lista consensual de Lederman (2002) apresentada no início da seção 2.2 não contribui para compreensão de NC de maneira funcional, mas sim, declarativa.

Allchin (2011), cujas ideias são discutidas em mais detalhes na seção 2.3, considera a lista incompleta e inadequada por apresentar conhecimentos de NC irrelevantes para os estudantes, além de omitir aspectos importantes sobre as práticas científicas. Além disso, ele argumenta que não há evidências que corroborem com a ideia de que a mera compreensão dos princípios de NC da lista consensual seja adequada para a sua aplicação em um contexto de tomada de decisão. Autores como Izik e Nola (2011) afirmam que os aspectos apresentados na lista não são incorretos, mas apresentam algumas limitações. Eles ressaltam que a lista aponta uma visão restrita da ciência como, por exemplo, a afirmação de que não existe um método científico pode acarretar numa visão inadequada da ciência de que não existem regras e métodos para a produção do conhecimento científico. Outra limitação apontada por esses autores é que a lista não discute sobre a diferença que existe nas disciplinas científicas como astronomia e cosmologia que se diferem da química por não se basearem na experimentação. Autores como Nielsen (2012) argumentam que a lista consensual também ignora a importância da comunicação científica no processo da produção do conhecimento.

2.3. Allchin: compreensão funcional de NC

Allchin (2011) parte do princípio de que o letramento científico requer que os estudantes desenvolvam uma compreensão sobre como a ciência funciona com o objetivo de interpretar a confiabilidade das afirmativas científicas em tomadas de decisão inerentes ao seu cotidiano, ou seja, uma compreensão funcional sobre NC. Para ilustrar essas ideias o autor utiliza de um estudo de caso que relata a história de uma mulher de 40 anos de idade preocupada com a possibilidade de ter um câncer de mama e que planeja fazer uma mamografia, apesar dos seus receios em relação à radiação excessiva. No entanto, a mulher recebe a informação de que uma força tarefa nacional aconselha que se espere até os 50 anos de idade para realizar o exame, sendo esta informação confirmada na revista *Women's Health*. Porém, a mesma mulher conheceu outra que faleceu aos 43 anos de idade com câncer de mama. A partir dessas informações, os estudantes devem avaliar as evidências que são disponibilizadas em artigos científicos e revistas destinadas ao público feminino, para tomarem a decisão se a mulher deveria fazer a mamografia ou esperar até completar 50 anos.

Segundo o autor, o caso descrito anteriormente reflete uma situação problema similar àquelas que os estudantes podem se deparar em seu cotidiano. Para resolver essa situação, os estudantes devem ir além de simplesmente declarar aspectos de NC, mas ao contrário disso, devem realizar uma análise bem informada das afirmativas científicas apresentadas. Assim, ao analisar criticamente a situação-problema eles podem expressar seu grau de compreensão funcional das práticas científicas e sua relevância na tomada de decisão.

De acordo com Allchin (2011), quando os estudantes são envolvidos em tomada de decisão sobre questões da ciência que são inerentes ao seu cotidiano, eles desenvolvem habilidades de analisar e julgar a credibilidade das informações científicas. Além disso, eles compreendem que os *experts* da ciência podem cometer erros. Nesse sentido, uma compreensão funcional sobre NC requer que os estudantes entendam a natureza da incerteza e das possíveis fontes de erro e que podem existir discordâncias entre os *experts* da ciência. Diante disso, para que os estudantes sejam capazes de avaliar a credibilidade das informações, eles devem compreender os métodos empregados para garantir a credibilidade e suas limitações.

Pensando nisso, o autor realça que do mesmo modo que críticos de cinema e de música podem avaliar a arte sem necessariamente produzi-la, os estudantes devem

interpretar ou criticar a confiabilidade das afirmativas científicas sem ser um praticante da ciência. Sendo assim, considera-se um cidadão bem informado aqueles que sabem reconhecer evidências relevantes ou evidências falsas para avaliar determinado conhecimento.

Frente aos aspectos mencionados, o autor acredita que a lista consensual de NC proposta por Lederman e colaboradores (2002) pode ser considerada incompleta e inadequada, porque inclui vários itens irrelevantes para compreensão de ciência e omite itens relevantes. Por exemplo, a distinção entre leis e teorias. Por outro lado, aspectos indispensáveis na perspectiva de Allchin (2011) não são discutidos profundamente naquela lista tais como: a credibilidade entre os cientistas, o papel do financiamento, as fraudes, a validação de novos métodos e a confiabilidade das afirmativas científicas.

Allchin (2011) relata uma apresentação que aconteceu na conferência nacional de professores de biologia nos EUA. Nessa conferência pesquisadores e professores explanam seus esforços para ensinar para os estudantes a diferença entre hipótese e previsão. Durante a apresentação eles sugeriam implicitamente que essa diferença é fundamental para o ensino de NC e que aprendê-la seria um componente essencial na formação escolar dos estudantes. O autor contrapõe as ideias dos pesquisadores e professores, afirmando que em lugar de se preocupar com essa distinção, deve-se discutir *como* as hipóteses e a previsão podem favorecer melhorias para as práticas científicas e *como* a compreensão das mesmas podem proporcionar o entendimento mais profundo das afirmativas científicas.

As críticas de Allchin (2011) estendem-se também a instrumentos de avaliação dos conhecimentos de NC na qual se utilizam questionários, como VNOS-C que empregam perguntas do tipo “O que é um experimento?”. O autor defende que em tomadas de decisões, sejam pessoais ou coletivas, questões como essa são irrelevantes para o contexto da ciência. Para o autor, saber se as evidências foram derivadas de experimentação ou observação não é tão importante quanto entender o processo de controle de variáveis, no qual controles de observações paralelas são diferenciados por apenas uma variável. O autor destaca, dessa forma, que para se tornar cidadãos bem informados e responsáveis, é essencial compreender como as evidências funcionam e como elas podem ser falhas. O mesmo autor ainda ressalta que filosofar sobre a natureza abstrata de experimentos deve ser deixado para os filósofos da ciência.

Segundo Allchin *et al.* (2014), para que os estudantes possam compreender os aspectos de NC de maneira funcional deve-se utilizar diferentes abordagens de ensino,

como casos históricos e contemporâneos. De acordo com os autores, os casos históricos devem ser utilizados na perspectiva da ciência em construção, ou seja, como uma ferramenta para construir conhecimento científico. Dessa forma, os estudos de casos históricos devem apresentar aos estudantes a importância das críticas e os debates na comunidade científica, bem como o viés teórico, a visão cultural, as incertezas que os cientistas do passado tiveram que lidar, as motivações científicas, o papel do financiamento, conflitos de interesses e a experiência da credibilidade (ALLCHIN, 2011).

Por outro lado, os casos contemporâneos estão diretamente ligados as questões sociocientíficas (QSC) contemporâneas, ou seja, casos da ciência que ainda são controversos e fazem parte da comunidade científica, para os quais ainda não se alcançou um relativo consenso. Desse modo, os conhecimentos científicos ainda estão sendo desenvolvidos, logo estamos nos referindo a uma ciência em construção para a qual não existem respostas prontas (LATOURET, 2000).

Allchin *et al.*, (2014) afirmam que pesquisadores evidenciaram que utilizar artigos de jornais contemporâneos pode promover: desenvolvimento do pensamento crítico nos estudantes; a habilidade de reconhecer como a ciência é utilizada para discutir assuntos que apresentam concepções similares na sociedade; a compreensão sobre como a ciência e a tecnologia interagem com a sociedade.

Frente a importância dos casos contemporâneos para inserir aspectos de NC no ensino, destacamos o potencial das QSC, uma vez que elas contribuem para que os estudantes tenham uma visão funcional da ciência, refletindo no seu letramento científico (ZEIDLER *et al.*, 2004). Na próxima seção abordamos como as questões sociocientíficas podem ser atreladas ao tema NC na educação científica.

2.4. Questões sociocientíficas e NC

O movimento de QSC foi desenvolvido pelas áreas de psicologia, filosofia e sociologia, com ênfase no discurso e argumentação (ZEIDLER *et al.*, 2009). Autores como Zeidler *et al.* (2005) e Sadler *et al.* (2004) consideram QSC como controversas, sendo vistas como dilemas que afetam o crescimento intelectual dos indivíduos em domínios pessoais e sociais. Esses dilemas requerem tomadas de decisão cientificamente fundamentadas em evidências, além da consideração de aspectos sociais, políticos, econômicos, éticos e morais que envolvem essas questões (SADLER *et al.*, 2004).

Nesse sentido, Zeidler *et al.* (2009), ressaltam que uma das vantagens de utilizar QSC no ensino é que elas possibilitam discussões sobre NC a partir de contexto científico real, favorecendo, dessa forma, a habilidade de argumentação relacionada as questões éticas e morais, além de desenvolver a formação de caráter do estudante. Além disso, elas podem elucidar a interdependência entre a ciência e sociedade, algo importante quando se considera uma educação científica que tenha como objetivo a formação de cidadãos críticos que atuem ativamente na sociedade (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996 *apud* SADLER, 2004).

Diante disso, Sadler *et al.* (2004) afirmam que o letramento científico exige a integração de NC e questões sociocientíficas. O autor afirma que uma pessoa cientificamente letrada é capaz de usar ‘formas científicas de pensar’, se ele/ela pode compreender, pelo menos, alguns aspectos de natureza da ciência. Segundo os autores, vários estudos abordam aspectos de NC em relação à educação científica (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN 2000; LEDERMAN 1992; LEDERMAN; ALLCHIN 2011), porém, pesquisas e discussões sobre como englobar QSC nas salas de aula de ciências estão apenas começando a serem desenvolvidas (ZEIDLER *et al.*, 2002).

Yacoubian (2015), desenvolveu um trabalho denominado *A Framework for Guiding Future Citizens to Think Critically About Nature of Science and Socioscientific Issues*, no qual produziu uma estrutura para orientar os estudantes a pensarem criticamente sobre NC e QSC. Para este autor, à medida que os estudantes se envolvem em experiências de ensino-aprendizagem sobre NC e tomadas de decisão relacionadas a QSC, eles desenvolvem habilidades de compreender os conhecimentos científicos. Nesse trabalho o autor elabora uma estrutura denominada CT-NOS (pensamento crítico- natureza da ciência) para abordar NC no ensino de ciências. Nessa estrutura, NC é considerada tanto como objetivo de aprendizagem quanto um meio de tomada de decisões nas questões sociocientíficas. Para isso, utiliza-se como pilar o pensamento crítico que oferece um caminho para desenvolver a aprendizagem de NC.

Diante do exposto, as abordagens que utilizam QSC relacionando aspectos de NC devem ser desenvolvidas para avaliar a compreensão dos estudantes, a fim de promover uma educação científica eficiente, com o propósito de formar cidadãos bem informados que tem a capacidade de negociar questões conflitantes para tomadas de decisões conscientes.

Sadler *et al.* (2004) ressaltam a necessidade de modificação no currículo de ciências, mas para eles a mudança curricular requer modificações não somente nas salas de aula do ensino fundamental e médio, mas também nos cursos de licenciatura e nos programas de preparação de professores, porque eles devem ser habilitados para integrar efetivamente NC a QSC em salas de aula.

Pesquisas como as de Wong *et al.* (2011) têm evidenciado que os professores de ciências não apresentam competências pedagógicas para ensinar aspectos de NC atreladas às QSC. Isso porque os cursos de formação inicial e continuada não incentivam os docentes a buscarem abordagens de ensino que facilitem a compreensão dos estudantes sobre NC. Por esse motivo, eles enfrentam restrições e preocupações sobre o *que e como* ensinar NC.

Para esses autores, os professores de ciências podem ser incentivados a realizar investigações científicas em suas aulas, visando proporcionar a aprendizagem do conhecimento científico e a compreensão da natureza evolutiva do conhecimento. Ainda segundo os autores, os professores podem discutir com os estudantes algumas características sobre a ciência como, por exemplo, os âmbitos sociais, políticos e econômico nos quais as práticas científicas estão envolvidas. Outra possibilidade é discutir algumas características acerca das investigações científicas como, por exemplo: testes, controles de variáveis, previsões, hipóteses, inferências e conclusões.

Zeidler *et al.* (2004) também discutem como explorar QSC no ensino de ciências articuladas a NC e argumentação nas salas de aulas. Segundo os autores, os educadores de ciências devem proporcionar aos estudantes uma visão funcional de letramento científico, ou seja, capacitar os estudantes para avaliarem evidências e construir argumentos que envolvam questões culturais, morais e éticas para tomadas de decisões sobre questões científicas.

Diante disso, Zeidler *et al.* (2004) abordam temas relacionados com QSC que podem favorecer uma educação voltada para moralidade dos estudantes, estes são: (i) *Nature of Science Issues*: as orientações epistemológicas sobre NC influenciam os estudantes a avaliar evidências ou conflitos científicos relacionados as questões sociais. A partir disso, os mesmos apresentam visões esclarecidas da ciência e utilizam os conhecimentos científicos para uma tomada de decisão sobre QSC; (ii) *Classroom Discourse Issues stress*: Por meio da argumentação os estudantes desenvolvem visões esclarecidas sobre a ciência para construções do conhecimento social a partir do discurso

sobre QSC e (iii) *Cultural Issues*: valorizam os estudantes como agentes morais que estão envolvidos em ambientes culturais, científicos e tecnológicos, proporcionando o crescimento ético e moral dos estudantes.

Um exemplo do potencial das QSC para abordar NC é fornecido por meio de uma pesquisa realizada por Sadler *et al.* (2004), intitulada *Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue*, na qual esses autores afirmam que investigar NC a partir do contexto de debate sobre aquecimento global proporciona discussões sobre como devem ser interpretados dados científicos, como o desenvolvimento do conhecimento científico pode ser influenciado culturalmente e, por fim, como a falta de evidência pode influenciar nas ideias científicas expressas pelos cientistas. Além disso, eles afirmam que explorar a maneira através da qual os estudantes conceituam a NC usando uma questão sociocientífica como contexto para tomadas de decisão sobre informações conflitantes é um processo relacionado com a compreensão de NC pelos estudantes.

Na pesquisa mencionada, as concepções de NC foram exploradas por questionário e entrevistas abertas, pois segundo Sadler *et al.* (2004) esses instrumentos possibilitam investigar o pensamento dos estudantes sobre NC. Além disso, eles ressaltam que durante um período vários instrumentos quantitativos para medir as concepções de NC foram desenvolvidos com o objetivo de quantificar e analisar estatisticamente a compreensão dos estudantes. Porém, esses instrumentos limitam o acesso das conceituações de NC detalhadas realizadas pelos estudantes. Diante disso, teve-se uma crescente aceitação de metodologias qualitativas que permitiram que os educadores de ciências examinassem mais atentamente as ideias dos estudantes e professores sobre NC sem restrições de instrumentos padronizados.

Diante disso, realçamos a relevância deste TCC em elaborar um questionário que utiliza uma QSC (Organismos Geneticamente Modificados) para explorar as concepções de licenciandos sobre NC, uma vez que ele pode nos possibilitar a compreensão de como estes licenciandos conceituam e utilizam NC em suas tomadas de decisões.

3. METODOLOGIA

A investigação realizada neste TCC consiste em uma abordagem qualitativa pois, de acordo com Bogdan e Biklen (1982) esse tipo de pesquisa “*envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes*” (p. 14). Nesse sentido, a pesquisadora foi imersa no ambiente de coleta de dados visando aplicar o questionário elaborado, cujas respostas são predominantemente descritivas. Além disso, nosso intuito não era de quantificar os aspectos de NC que ficaram mais evidentes de acordo com a nossa perspectiva, mas sim, verificar como os licenciandos compreendem e utilizam esses aspectos de NC para elaborar seu posicionamento mediante ao contexto exposto em cada questão, assim como a maneira que eles utilizam esses conhecimentos para tomada de decisão.

3.1. Elaboração do questionário

Frente ao nosso objetivo de elaborar um questionário para avaliar conhecimentos de NC segundo a perspectiva de Allchin (2011), optamos por desenvolver um instrumento que envolvesse uma questão sociocientífica. Isso porque, este autor destaca que a discussão de casos controversos na comunidade científica, para os quais não existe um consenso, facilitam a contextualização de aspectos de NC, além de estimular o interesse dos estudantes, porque podem estar presentes em suas vivências cotidianas.

Diante disso, para elaboração do questionário, inicialmente realizamos a leitura de algumas pesquisas que utilizam abordagem de questões sociocientíficas (QSC) atreladas ao tema NC. Nesse processo, tivemos acesso as ideias de Sadler *et al.*, (2004) e Zeidler *et al.*, (2005), que afirmam que as QSC possibilitam discussões sobre NC no contexto científico real, favorecendo a argumentação relacionada a questões éticas e morais, além de favorecer o desenvolvimento de visões mais coerentes sobre a ciência, como mencionado na seção 2.4. Diante disso, buscamos possíveis temas que são considerados controversos (conflitantes) na ciência, como por exemplo: desenvolvimento de vacinas e medicamentos, terapia genética, manipulação de células troncos e do genoma em seres vivos, transgênicos², entre outros. Isso foi feito para que escolhêssemos o tema que melhor se adequaria aos objetivos da pesquisa.

² De acordo com a lei 11.105/2005, o OGM é um organismo cujo o material genético tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética (BRASIL, 2005), ou seja, retirando, realocando ou inserindo

Dentre os temas mencionados anteriormente elegemos o tema *Organismos Geneticamente Modificados*. Isso porque, consideramos que esse tema poderia contribuir para expressão de diferentes aspectos de NC de maneira funcional, pois faz parte do cotidiano dos estudantes, bem como da sociedade, e apresenta uma natureza controversa na comunidade científica.

Nesse sentido, ressaltamos a importância de conhecer sobre a tecnologia no processo de modificação genética nos organismos vivos, ou seja, como os cientistas utilizam da tecnologia para modificar geneticamente plantas, hormônios e animais. Essa tecnologia é denominada como tecnologia de DNA (ácido desoxirribonucleico) recombinante, a qual possibilitou romper barreias genéticas entre espécies com maior facilidade do que ocorre na natureza (CARVALHO *et al.*, 2018). Isso porque, a técnica consiste na transferência de fragmentos de DNA derivados de duas ou mais fontes, geralmente de espécies diferentes. Um exemplo da utilização dessa tecnologia é na produção de insulina para tratamento do diabetes (GUALANDI-SIGNORINI; GIORGI, 2001).

Entretanto, o uso dessa tecnologia acarreta preocupações quando está associado a produção de alimentos geneticamente modificados (GM), uma vez que geram discussões sobre os possíveis benefícios e malefícios que eles podem acarretar para a saúde humana, animal e meio ambiente. É importante mencionar que se passaram 20 anos desde o primeiro vegetal GM aprovado para o plantio e ainda existem poucos estudos específicos para sanar os questionamentos levantados sobre o uso desses alimentos. Mesmo os poucos estudos publicados na área podem deixar dúvidas sobre como os cientistas obtiveram os resultados das pesquisas, por isso são necessárias mais investigações (DANIELSEN *et al.*, 2012; PILON-SMITS, 2013; WANG *et al.*, 2014 *apud* CARVALHO *et al.*, 2018).

A natureza controversa do tema OGM também está relacionada ao fato de que ele é marcado por interesses de grupos sociais sobre a tecnologia empregada. Esses interesses podem ocorrer por parte das empresas que utilizam o conhecimento científico com intuito de aumentar a produção de alimentos em um curto intervalo de tempo, muitas vezes sem considerar os riscos envolvidos (CARVALHO *et al.*, 2018). Por esses motivos, consideramos que o tema OGM atenderia aos objetivos do questionário.

novas partes do genoma da espécie. Os transgênicos são um tipo de OGM, pois são produzidos, a partir da inserção de material genético de uma espécie receptora diferente. Logo, todo organismo transgênico é um OGM, mas nem todo OGM é necessariamente um transgênico (GUEDES; QUITÈRIO, 2013).

Logo após a escolha do tema, realizamos uma busca detalhada sobre a temática em periódicos, revistas e reportagens. A partir disso, buscamos selecionar pesquisas e reportagens publicadas em fontes como, por exemplo, G1 globo notícias, BBC Brasil, entre outros. Além disso, após selecionar as reportagens que poderiam compor o questionário, buscamos verificar a validade dos dados apresentados nas mesmas a partir de buscas em periódicos internacionais dos quais as informações científicas foram retiradas (TANG *et al.*, 2009; SÉRALINI *et al.*, 2012). Por fim, selecionamos reportagens que poderiam favorecer a reflexão dos licenciandos sobre alguns aspectos de NC mais evidentes segundo a nossa perspectiva.

Vale a pena ressaltar que optamos por desenvolver um questionário aberto, pois ele proporciona a investigação de um número de questões que nos permitem alcançar as concepções, opiniões, sentimentos e crenças dos participantes da pesquisa de uma maneira mais profunda do que um questionário fechado (GIL, 2008). Nesse sentido, em função do apoio teórico escolhemos um questionário que visa avaliar aspectos de NC segundo a perspectiva de Allchin (2011), acreditamos que o questionário aberto poderia favorecer a nossa compreensão sobre esses aspectos de uma maneira mais profunda se comparado a um questionário fechado. Além disso, nossa opção pela elaboração de um questionário em lugar de outros instrumentos, como a entrevista, por exemplo, ocorreu em função do tempo para elaboração do TCC, uma vez que este instrumento nos permitiu o acesso a uma quantidade significativa de dados em um curto intervalo de tempo.

Diante disso, elaboramos um questionário composto por 4 questões, sendo que as questões 1, 2 e 3 apresentam diferentes reportagens sobre o tema OGM a partir das quais os licenciandos são solicitados a se posicionar frente aos contextos apresentados. Isso foi feito para que os licenciandos pudessem fundamentar suas respostas nos dados que lhes foram apresentados evitando, dessa forma, meras declarações sobre aspectos de NC. Na questão 4, solicitamos mais explicitamente uma tomada de decisão dos licenciandos com o intuito de analisar como eles utilizam os aspectos de NC de uma maneira funcional, como discutido mais detalhadamente na seção 4.1.

Para a elaboração do questionário buscamos atender a alguns critérios considerados importantes por autores como Gil (2008), o qual afirma que a construção do questionário baseia-se em expressar os objetivos da pesquisa em questões específicas. As respostas a essas questões podem propiciar a descrição dos dados obtidos, a fim de caracterizar a população estudada, ou testar hipóteses que foram planejadas durante a pesquisa. O autor

ressalta que a construção do questionário é um procedimento técnico, no qual é preciso atentar-se a uma série de cuidados como: “*constatação de sua eficácia para verificação dos objetivos, determinação da forma e do conteúdo das questões, quantidade e ordenação das questões*” (GIL, 2008, p. 121).

Visando atender a esses aspectos, o questionário elaborado passou por várias reformulações e revisões pelas orientadoras desta pesquisa até que chegasse a versão apresentada na seção 4.1 deste TCC. Isso foi feito com o intuito de assegurar a relevância das informações disponibilizadas nas questões e nos certificar de que elas permitiriam analisar aspectos de NC relevantes, como por exemplo: o papel do financiamento nas pesquisas científicas e suas possíveis relações com os resultados, ética na experimentação com seres humanos, consenso na Ciência e a importância da divulgação científica. Além disso, buscamos nos atentar à quantidade e ordenação das questões para evitar a construção de um questionário extenso.

3.2. Seleção e caracterização da amostra

Nessa pesquisa foi utilizada uma amostra constituída por sete licenciandos do curso de Licenciatura em Química de uma Universidade Pública do sudeste do país. Estes licenciandos cursavam a disciplina Prática de Ensino de Química IV no semestre letivo 2018/1, na qual discute-se, de uma maneira geral, sobre diferentes temas relacionados ao Ensino de Química como, por exemplo: atividades investigativas, experimentação empírica e mental e argumentação.

Estes licenciandos já haviam discutido sobre NC na disciplina Prática de Ensino de Química II no semestre 2017/1. Essa discussão, ocorreu fundamentada, inicialmente, em referenciais teóricos como os textos das autoras Rosária Justi *et al* (2014) e do autor Chagas (2007) que abordavam o potencial de casos históricos no ensino de Ciência para explorar aspectos de Natureza da Ciência (NC). Logo em seguida, foram discutidos os textos Mesquita *et al.* (2008), Komisky *et al.* (2002) e Cachapuz *et al.*, (2005), os quais apresentavam as visões dos estudantes sobre NC, bem como, as visões deformadas sobre o tema. Posteriormente, discutiu-se três capítulos do livro do autor Chalmers (1993), que critica a concepção do senso comum sobre ciência pautada no indutivismo ingênuo. Por fim, discutiu-se o texto do autor Lederman (2006), que ressalta os principais aspectos de NC que devem ser inseridos nos currículos de ciência no ensino básico, como apresentado na seção 2.2 desta pesquisa. Além disso, discutiu-se a tabela de dimensões de

Confiabilidade na Ciência do autor Allchin (2011), a qual apresenta outros aspectos de NC que são relevantes para o ensino de ciência, os quais não estão presentes na lista consensual de Lederman e colaboradores (2006).

Além das discussões teóricas, naquela disciplina os licenciandos elaboraram um plano de aula para introduzir o tema tabela periódica no ensino de Química abordando aspectos de NC. Esse plano de aula foi desenvolvido em um contexto real de sala de aula, em uma escola estadual parceira da instituição. Os licenciandos deveriam discutir os aspectos de NC de forma explícita para que os estudantes do ensino médio compreendessem a relação dos conhecimentos com NC.

Como mencionado anteriormente, no momento da aplicação do questionário, os licenciandos cursavam a disciplina Prática de Ensino de Química IV, na qual haviam vivenciado discussões sobre argumentação no Ensino de Ciências. Essas discussões foram baseadas em referenciais teóricos que discutem a temática e em diferentes atividades argumentativas vivenciadas pelos licenciandos. Entre as atividades argumentativas, uma delas serviu como uma motivação adicional para a escolha da amostra: a participação em um júri simulado sobre o tema Transgênicos. O júri foi realizado em torno da seguinte questão: O governo deve, ou não, financiar pesquisas com alimentos transgênicos? Para a realização dessa atividade, a professora da disciplina disponibilizou aos licenciandos textos e reportagens sobre essa temática para embasar a elaboração de argumentos. A turma foi dividida em três grupos pela professora. Um grupo deveria argumentar favoravelmente ao investimento do governo em pesquisas sobre os transgênicos. Outro grupo deveria defender a posição contrária, isto é, o não investimento do governo nessas pesquisas. Por fim, o terceiro grupo constituía o júri, que ficaria responsável pelo veredito.

Logo após a participação no júri simulado, a professora da disciplina disponibilizou uma aula para os licenciandos responderem o questionário proposto pelas autoras desta pesquisa.

Diante do que foi relatado até aqui, uma das razões para a escolha dessa amostra é o fato de que estes licenciandos apresentavam entendimento tanto sobre NC quanto sobre os transgênicos. Consideramos esta uma característica importante, uma vez a seleção de uma amostra que, possivelmente, apresenta conhecimentos de ambas as temáticas nos possibilitaria estimar o potencial do questionário em avaliar tais aspectos.

3.3. Coleta de dados

Os licenciandos que compuseram a nossa amostra se dispuseram a participar voluntariamente da pesquisa, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que se encontra no anexo 2. Para preservar a identidade dos licenciandos, foram utilizados códigos do tipo Ln, onde a letra L é indicativa de “licenciando” e n, um algarismo natural de 1 e 7.

Como mencionado anteriormente, o questionário foi aplicado no horário da aula de Prática de Ensino de Química IV. O tempo estipulado inicialmente para os licenciandos responderem o questionário era de 50 minutos. Entretanto, nenhum deles conseguiu finalizá-lo nesse tempo, de forma que a maioria gastou o tempo aproximado de 1 hora e 36 minutos.

É válido ressaltar que, nesse período de tempo, os licenciandos não só responderam o questionário, mas também o avaliaram frente a diferentes critérios (anexo 1) como, por exemplo: a clareza das questões e de seus enunciados, o tempo de aplicação, entre outros. O instrumento de avaliação do questionário consiste, predominantemente, em questões fechadas nas quais os licenciandos deveriam assinalar como ótimo, bom, regular ou insuficiente a sua percepção com relação aos critérios mencionados anteriormente. Além disso, esse instrumento apresentava duas questões abertas nas quais os licenciandos eram solicitados a avaliar seus conhecimentos de NC e OGM na elaboração das respostas do questionário.

3.4. Metodologia de análise dos dados

Inicialmente, realizamos a análise por questão, buscando identificar os aspectos de NC expressos pelos licenciandos em cada uma delas e como os licenciandos utilizaram esses aspectos em suas respostas. Nesse processo, buscamos analisar os aspectos de NC que destacamos como relevantes na nossa perspectiva e que ficavam mais evidentes em cada questão (vide seção 4.1), mas também outros possíveis aspectos de NC que foram manifestados nas respostas dos licenciandos. Esse procedimento foi realizado para as questões 1, 2 e 3 do questionário. Desta forma, na seção 4.2.1, por exemplo, apresentamos a análise das respostas da questão 1 do questionário para os setes licenciandos que constituíam nossa amostra. Durante a análise, optamos por transcrever as respostas dos

licenciandos ao questionário para minimizar a subjetividade desta pesquisa e assegurar a transparência na análise dos dados.

A análise da questão 4 do questionário foi feita em conjunto com uma síntese dos conhecimentos de NC expressos pelos licenciandos nas questões anteriores. Inicialmente, transcrevemos os argumentos elaborados por eles para uma tomada de decisão sobre o tema OGM na questão 4. Posteriormente, sintetizamos as compreensões de conhecimentos de NC apresentadas nas questões 1, 2 e 3 para cada licenciando buscando relacionar essas ideias com os aspectos de NC que foram utilizados na questão 4 para a tomada de decisão. Diante disso, analisamos como os licenciandos articularam os conhecimentos de NC expressos no questionário de maneira funcional, ou não, numa tomada de decisão.

Para avaliarmos se os licenciandos apresentaram uma compreensão funcional ou não funcional sobre os aspectos de NC, propusemos critérios de análise de acordo com a perspectiva de Allchin (2011), como mencionado anteriormente na seção 2.3, segundo esse autor, os estudantes devem desenvolver uma compreensão sobre como a ciência funciona com o objetivo de interpretar a confiabilidade das afirmativas científicas. Isso significa que os estudantes devem fazer uma análise bem informada sobre as práticas científicas. Uma análise bem informada requer que os estudantes desenvolvam habilidades analíticas para compreender as afirmativas científicas evitando, desta forma, tirar conclusões precipitadas e pouco fundamentadas cientificamente.

Além disso, os estudantes devem compreender fatores relevantes que moldam a confiabilidade das afirmativas científicas, diante disso, os mesmos devem desenvolver habilidades de reconhecer resultados empíricos relevantes, interpretar dados, gráficos e medidas estatísticas, pensar em controles de variáveis e considerar explicações alternativas para um determinado conhecimento. Portanto, para uma análise bem informada, os estudantes não devem apresentar meras declarações de aspectos de NC desvinculados de exemplos concretos, mas ter habilidades analíticas ou críticas desenvolvidas sobre as práticas científicas.

Os estudantes que estabelecem uma análise bem informada sobre as afirmativas científicas, conseqüentemente, têm uma compreensão funcional sobre as práticas científicas, deste modo, desenvolvem conhecimento prático e culturalmente funcional sobre NC.

Tomando por base as ideias estabelecidas por Allchin (2011), foram construídos os seguintes critérios para análise das respostas dos licenciandos no questionário.

Compreensão de conhecimentos de NC de maneira funcional: (i) Realiza uma análise bem informada sobre as práticas científicas, ou seja, as afirmativas científicas e as práticas relacionadas a elas são criticamente examinadas, evitando a apresentação de conclusões precipitadas; (ii) Interpreta os dados científicos para fundamentar seu posicionamento com evidências; (iii) Evita meras declarações de aspectos de NC.

Compreensão de conhecimento de NC de maneira não funcional: (i) Não realiza uma análise bem informada sobre as práticas científicas, ou seja, as afirmativas científicas e as práticas relacionadas a ela não são criticamente examinadas, apresentando conclusões precipitadas; (ii) Elabora seu posicionamento sem interpretar os dados científicos disponíveis; (iii) Apresenta apenas declarações de aspectos de NC.

Para a avaliação do potencial do questionário buscamos analisar como o instrumento poderia atingir os objetivos para os quais ele foi proposto. Nesse sentido, buscamos também analisar como os licenciandos avaliaram o questionário frente aos diferentes critérios estabelecidos: a clareza das questões e de seus enunciados, o tempo de aplicação, entre outros apresentados no anexo 1. Para isso, elaboramos gráficos indicando a avaliação dos licenciandos para cada um dos critérios.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

4.1. O questionário

Nesta seção apresentamos o questionário que foi desenvolvido e respondido pelos licenciandos, sendo ele um dos resultados dessa pesquisa. Esse questionário consiste em um instrumento que nos permite analisar aspectos de NC segundo a perspectiva de Allchin (2011). Nesse sentido, em lugar de propor questões descontextualizadas que poderiam resultar apenas na expressão de um conhecimento declarativo sobre NC, buscamos elaborar questões contextualizadas para analisar como os licenciandos compreendem NC e utilizam esse conhecimento de maneira funcional na tomada de decisões. Para atingir tal objetivo o questionário passou por uma série de reformulações da proposta original produzida pela autora em função das discussões com as orientadoras dessa pesquisa até se chegar a proposta aqui apresentada.

Para avaliar a compreensão funcional de NC, esperava-se que os licenciandos realizassem uma análise bem informada das afirmativas científicas e das práticas relacionadas a elas, evitando conclusões ou generalizações precipitadas sobre o tema analisado. Para isso, deveriam interpretar os dados científicos para fundamentar seu posicionamento com evidências e evitar meras declarações de aspectos de NC.

Ressaltamos que cada questão do questionário foi elaborada com o objetivo de avaliar determinados aspectos de NC que se mostravam mais evidentes em nossa perspectiva, conforme explicitado a seguir. Entretanto, consideramos que outros aspectos de NC podem ser explicitados pelos licenciandos ao responderem as questões. Ressaltamos também que, nesta seção, propusemos possíveis respostas para cada questão do questionário com a finalidade de explicitar quais eram os objetivos das mesmas. Isso nos permitiu analisar se as respostas dos licenciandos estavam de acordo com os objetivos pré-determinados para as questões em termos dos aspectos de NC expressos e de sua utilização em uma perspectiva funcional.

Questão 1:

Um estudo publicado pela revista *Food and Chemical Toxicology* (Toxicologia Alimentar e Química) afirma que os ratos alimentados com organismos geneticamente modificados (OGM) têm morte precoce e sofrem de câncer com mais frequência. O

professor Gilles-Eric Seralini (um dos autores do estudo citado) da Universidade de Caen (noroeste da França), realizou uma pesquisa com 200 ratos que foram alimentados durante um prazo máximo de dois anos de três maneiras distintas: (i) apenas com milho OGM NK603; (ii) com milho OGM NK603 tratado com Roundup (herbicida); e (iii) com milho não alterado geneticamente tratado com Roundup. Os resultados revelaram que o primeiro rato macho alimentado apenas com milho OGM NK603; não tratado com Roundup, morreu um ano antes do rato indicador (que não se alimenta com OGM), enquanto a primeira fêmea, oito meses antes. Os tumores na pele e nos rins apareceram nos machos até 600 dias antes de surgirem nos ratos indicadores. No caso das fêmeas, os tumores nas glândulas mamárias apareceram, em média, 94 dias antes naquelas alimentadas com OGM. O estudo também revelou que OGM tratado com herbicida aumentou 2,5 vezes mais tumores mamário.

Segundo Seralini, os efeitos do milho OGM NK603 só foram analisados até agora em períodos de três meses. Alguns OGM já foram analisados durante três anos, mas nunca até agora com uma análise em tal profundidade. Esse estudo publicado na revista *Food and Chemical Toxicology* foi financiado pela Fundação CERES, bancada em parte por cerca de 50 empresas, algumas delas do setor da alimentação que não produzem OGM, assim como pela fundação Charles Leopold Meyer pelo Progresso da Humanidade.

(Fontes consultadas: <http://ultimosegundo.ig.com.br/ciencia/2012-09-19/estudo-revela-toxicidade-alarmante-dos-transgenicos-para-os-ratos.html>; <http://cib.org.br/comunidade-cientifica-contesta-estudo-que-relaciona-alimentos-transgenicos-a-cancer/>)

a) Com base nesse relato do estudo, é possível relacionar os dados obtidos e o financiamento da pesquisa? Se sim, como? Se não, por quê?

b) Nesse contexto, como você avalia a parcialidade da pesquisa? Em outras palavras, a pesquisa ocorreu sem influência de fatores externos ou tais fatores podem ter influenciado na realização da mesma? Justifique.

c) Alguns cientistas refutam os dados desse estudo, dizendo que a linhagem de ratos que é utilizada na pesquisa sofre tumores de mama facilmente, especialmente quando recebem alimentos ilimitadamente ou contaminados. Com base nessa informação, como você avalia a metodologia utilizada no estudo

citado? Existe alguma relação entre a metodologia utilizada para se chegar aos resultados alcançados e os interesses do pesquisador? Justifique.

Para essa questão, compreende-se a utilização de conhecimentos de NC de maneira funcional quando os licenciandos analisam os dados apresentados no texto para fundamentar seu posicionamento com evidências e, posteriormente, tomam uma decisão bem fundamentada. Para isso, os mesmos devem compreender que as práticas científicas necessitam de financiamento. Esse financiamento pode partir de empresas e fundações que têm interesses similares sobre a pesquisa, como apresentado no texto (recorte das pesquisas sobre a temática OGM). Por esse motivo, pode existir relação direta com os objetivos, metodologias e resultados das pesquisas. Assim, as pesquisas não são totalmente imparciais, pois podem sofrer influências de fatores externos à ciência (econômico, políticos, sociais, religiosos).

Entretanto, eles devem ponderar que, no contexto apresentado, não é possível afirmar que existe relação entre os dados obtidos na pesquisa com o órgão que a financiou. Isso porque a metodologia adotada pelos cientistas parece suficiente para demonstrar os riscos de consumir alimentos geneticamente modificados, pois ela apresenta controles de variáveis essenciais para realização do experimento, como por exemplo: os estudos foram conduzidos durante um tempo considerável de dois anos, os ratos eram machos e fêmeas e foram sujeitos há vários tipos de alimentação para obter resultados que evidenciam que o consumo desses alimentos de fato pode trazer riscos à saúde humana. Deste modo, há indícios de que os dados científicos apresentados na pesquisa podem ser confiáveis e que, aparentemente não foram comprometidos.

Diante disso, os licenciandos devem analisar até que ponto a parcialidade na ciência pode interferir na credibilidade das pesquisas científicas e, em particular, na credibilidade da pesquisa apresentada no contexto desta questão. Isso porque, segundo Allchin (2011), uma compreensão funcional de NC requer o desenvolvimento de habilidades de analisar a credibilidade, além de compreender como as práticas científicas contribuem para essa credibilidade.

Consideramos uma análise bem informada sobre as práticas científicas, os licenciandos que analisaram criticamente todo o contexto exposto para chegar a conclusões bem fundamentadas que demonstram existir, ou não, relação entre a pesquisa e o financiamento. Nesse sentido, uma análise bem informada requer que os licenciandos

evitem apenas declarações pouco fundamentadas como, por exemplo, afirmações de que os dados científicos não são confiáveis, pois existem interesses particulares pelo órgão que financiou a pesquisa, quando o texto não traz informações suficientes para se chegar a tal conclusão.

Diante disso, consideramos que os licenciandos que responderam a questão sem uma análise crítica das afirmativas científicas e apenas apresentaram conclusões precipitadas sobre o contexto exposto e, como consequência, tomaram uma decisão pouco fundamentada com relação a este aspecto, demonstram uma compressão de conhecimentos de NC de maneira não funcional.

Questão 2:

Uma denúncia realizada pela Greenpeace (organização não-governamental – ONG - que atua para defender o meio ambiente, inspirando mudanças de atitude) acusou uma instituição americana de alimentar crianças chinesas com arroz geneticamente modificado. As autoridades chinesas iniciaram uma investigação para verificar se mais de 20 crianças foram alimentadas com arroz geneticamente modificado e utilizadas como cobaias em estudos de cientistas da China e dos Estados Unidos, informou a agência oficial Xinhua. Em um comunicado publicado em agosto, a Greenpeace afirma que o arroz geneticamente modificado foi utilizado para reduzir as carências de vitamina A e para alimentar 24 crianças de seis a oito anos em 2008. Segundo a Greenpeace, os cientistas americanos envolvidos são ligados a um centro para a alimentação da Universidade de Tufts, em Boston. A agência oficial de Xinhua afirma não ter autorizado ou participado nos testes clínicos, e que a publicação de um artigo sobre as pesquisas em um periódico especializado americano, o *American Journal of Clinical Nutrition* (Jornal de Nutrição Clínica), também não foi submetida à aprovação do ministério chinês da Saúde. A Greenpeace lamenta dizendo que é incrivelmente perturbador pensar que um organismo de pesquisa americano utilizou crianças chinesas como cobaias para alimentos geneticamente modificados. Mas, os defensores do arroz geneticamente modificados, afirmam que o produto poderia reduzir a mortalidade infantil com a vitamina A às crianças com carência nutricional.

(Fontes consultadas: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2012/09/china-investigacao-criancas-como-cobaias-com-arroz-transgenico.html>)

- a) A denúncia realizada pela Greenpeace ilustra um avanço significativo na ciência que busca alternativas para erradicar a fome e a carência nutricional**

da população, com a utilização de arroz geneticamente modificado. Se há esse benefício para a população, qual o motivo da preocupação do ministério chinês quanto ao consumo do arroz?

b) Nesse contexto, você considera que os possíveis benefícios sociais advindos do consumo do arroz geneticamente modificado justificam a utilização de seres humanos como cobaias nas pesquisas? Justifique.

Nessa questão os licenciandos deveriam se posicionar considerando as informações apresentadas no texto, isso significa que os mesmos deveriam refletir sobre a denúncia apresentada pela Greenpeace acusando uma instituição americana de alimentar crianças com arroz geneticamente modificado e utilizá-las como cobaias em estudos pelos cientistas. Dessa forma, os licenciandos deveriam analisar se o método utilizado no estudo estava de acordo com os princípios de ética na pesquisa envolvendo seres humanos.

Pensando nisso, para uma compreensão funcional de NC, nessa questão, espera-se que os licenciandos percebam que a preocupação do ministério chinês é a utilização de crianças como cobaias para o desenvolvimento da pesquisa e utilizem essa informação para fundamentar suas decisões. Isto pode demonstrar que existem cientistas que desenvolvem pesquisas indevidamente, sem apreciação e aprovação do comitê de Ética. Portanto, nesse contexto, não foram resguardados a dignidade, os direitos, o bem-estar dos sujeitos envolvidos nessa pesquisa, mesmo que os cientistas aleguem que o arroz geneticamente modificado pode trazer benefícios para população. Além disso, não se sabe ao certo quais são os possíveis efeitos adversos de consumir o arroz geneticamente modificado.

Os licenciandos também devem destacar que as pesquisas científicas que utilizam experimentação com seres humanos devem estar de acordo com o devido comitê de pesquisa, e esses seres humanos devem estar cientes da pesquisa (suas condições, objetivos, possíveis malefícios e benefícios). Logo, no contexto descrito, não se justifica utilizar crianças como cobaias para o avanço na ciência.

Diante disso, consideramos que apresentaram uma compreensão não funcional de conhecimentos de NC, os licenciandos que não analisaram criticamente a denúncia realizada pela Greenpeace e não conseguiram evidenciar que o método adotado pelos cientistas não estava de acordo com o comitê de Ética na pesquisa. Logo, os mesmos não compreendem a importância da aprovação desse comitê nas práticas científicas. Isso pode levar os licenciandos a acreditarem que utilizar esse tipo de método na pesquisa é

justificável quando se apresenta um avanço significativo na ciência.
--

Questão 3:

Uma publicação da revista BBC Brasil afirma que os alimentos geneticamente modificados disponíveis no mercado internacional não representam maiores riscos à saúde do que os riscos apresentados por alimentos obtidos através de técnicas tradicionais de cruzamento agrícola. Essa é a posição de entidades como a Organização Mundial da Saúde (OMS), a Organização das Nações Unidas para Alimentação e para Agricultura (FAO), o Comissariado Europeu para Pesquisa, Inovação e Ciência e várias das principais academias de ciência do mundo. Segundo a OMS, não foi encontrado nenhum efeito sobre a saúde resultante do consumo de alimentos geneticamente modificados (GM). A comissão Europeia, reforçou essa posição quando divulgou, o resultado de quase uma década de análise de 50 projetos de pesquisas financiadas pela União Europeia sobre a segurança dos alimentos GMs para saúde humana, animal e do meio ambiente. Segundo o documento, alimentos GMs “não oferecem risco maior à saúde humana e animal ou ao meio ambiente do que plantas ou organismos convencionais”. O responsável pelo laboratório de engenharia genética da Embrapa, Francisco Aragão, afirma que existe um consenso na comunidade científica de que os métodos de avaliação são suficientemente robustos para demonstrar a segurança ou não desses produtos. Aragão, argumenta que os protocolos de biossegurança em vigor, baseados em análises de caracterização molecular e comparações de DNA de plantas modificadas com o material genético de plantas não modificadas da mesma espécie, “são tão confiáveis quanto os protocolos para análise de qualquer outro alimento”.

(Fonte consultada:

http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/02/130207_transgenicos_seguranca_tp)

- a) Na publicação realizada na revista BBC Brasil, Aragão afirmou que existe consenso na comunidade científica com relação aos métodos de avaliação utilizados para demonstrar a segurança ou riscos dos alimentos GM. Nesse contexto, você considera que realmente há um consenso em torno desta questão? Justifique.**

b) Em sua opinião é possível chegar em um consenso na ciência? Qual o papel da divulgação científica na busca do consenso na ciência?

Nessa questão os licenciandos deveriam se posicionar se existe, ou não, um consenso na comunidade científica em torno dos métodos de avaliação utilizados para garantir a segurança ou riscos dos alimentos geneticamente modificados. Diante disso, os licenciandos deveriam buscar evidências no texto que demonstram que é possível existir um relativo consenso da comunidade científica no contexto apresentado, pois foram divulgados resultados de 50 projetos que evidenciam que esses alimentos não oferecem riscos à saúde humana, animal e ao meio ambiente.

No que se refere ao papel da divulgação científica na busca por consenso na ciência, estamos nos referindo ao que Antônio Pasquali (1978) *apud* José Baldinato (2009) denominou disseminação do conhecimento científico, isto é, a difusão do conhecimento científico aos especialistas, ou seja, membros da comunidade científica de diversas áreas de conhecimentos.

As pesquisas científicas para serem divulgadas para a sociedade devem passar por uma revisão por pares, isso indica que as mesmas são avaliadas por uma comunidade científica que entra em um consenso, para afirmar que as pesquisas são relevantes para ciência e estão em conformidade com os aspectos éticos na pesquisa (NIELSEN, 2012).

Portando, nessa questão, compreendemos que os licenciandos utilizaram conhecimentos de NC de maneira funcional, quando eles analisaram as informações contidas no texto que demonstravam existir um consenso na comunidade científica em torno dos métodos de avaliação utilizados pelos cientistas para garantir a segurança ou riscos de consumir alimentos geneticamente modificados e utilizaram essas informações para tomar suas decisões. Para justificar a existência desse consenso, os licenciandos poderiam enfatizar que foram divulgados 50 projetos científicos que evidenciam que esses alimentos não oferecem riscos para a saúde humana, animal e ao meio ambiente.

Espera-se que os licenciandos reconheçam que, para serem divulgadas, as pesquisas científicas devem passar por uma revisão por pares visando assegurar a relevância e a confiabilidade das mesmas. Além disso, algo importante a ser destacado pelos licenciandos é a importância da ciência buscar por um consenso para consolidar leis e teorias que são relevantes para seu desenvolvimento. Nesse processo, a divulgação científica é

fundamental para alcançar tal consenso (BALDINATO, 2009).

Diante disso, consideramos que os licenciandos que não evidenciaram que existe um relativo consenso da comunidade científica no contexto exposto e não conseguiram justificar essa afirmação utilizando as evidências apresentadas no texto apresentaram uma compreensão não funcional sobre esses aspectos de NC. Essa compreensão não funcional também evidencia-se nos casos em que os licenciandos não conseguiram relacionar a importância da divulgação científica para alcançar o consenso na ciência, e partiram do pressuposto de que não existe um consenso sobre a temática OGM sem analisarem o contexto.

Questão 4:

O presidente de um país está em dúvida sobre a liberação ou não do plantio de alimentos geneticamente modificado. De um lado, ele se encontra pressionado devido ao crescimento populacional e conseqüentemente a necessidade de se produzir mais alimentos. Por outro lado, ele desconhece se de fato tais produtos trazem riscos ou benefícios para a saúde da população e o meio ambiente. Suponha que você foi contratado para pesquisar e apresentar ao presidente razões para subsidiar sua tomada de decisão. Apresente sua argumentação.

Nessa questão os licenciandos deveriam apresentar argumentos que embasassem a tomada de decisão sobre a liberação ou não do plantio de alimentos geneticamente modificados. Para isso, eles poderiam utilizar os estudos científicos apresentados nas questões anteriores para fundamentar sua decisão.

A partir da resposta dos licenciandos a esta questão, analisamos como eles compreendem e utilizam conhecimentos de NC de maneira funcional, para uma tomada de decisão consciente sobre o caso contemporâneo descrito na questão.

Segundo Allchin (2011), existe um consenso entre os pesquisadores de que os estudantes devem ser instruídos sobre NC, mas na perspectiva deste autor, essa instrução não deve restringir-se à mera aprendizagem declarativa sobre aspectos de NC. Ao contrário disso, é necessário “*engajar esses estudantes na resolução de problemas e na tomada de decisões em estudos de caso contextualmente ricos*” (ALLCHIN, 2011, p.3).

4.2. Análise das respostas dos licenciando ao questionário

Nesta seção, discutimos as ideias apresentadas pelos licenciandos em resposta às questões do questionário. Assim, nas subseções 5.5.1, 5.2.2 e 5.2.3 é feita uma análise por questão visando analisar como os licenciandos utilizaram e compreenderam os aspectos de NC mais evidentes em cada uma delas, bem como, outros aspectos de NC explicitados por eles. Na subseção 5.2.4 apresentamos uma síntese das ideias de cada licenciando apresentadas nas questões analisadas anteriormente, buscando estabelecer um paralelo entre essas ideias e os argumentos elaborados pelos licenciandos na tomada de decisão sobre a temática OGM na questão 4. Como mencionado, a análise das respostas foi feita de acordo com os critérios elaborados pelas autoras desta pesquisa, tomando como base a perspectiva de Allchin (2011), abordados em 5.1.

4.2.1. Questão 1

Licenciando 1 (L1):

Nessa questão, quando foi solicitado a se posicionar sobre a existência de uma relação entre os dados obtidos na pesquisa com o financiamento, L1 expressa que:

“Sim, os resultados dos estudos sobre o milho (OGM) nos demonstram como o milho (OGM) pode ser prejudicial e quem financia esta pesquisa é a fundação CERES que é bancada por algumas empresas do ramo alimentício que não produzem OGM. Dessa forma há um interesse para esta fundação financiar a pesquisa que fornece dados sobre o uso de OGM que podem vir a ser prejudiciais”.

Ao analisar a resposta do licenciando percebemos que ele acredita que existe uma relação entre os dados obtidos na pesquisa com o financiamento, pois as empresas do ramo alimentício que não produzem OGM têm interesses em financiar pesquisas que evidenciem que a utilização de OGM pode ser prejudicial à saúde. Nesse sentido, L1 parece acreditar que, no contexto descrito, pode existir um grau elevado de parcialidade, como fica evidente no trecho apresentado a seguir:

“Devido à fundação Ceres, financiadora da pesquisa, ser bancada por algumas empresas do ramo alimentício que não produzem OGM, pode ser que ela influencie na pesquisa, já que os resultados podem ser de seu interesse para a maior produção de alimentos que não são modificados”.

Para L1, as empresas podem influenciar a pesquisa para obter resultados de acordo com seus interesses, garantindo assim, o aumento da produção de alimentos que não são OGM. Diante disso, podemos constatar que L1 parece compreender que fatores externos à ciência podem, em um determinado contexto, influenciar os resultados da pesquisa

Porém, como discutido anteriormente, no contexto descrito não é possível afirmar que os dados obtidos na pesquisa têm relação com o financiamento. Entretanto, essa ideia parece não ter sido considerada por L1, uma vez que ele afirmou em seu questionário que a metodologia utilizada nos estudos pode ter sido influenciada pelos financiadores, como evidenciado no trecho a seguir:

“A metodologia utilizada poderia ser melhorada fazendo, por exemplo, a pesquisa com outras linhagens de ratos. Devido à informação fornecida, pode ser que a metodologia feita foi utilizada para alcançar resultados que fossem mais satisfatórios de acordo com os interesses do pesquisador já que a linhagem de ratos utilizados tem uma predisposição ao câncer”.

A partir dessa afirmação, L1 considera que a metodologia adotada pelos cientistas deve ser melhorada, envolvendo novos testes com outras linhagens de rato, considerando as críticas de que a linhagem de ratos utilizada no estudo pode sofrer tumor facilmente. Contudo, não foram apresentadas evidências no texto da questão que sustentem essa crítica, o que nos levou a considerar que L1 tirou uma conclusão precipitada ao aceitar essa ideia sem uma fundamentação científica que a respaldasse.

Segundo Zeidler *et. al.*, 2009, opiniões emitidas sem o respaldo de evidências consistem em crenças pessoais, as quais tendem a influenciar a tomada decisão dos sujeitos. Diante disso, nos parece que a resposta de L1 reflete um ponto de vista pessoal no contexto exposto, pois como mencionado anteriormente, não foram apresentadas evidências que suportam sua afirmação. Nesse sentido, as discussões realizadas sobre a temática na disciplina Práticas de Ensino IV podem ter contribuído para que este licenciando elaborasse uma opinião pessoal acerca dos OGM, a qual pode ter influenciado seu posicionamento.

Além disso, ele não considerou que a metodologia utilizada no estudo apresentou vários controles de variáveis como, por exemplo: os ratos utilizados como amostra eram machos e fêmeas; os ratos foram alimentados de três maneiras diferentes e o período de análise considerável de 2 anos, que são variáveis essenciais na realização de um experimento.

Diante disso, somos levadas a acreditar que L1 não realizou uma análise bem informada das afirmativas científicas apresentadas no texto, pois ele tirou conclusões precipitadas do contexto exposto, sem analisar criticamente todos os dados científicos disponíveis.

Licenciando 2 (L2):

Nessa questão, L2 deveria se posicionar em relação aos dados obtidos na pesquisa e o financiamento, diante disso, ele expressa que:

“O fato de a pesquisa ter sido financiada por empresas pode ter influenciado na neutralidade da pesquisa feita pelo cientista. Os indícios que mostram isso é o período de análise do experimento que durou apenas três meses, embora tenha considerado outras variáveis em relação a outros estudos sobre OGM. Fica evidente que os dados podem ter sido manipulados a favor das empresas, já que elas não produzem OGM”.

Ao analisarmos a resposta do L2 percebemos que, assim como L1, ele acredita que o financiamento pode influenciar a pesquisa realizada pelo cientista. O trecho apresentado nos dá indícios de que L2 compreendeu as informações provenientes do texto de maneira equivocada, uma vez que ele considera que o período de análise do experimento não foi suficiente, pois teve uma duração de três meses, quando, na verdade, o período de análise do experimento foi de aproximadamente dois anos.

Acreditamos que entre as possíveis razões que levaram L2 a essa interpretação equivocada, uma delas pode estar relacionada com a redação dessa questão, na qual enfatizamos a justificativa apresentada pelo cientista sobre o diferencial do período de análise da sua pesquisa em relação as outras pesquisas realizadas no mesmo ramo. Isto é, a informação de que, segundo Seralini, os efeitos do milho OGM NK603 só haviam sido analisados (em outras pesquisas) em períodos de três meses e que o diferencial da sua pesquisa é o fato de que o período de análise durou cerca de dois anos. Contudo, essas ideias parecem não ter sido compreendidas por L2.

Essa compreensão inadequada parece ter contribuído para que L2 tirasse conclusões precipitadas em relação aos dados obtidos na pesquisa e o financiamento realizado pela empresa, como evidencia o trecho a seguir:

“A pesquisa foi influenciada pelos interesses das empresas que financiaram a pesquisa. Elas estariam interessadas em dados que fossem contra os OGMs para se beneficiarem, já que produzem alimentos não modificados”.

Diante das ideias apresentadas por L2, é possível perceber que ele compreende que fatores externos à ciência podem influenciar na pesquisa científica conferindo à mesma certa parcialidade. Porém, no contexto exposto, não há informações suficientes que demonstram que essas empresas que não produzem OGM influenciaram os resultados obtidos na pesquisa.

Acreditamos que esse posicionamento de L2 pode ter sido influenciado pela sua compreensão de que a pesquisa durou apenas três meses, pois ele afirma que os dados obtidos na pesquisa foram manipulados pelas empresas que a financiaram. Nesse sentido, frente às ideias apresentadas, somos levadas a acreditar que L2 não realizou uma análise bem informada sobre as afirmativas científicas neste momento, pois não conseguiu interpretar corretamente as informações apresentadas no texto e isso culminou na elaboração de conclusões precipitadas sobre a prática científica.

Entretanto, ao considerarmos que L2 interpretou o período de análise como insuficiente para realização do experimento (ainda que ele tenha interpretado que tais experimentos ocorreram apenas durante três meses), subtende-se que ele compreende a necessidade de controles de variáveis nas práticas científicas.

No que diz respeito à metodologia adotada pelos cientistas, L2 expõe que:

“Aparentemente, a metodologia utilizada no experimento é satisfatória, mas deve-se analisar no estudo feito pelo cientista, se o mesmo descreve a espécie dos ratos utilizados no experimento. Caso os ratos sejam de uma linhagem, como dito acima, a validade da pesquisa fica comprometida e mais uma vez fica nítido os interesses do pesquisador sobre os resultados da pesquisa”.

Ao analisarmos a resposta de L2 percebemos que ele acredita que a metodologia utilizada pelo cientista foi satisfatória para a realização do experimento, mas é necessário analisar se a espécie de ratos utilizados na pesquisa foi descrita. Caso esses ratos fossem de uma linhagem que têm predisposição para tumores, como explicitado na questão, isso poderia comprometer a validade da pesquisa em função dos interesses dos pesquisadores sobre os resultados obtidos na pesquisa.

De acordo com Allchin (2011), uma análise bem informada requer a compreensão de que as evidências em um determinado contexto da ciência podem ser derivadas de experimentos e observações. Nesses casos, é importante compreender também a necessidade de controles de variáveis na aplicação de um experimento laboratorial ou trabalho de campo. Diante das ideias deste autor, acreditamos que L2 realizou uma análise bem informada em relação à metodologia adotada pelos cientistas, pois ele afirma que aparentemente a metodologia foi apropriada para o experimento, o que nos leva a acreditar que ele reconhece a importância de controles de variáveis na realização do mesmo.

Portanto, percebemos que o L2 foi capaz de realizar, em alguns momentos, uma análise bem informada das afirmativas científicas, principalmente no que concerne à metodologia adotada na pesquisa ainda que, inicialmente, ele tenha interpretado de

maneira equivocada o período de tempo para realização dos experimentos. Além disso, ele apresentou conclusões a partir da sua interpretação das informações contidas no texto, o que o levou a evidenciar no seu posicionamento uma possível relação entre os dados obtidos e o financiamento da pesquisa.

Licenciando 3 (L3):

Para responder essa questão, o licenciando deveria ponderar se existe, ou não, uma relação entre os dados obtidos na pesquisa e o financiamento, a partir dessa solicitação L3 afirmou que:

“Acredito que os dados são confiáveis, pois foram feitos testes e estudos em uma amostragem grande (cerca de 200 ratos entre eles fêmea e macho), todos apresentando resultados negativos, entretanto o período da pesquisa feita pelo pesquisador para afirmar os efeitos do milho OGM NK603 ainda é pouco (3 meses) precisa de mais dados para avaliar sobre o financiamento desta pesquisa”.

O trecho apresentado anteriormente nos dá indícios de que L3 realizou uma análise bem informada ao ponderar que as informações apresentadas no texto são insuficientes para avaliar se os dados obtidos na pesquisa têm relação com o financiamento. Isso porque, para ele os dados são confiáveis, pois os cientistas realizaram testes e estudos com uma amostragem grande de ratos e todos apresentaram resultados negativos.

Segundo Sadler *et al.* (2004), se os estudantes identificam e explicam seu posicionamento com base em dados científicos, isso significa que eles percebem que o conhecimento científico tem base empírica. Diante disso, fica evidente que eles compreendem como são constituídos os dados científicos e, em um determinado contexto da ciência, conseguem empregá-los para fundamentar seus posicionamentos com evidências. Esses são indícios de que os estudantes conseguem expressar que o conhecimento científico é baseado em evidências empíricas. Com base nas ideias dos autores, acreditamos que L3 parece compreender a natureza empírica da ciência, pois em resposta ao questionário, ele afirma que os dados científicos são confiáveis, justificando que foram realizados testes e estudos com uma amostra consideravelmente grande de ratos. Portanto, podemos concluir que nesse momento, L3 demonstrou uma compreensão funcional de conhecimentos de NC, no que se refere ao caráter empírico da ciência.

Entretanto, de forma similar a L2, L3 interpretou que o estudo foi realizado no período de análise de três meses, o que não foi suficiente para demonstrar os efeitos do

milho OGM NK603 indicando a necessidade de mais dados para avaliar sobre a influência do financiamento nessa pesquisa.

O fato desses licenciandos terem interpretado de maneira equivocada as informações relacionadas ao período de tempo do estudo apresentado na questão 1, nos fornece indícios de que talvez essa questão necessite de uma reformulação visando elucidar tais informações. Essa reformulação será apresentada na seção 4.4 deste TCC.

Entretanto, essa interpretação inadequada parece não ter influenciado no posicionamento de L3, uma vez que ele considerou que a amostragem dos ratos foi satisfatória para realização do experimento e, devido a isso, ele ponderou seu posicionamento em relação aos dados obtidos na pesquisa com o financiamento. Diante disso, subentende-se que ele compreende a importância de controles de variáveis como, por exemplo, a amostragem de ratos e o período de análise na realização do experimento.

No que se refere à influência do financiamento na pesquisa, L3 expressa que:

“A pesquisa foi financiada por várias empresas sendo algumas delas contra o uso de OGM. A divulgação desses resultados pode favorecer algumas dessas empresas. Por exemplo, não foram apresentados resultados utilizando o milho não alterado com o herbicida (III) desta forma pode haver interesses particulares que podem sim influenciar na pesquisa”.

Ao analisarmos a resposta do L3, percebemos que ele não descarta a possibilidade de influências dos interesses particulares das empresas na pesquisa apresentada, pois não foram apresentados resultados sobre o milho não alterado tratado com herbicidas, algo que para ele pode indicar que a divulgação dos resultados pode favorecer algumas empresas. Autores como Erduran e Mugaloglu (2013) *apud* Almeida (2015), salientam que o conhecimento científico muitas vezes pode estar associado a interesses econômicos e de acordo com os objetivos e necessidades do governo ou das empresas. Para esses autores, uma compreensão ampla acerca de NC inclui, portanto, o reconhecimento de tais aspectos. Frente a essas ideias, consideramos que L3 compreende a existência de influências externas à ciência que podem interferir nos objetivos, metodologias e resultados das pesquisas científicas, indicando que as práticas científicas, em um determinado contexto, podem ser parciais.

Entretanto, para L3 não é possível afirmar que essa influência realmente ocorreu, uma vez que a metodologia utilizada foi satisfatória. Isso fica evidente no trecho abaixo, quando L3 ressalta que para invalidar os resultados da pesquisa são necessárias novas evidências que sejam capazes de refutar tais dados:

“Para alguns cientistas refutarem eles têm que apresentar dados científicos sobre a linhagem dos ratos, e que possam comprovar tais interesses de certas empresas. Caso contrário as pesquisas e a metodologia utilizada são verídicas”.

Diante do exposto, fica evidente que, para L3, a metodologia utilizada não está diretamente relacionada com os interesses dos pesquisadores, pois as afirmações realizadas por outros cientistas não apresentam dados científicos que comprovem que a linhagem de ratos utilizada na pesquisa tem predisposição a tumores. Dessa forma, é necessário que pesquisas científicas similares sejam realizadas para obter dados científicos suficientes para evidenciar que a linhagem de ratos utilizada na pesquisa não é apropriada.

De acordo com Smith e Scharmann (1999), a compreensão sobre NC requer que os estudantes saibam diferenciar as características que tornam algo mais científico daquelas que tornam algo menos científico. Logo, eles devem compreender que a ciência é testável, isso significa que são realizados experimentos para produzir dados que apoiem ou refutem uma afirmação científica. Diante disso, fica evidente que L3 parece compreender que as evidências são importantes para tornar algo mais científico.

Licenciando 4 (L4):

Nessa questão, L4 expõe que existe uma relação entre os dados obtidos na pesquisa com o financiamento ao expressar em resposta à primeira questão:

“Sim. Uma vez que algumas empresas que financiaram estas pesquisas são do setor da alimentação e não produzem organismos geneticamente modificados, possivelmente, este fator teve influência sobre os dados obtidos. Geralmente as pesquisas científicas são financiadas com base nos interesses (sejam estes dos âmbitos: econômicos, sociais, políticos e religiosos) e os dados fornecidos pelas empresas apresentam relações diretas sobre esses interesses”.

A partir dessa resposta, percebemos que, apesar de reconhecer a influência de fatores externos à ciência nas pesquisas científicas, L4 não analisou criticamente todos os dados científicos apresentados no texto para fundamentar seu posicionamento com evidências, uma vez que ele desconsiderou a metodologia adotada pelos cientistas para obtenção dos resultados. Por isso, ele parece acreditar que os resultados obtidos na pesquisa podem ter relação direta com o financiamento, o que nos parece uma conclusão precipitada sobre o contexto apresentado frente aos dados disponíveis. Em outras palavras, L4 apresentou meras declarações de aspectos de NC sobre o contexto como, por exemplo, a influência do financiamento na pesquisa científica.

É possível evidenciar isso, quando L4 expressa que a pesquisa foi financiada por empresas que não produzem OGM, diante disso, ele acredita que esse fator contribuiu para a divulgação dos dados da pesquisa, como expresso no trecho a seguir:

“Os fatores externos influenciaram na realização da pesquisa. Conforme dito anteriormente, os pesquisadores que realizaram esse estudo foram financiados por empresas que são contra a utilização de organismos geneticamente modificados, e isso pode ter contribuído diretamente para a divulgação dos dados. Contudo, admitindo-se esta posição, considera-se que os pesquisadores “corromperam” os resultados das pesquisas baseando-se em seus interesses particulares”.

Nessa situação, percebemos novamente que L4 compreende que fatores externos podem influenciar as pesquisas científicas. Isso evidencia que ele compreende que as práticas científicas podem ser parciais em um determinado contexto. Algo importante a ser levado em consideração é o fato de que, para se chegar à conclusão que essa parcialidade realmente influenciou em um determinado contexto, é necessário analisar os dados disponíveis. Nesse sentido, a análise das provas frente a diferentes critérios (por exemplo: confiabilidade, suficiência e especificidade) é essencial para avaliar uma determinada proposição (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010). Segundo Jiménez-Aleixandre (2010), aprender ciência supõe aprender a construir e a avaliar explicações baseadas em evidências. Além disso, a avaliação de evidências contribui para analisar a confiabilidade das pesquisas científicas.

Contudo, pelos resultados apresentados até o momento fica evidente que L4, assim como seus colegas L1 e L2 parece não ter analisado criticamente os dados que lhes foram apresentados, pois ele acredita que, no contexto exposto, os resultados da pesquisa foram corrompidos pelos cientistas, ainda que os dados disponíveis não sejam suficientes para provar tal suposição.

No que se refere a metodologia adotada pelos cientistas e a informação explicitada na questão, L4 expõe que:

“A partir dessa informação é possível concluir que a metodologia utilizada é limitada, uma vez que utiliza uma linhagem de ratos que sofre tumores de mama facilmente. Seria interessante para a pesquisa a utilização de uma linhagem de ratos mais resistentes, por exemplo, afim de se comparar os resultados obtidos. Dessa forma é possível concluir também que os pesquisadores utilizam as metodologias que lhes convém para atingirem os resultados desejados e seus interesses de pesquisa”.

De acordo com a resposta de L4, se considerarmos que a linhagem de ratos utilizada tem predisposição a sofrer tumores facilmente, pode-se considerar que a

metodologia adotada pelos cientistas é limitada. Indicando que ela foi utilizada para alcançar os resultados de acordo com os interesses dos pesquisadores. Diante disso, L4 acredita que deveria ser utilizada uma linhagem de ratos mais resistentes para comparar os resultados obtidos com os resultados da pesquisa.

Entretanto, L4 não considerou a falta de evidências para apoiar a afirmativa de que a linhagem de ratos utilizada nos experimentos sofre tumor facilmente, o que nos leva a acreditar que ele tomou uma decisão precipitada. Além disso, o licenciando não levou em consideração outros aspectos metodológicos importantes que contribuem para a validade da pesquisa, como o número significativo de ratos utilizados como amostra, a duração do experimento e os diferentes tipos de alimentos consumidos pelos ratos.

Licenciando 5 (L5):

Nessa questão, L5, assim como L1, L2 e L4, relacionou os dados obtidos na pesquisa com o financiamento realizado pelas empresas que não produzem OGM. O trecho a seguir expressa essa posição:

“Sim, pode relacionar os dados com o financiamento da pesquisa. Em relação ao interesse, as empresas que não utilizam milho OGM querem provar que a utilização de milho OGM é prejudicial, fazendo com que seus produtos sejam mais consumidos”.

No trecho apresentado anteriormente, L5 considera que é possível relacionar os dados apresentados na pesquisa com o financiamento do estudo. Para este licenciando, essa influência do financiamento decorre do fato de que as empresas que não utilizam o milho OGM (as quais financiam o estudo apresentado) têm interesse de comprovar que a utilização desse milho é prejudicial para a saúde, visando aumentar o consumo dos seus produtos. Tais ideias apresentadas por L5 ficam ainda mais evidentes no trecho a seguir:

“Acredito que fatores externos tenham influenciado na pesquisa. O interesse de provar que a utilização de milho OGM não é boa para a saúde é evidente, já que pode alavancar as vendas das empresas que não o utilizam”.

A partir da resposta de L5, constatamos que ele compreende que fatores externos à ciência podem influenciar as práticas científicas, porém ele não fornece evidências que fundamentam sua posição no contexto exposto na questão. Nesse sentido, L5 não conseguiu demonstrar que os dados obtidos na pesquisa foram influenciados pelas empresas que financiaram a pesquisa, apenas declarando a influência do financiamento nas práticas científicas.

No que se refere à metodologia adotada pelos cientistas na pesquisa, L5 exprime que:

“Sim, existe uma relação de interesse entre a metodologia utilizada e o resultado que ela chega beneficiando as empresas que financiaram a pesquisa. A metodologia foi desenvolvida de forma que os resultados fossem os mais próximos possíveis do desejado (milho OGM é prejudicial aos seres vivos)”.

Assim como seus colegas L1 e L4, L5 parte do pressuposto de que a metodologia adotada pelos cientistas tem como objetivo alcançar os resultados de acordo com o interesse do pesquisador, ignorando que essa metodologia apresentava controles de variáveis que validam a pesquisa, como mencionado anteriormente. Diante disso, podemos concluir que L5 parte de conclusões precipitadas sobre o contexto exposto, sem analisar criticamente os dados científicos apresentados no texto.

Licenciando 6 (L6):

Nessa questão, o licenciando deveria fundamentar seu posicionamento sobre uma possível relação entre os dados obtidos na pesquisa e o financiamento e, para isso deveria interpretar os dados científicos apresentados no texto. Diante disso, o L6 expressa que:

“Sim. O estudo publicado na revista foi financiado pela fundação CERES, que é bancada por empresas que não produzem o OGM. Logo, se o estudo mostra que este transgênico é prejudicial isto seria favorável a essas empresas. Os dados só foram obtidos, pois haviam fornecedores de financiamento que estavam interessados no resultado do estudo”.

Ao analisar a resposta do L6, constatamos que ele não realizou uma análise bem informada da afirmativa científica, pois não interpretou criticamente os dados científicos apresentados no texto, afirmando que os dados só foram obtidos porque havia um interesse das empresas que financiaram o estudo. Diante disso, percebemos que L6 tirou conclusões precipitadas sem analisar o contexto exposto assim como seus demais colegas L1, L2, L4 e L5.

Algo interessante a ser considerado é o fato de que L6, apesar de afirmar que o financiamento e outros fatores externos influenciaram nos resultados da pesquisa, demonstra não ter clareza se tais influências poderiam invalidar esse estudo, como fica evidente em sua resposta apresentada abaixo:

“Acredito que fatores externos influenciaram a pesquisa, embora não saiba dizer se isso tira a validade dessa pesquisa. O órgão de financiamento já é um fator externo que pode determinar o rumo da pesquisa. Afinal sem recursos é difícil

conduzir um estudo, entretanto um financiador pode escolher o que é favorável financiar”.

Frente às ideias apresentadas por L6 no trecho acima é possível perceber que ele atribui um importante papel aos financiadores das pesquisas que poderiam escolher quais estudos financiar diante de seus interesses. Por outro lado, ele afirma que o financiamento é que determina o rumo da pesquisa, pois sem recursos não é possível conduzir estudos científicos. Tais ideias corroboram com a perspectiva de autores como Erduran e Mugaloglu (2013) *apud* Almeida (2015), que afirmam que sem o financiamento das pesquisas (o qual pode ocorrer por parte de empresas ou do estado visando atender suas necessidades), fica comprometido a produção de conhecimentos pelos cientistas.

Ao analisarmos essa afirmação, podemos concluir que ele analisou criticamente os dados científicos apresentados na questão para fundamentar seu posicionamento, pois a partir das informações contidas no texto, não era possível afirmar conclusivamente que o financiamento comprometeu os resultados da pesquisa científica. Por outro lado, L6 não ignorou o fato de que o financiamento tem o potencial de influenciar tais pesquisas.

No que diz respeito a metodologia adotada pelos cientistas na pesquisa, L6 exprime que:

“O interesse do pesquisador influencia na realização da pesquisa e talvez ele já tivesse escolhido essa linhagem de ratos, pois seria mais favorável ao seu estudo. Entretanto, desde que tenha se utilizado o mesmo tipo de rato para todos os tipos de alimentos não sei se poderia afirmar que os dados são forjados”.

Diante desse posicionamento, fica evidente que, para L6, o cientista pode ter utilizado uma linhagem de ratos que tem predisposição a sofrer tumores, pois seria mais favorável para a pesquisa. Entretanto, L6 afirma que, se foi utilizado o mesmo tipo de ratos para todos os tipos de alimentos não seria possível afirmar que os dados foram forjados. Diante disso, percebemos que ele compreende a importância de manter a mesma variável para as análises realizadas no experimento. Segundo Allchin (2011), esse é um importante aspecto para uma análise bem informada das afirmativas científicas. Na perspectiva deste autor, os estudantes devem entender o processo de controle de variáveis no experimento. A compreensão desse aspecto, significa compreender como evidências funcionam e como elas podem falhar.

Apesar disso, L6 não foi capaz de questionar a falta de evidências que apoiem essa afirmação de que a linhagem de ratos utilizada tem predisposição a sofrer câncer de mama. Nesse sentido, ele apenas aceitou tal afirmação, o que indica que ele não analisou

criticamente as evidências disponíveis com relação a este aspecto para chegar a uma conclusão bem fundamentada.

Licenciando 7 (L7):

Quando solicitado a elaborar um posicionamento sobre a existência, ou não, de uma relação entre os dados obtidas na pesquisa e o financiamento das empresas que não produzem OGM, L7 expressa que:

“Acredito que sim, pois como uma parte das empresas que financiaram a pesquisa são do setor que não produzem OGM, poderiam influenciar as pesquisas em seu favor, pois no mercado há muita competição, então acredito que possa haver influência dos dados”.

L7, assim como seus colegas L1, L2, L4, L5 e L6, também acredita que os dados obtidos na pesquisa podem ter sido influenciados pelas empresas do ramo alimentício que não produzem OGM (empresas que financiaram a pesquisa). Sua justificativa para essa influência decorre do fato de que existe muita competição no setor de alimentação e, por esse motivo, essas empresas podem ter influenciado pesquisas que favorecessem o aumento da produtividade das suas empresas.

Diante disso, podemos considerar que L7, assim como os demais licenciandos citados no parágrafo anterior, não foi capaz de realizar uma análise crítica das afirmativas científicas, apresentando nesse momento, conclusões precipitadas do contexto exposto.

L7 considera que as práticas científicas podem ser parciais em um determinado contexto da ciência, como evidenciado no trecho a seguir:

“Acredito que algumas pesquisas possam ser parciais, principalmente quando há impacto em suas vendas. Como muitas empresas poderosas pensam em seus lucros, as pesquisas que foram financiadas por elas podem sofrer influências nos resultados”.

Na opinião do licenciando, a influência da parcialidade nas pesquisas científicas ocorre principalmente quando essas pesquisas estão diretamente relacionadas ao desenvolvimento das empresas. Contudo, L7 não fez um relacionamento dessas informações com o contexto apresentado na questão, o que caracteriza a mera declaração desse aspecto de NC. Somando-se a isso, como discutido, as informações não são suficientes para comprovar que de fato os dados foram influenciados pelo órgão que financiou a pesquisa.

Além disso, L7 considera que a metodologia pode ser conduzida para obter resultados que favorecem as empresas que financiaram a pesquisa. No trecho a seguir L7 expressa que:

“A metodologia pode sim direcionar os resultados de forma a beneficiar a empresa de forma a direcionar a metodologia para os resultados em que se está esperando. Como foi destacado, os ratos que foram analisados podem fazer parte de uma linhagem que sofre de tumores de mama facilmente, então essas outras podem induzir a um certo resultado. Além dos resultados apresentados, seria interessante mostrar também o estado de saúde dos ratos antes da pesquisa”.

No trecho acima, constatamos que para L7 a metodologia adotada na pesquisa foi utilizada para alcançar os resultados de acordo com os interesses dos pesquisadores, pois ele afirma que essa metodologia pode ser direcionada para obter resultados que beneficiariam a empresa, considerando que a linhagem de ratos tem uma predisposição a sofrer tumores.

Nesse sentido, consideramos que L7, assim como os colegas L1, L4 e L5 não analisou criticamente a metodologia adotada pelos cientistas, ignorando que essa metodologia apresentava controles de variáveis que são indispensáveis para realização do experimento. Entretanto, ele acredita que seria interessante analisar o estado de saúde dos ratos antes de realizar a pesquisa, isso indica que, para L7 é importante realizar uma análise antes do experimento, para verificar se realmente os ratos tem essa predisposição. Demonstrando não desconhecer totalmente a importância do controle de variáveis em um experimento científico.

4.2.2. Questão 2

Licenciando 1 (L1):

Nessa questão, quando foi solicitado a refletir sobre a denúncia realizada pela Greenpeace que acusava uma instituição de utilizar crianças como cobaias em pesquisas, L1 expressa que:

“Em uma pesquisa deve ser feito muitos estudos e experimentos os quais devem estar de acordo com uma ética na ciência. Utilizar as crianças como cobaias para o estudo de arroz transgênicos (geneticamente modificado) não está de acordo com uma ética, e é um estudo em que a agência oficial não autorizou os testes, e não foi aprovada pelo ministério de saúde chinês”.

Ao analisar a resposta de L1, percebemos que ele foi capaz de interpretar que o método adotado pelos cientistas na pesquisa não estava de acordo com os princípios de

ética envolvendo seres humano, pois ele afirma que uma pesquisa científica deve estar de acordo com uma ética na ciência. Além disso, L1 parece compreender que a preocupação do ministério chinês está associada à utilização de crianças como cobaias na pesquisa, uma vez que ele afirma que utilizar crianças como cobaias em estudos de arroz geneticamente modificado não está de acordo com os princípios éticos na pesquisa.

Além disso, L1 afirma que não é justificável a utilização de seres humanos como cobaias em pesquisas, mesmo considerando os benefícios advindos do consumo do arroz geneticamente modificado:

“Não, pois nessas pesquisas podem ter resultados adversos, inclusive podem ser prejudiciais aos seres humanos. Atualmente existe uma ética a ser seguida na produção de conhecimentos científicos e utilizar seres humanos como cobaias vai contra isso”.

A partir dessa afirmação, constatamos que L1 acredita que não é justificável utilizar crianças como cobaias para o avanço na ciência, porque, esse arroz pode ter resultados adversos que prejudicam à saúde dos seres humanos envolvidos na pesquisa. Confirmando, dessa forma, a necessidade da aprovação do Comitê de Ética nas pesquisas científicas.

Licenciando 2 (L2):

Ao ser questionado sobre qual era a preocupação do ministério chinês em relação ao consumo do arroz geneticamente modificado L2 expõe que:

“O motivo da preocupação do ministério chinês quanto ao consumo do arroz deve-se ao fato de que a instituição de ensino utilizou como cobaia seres humanos, não levando em consideração a ética na pesquisa”.

Ao analisar a resposta de L2, percebemos que, assim como L1, ele compreende a importância da aprovação do Comitê de Ética nas pesquisas científicas envolvendo seres humanos. Isso pode ser evidenciado no trecho acima quando L2 afirma que a instituição de ensino utilizou seres humanos como cobaias sem considerar a ética na pesquisa. Diante disso, podemos concluir que este licenciando também apresentou uma análise bem informada no contexto da questão, pois ele conseguiu refletir que a preocupação do ministério chinês está relacionada a utilização de seres humanos como cobaias em pesquisas científicas.

Além disso, L2 alega que utilizar seres humanos como cobaias nas pesquisas, não é legítimo mesmo que elas representem um desenvolvimento para ciência, como evidenciamos no trecho a seguir:

“Não justifica, pois deveriam ser realizados testes clínicos em ratos ou outros animais e depois de vários estudos verificar se há predisposição para seres humanos. Confirmado a predisposição, deveriam ser utilizados seres humanos voluntários”.

A partir do trecho acima, fica evidente que L2 compreende a necessidade de realizar testes clínicos com outros organismos vivos como camundongos e outros animais, antes de realizar esses testes com os seres humanos. Allchin (2011), afirma que os estudantes devem compreender a importância de utilizar modelos e organismos modelos³ na instrumentação e nas práticas experimentais na ciência, corroborando dessa forma com as ideias apresentadas por L2. Além disso, a resposta de L2 fornece indícios de que ele parece compreender a importância de que as pesquisas científicas busquem resguardar a saúde e integridade dos seres humanos envolvidos.

Outro ponto a ser considerado na resposta de L2 é que, para ele, os seres humanos utilizados na pesquisa deveriam ser voluntários. Isso indica que L2 parece reconhecer a importância de que eles decidam participar por livre e espontânea vontade considerando os possíveis malefícios e benefícios de consumir o arroz geneticamente modificado, bem como as condições e os objetivos da pesquisa científica.

Licenciando 3 (L3):

Quando L3 foi solicitado a refletir sobre a denúncia realizada pela Greenpeace, acusando uma instituição americana de alimentar crianças com arroz geneticamente modificado, expõe que:

“Os testes clínicos não foram submetidos à aprovação do ministério chinês da saúde e as crianças foram utilizadas como cobaias por cientistas da China e dos Estados Unidos”.

A partir do posicionamento de L3, percebemos que ele conseguiu compreender que a preocupação do ministério chinês da saúde é devido a utilização de crianças em estudos pela instituição americana sem sua devida aprovação. Isso demonstra que o método utilizado pelos cientistas não está de acordo com os princípios éticos envolvendo seres humanos. Ao afirmar que os testes clínicos não dispõem da aprovação do ministério da saúde, subtende-se que L3 percebe a necessidade da aprovação do Comitê de Ética nas pesquisas científicas envolvendo seres humanos.

³ Modelos e organismos modelos são seres vivos cujo genoma é conhecido e possuem mecanismos genéticos comuns a um grande grupo de organismos, como por exemplo: ratos, camundongos, moscas das frutas, cachorros, coelhos, minhocas (GRIFFITHS et al., 2000).

No que se refere aos possíveis benefícios sociais advindos do consumo do arroz geneticamente modificado, L3 afirma que não é justificável utilizar seres humanos como cobaias na pesquisa, mesmo que os cientistas aleguem que consumir esse arroz pode reduzir a mortalidade infantil com a vitamina A proveniente do mesmo, como expresso no trecho a seguir:

“Não, porque as crianças foram utilizadas como cobaias da mesma forma que poderia reduzir a mortalidade infantil com a vitamina A, as crianças também poderiam desenvolver outros problemas de saúde. Além do mais, eles usaram esses resultados para apresentar os benefícios em uma população carente, e em outras pessoas que não têm essa carência, elas podem apresentar muitos problemas”.

Ao analisar a resposta de L3, constatamos que para ele se por um lado o consumo de arroz geneticamente modificado pode reduzir a mortalidade infantil, por outro, tem a possibilidade de acarretar outros problemas de saúde. Acreditamos que L3 apoiou essa ideia no fato de que são demonstrados apenas os resultados positivos do consumo de arroz geneticamente modificado na população que possui uma carência nutricional. Nesse sentido, não se sabe os efeitos do consumo desse arroz pela população que não apresenta problemas nutricionais. A partir disso, somos levadas a considerar que para L3 as pesquisas realizadas sem a aprovação do comitê de pesquisa não devem ser aceitas e/ou justificadas, mesmo que sejam consideradas como um avanço na ciência.

Licenciando 4 (L4):

Nessa questão, L4, assim como L3, compreendeu que a preocupação do ministério chinês está relacionada a não aprovação dos testes clínicos realizados pela instituição americana, como apresentado no trecho a seguir:

“A preocupação do ministério chinês em relação ao consumo do arroz se deu em função do fato da agência oficial de Xinhua ter afirmado não ter autorizado ou participado dos testes clínicos, e devido aos resultados sobre a pesquisas publicadas no jornal de nutrição clínica não terem sido submetidos à aprovação do ministério chinês da saúde. Portanto as mais de 20 crianças alimentadas com o arroz transgênicos (geneticamente modificado) foram utilizadas como cobaias”.

Embora L4 não tenha afirmado explicitamente a importância de que as pesquisas científicas que envolvem seres humanos resguardem os princípios éticos, acreditamos que este licenciando compreende a importância da ética na pesquisa. Isso porque, em seu posicionamento ele considera que a preocupação do ministério chinês decorre da não aprovação dessa pesquisa pelo ministério de saúde chinês.

Isso fica ainda mais evidente no trecho apresentado a seguir quando L4 afirma que não é justificável utilizar seres humanos como cobaias em pesquisas:

“ Não. Pois, apesar de contribuir para erradicação da fome, esses alimentos poderiam trazer graves consequências para a saúde humana, portanto os benefícios sociais não justificam esse tipo de pesquisa ”.

De acordo com a resposta de L4, constatamos que, assim como seus colegas L1 e L3, ele considera que o consumo de arroz geneticamente modificado pode ocasionar efeitos adversos, que podem ser prejudiciais para saúde humana. Por esse motivo não é justificável realizar pesquisas científicas, como a citada na questão, mesmo que os cientistas aleguem que o arroz pode trazer benefícios para a população.

Segundo Sadler *et al.* (2004), os estudantes precisam reconhecer evidências e interpretá-las, além de entender como múltiplos fatores sociais afetam a credibilidade da pesquisa científica. Isso implica em compreender as dimensões morais e éticas inerentes ao contexto da ciência. Nesse sentido, é importante destacar que todos os licenciandos cujas respostas da questão 2 foram discutidas até o momento conseguiram reconhecer as evidências apresentadas na questão, bem como, interpretá-las para fundamentar seu posicionamento. Nesse sentido, todos eles demonstraram compreender a importância de se resguardar as dimensões morais e éticas nas práticas científicas.

Licenciando 5 (L5):

Como mencionado, na questão 2, foi solicitado que os licenciandos refletissem sobre a denúncia realizada pela Greenpeace na qual esta organização acusou uma instituição americana de alimentar crianças com arroz geneticamente modificado e utilizá-las como cobaias nos estudos. Entretanto, L5 afirma que a preocupação no ministério chinês é devido a não legalidade da pesquisa, como expresso no trecho apresentado abaixo:

“ Acredito que o problema está na “não legalidade” da pesquisa. Ou seja, na realização da pesquisa sem as devidas autoridades. Estas são necessárias devido a possibilidade (que sempre existe) de problemas causados devido ao experimento (no caso, devido a ingestão desse alimento) ”.

Ao analisar a resposta de L5, percebemos que para ele a preocupação do ministério chinês está associada à realização da pesquisa científica sem as devidas autoridades, ou seja, os experimentos foram realizados com as crianças chinesas sem a participação da agência oficial de Xinhua na realização dos mesmos. Logo, supomos que este licenciando compreende a importância da aprovação desse órgão para a realização da pesquisa,

entretanto, na sua resposta não fica evidente que essa aprovação está relacionada à importância de resguardar os princípios éticos e morais nas pesquisas científicas.

L5 defende que na realização do experimento há possibilidade de que o arroz geneticamente modificado cause problemas a saúde dos seres humanos. Contudo, ele parece não reconhecer que a preocupação do ministério chinês é com relação a utilização de seres humanos como cobaias na pesquisa.

Além disso, L5 afirma que é justificável a utilização de seres humanos como cobaias nas pesquisas, desde que elas sejam autorizadas pelos órgãos responsáveis e tenham o consentimento das cobaias:

“Acredito que sim, desde que a pesquisa seja realizada com as devidas autorizações de órgãos que controlam essas pesquisas e das próprias cobaias. Para isso, faz-se necessária que as cobaias tenham esclarecimento do que pode ocorrer ou não (ou seus responsáveis legais)”.

De acordo com L5, os seres humanos envolvidos na pesquisa devem estar esclarecidos das condições e objetivos relativos a essa pesquisa. Em vista disso, constatamos que ele compreende que a pesquisa só é justificável quando os seres humanos estão cientes desses aspectos, o que dá indícios de que ele compreende a necessidade de resguardar certos princípios éticos na pesquisa, embora sua resposta não nos permita afirmar isto conclusivamente. Entretanto, no seu posicionamento não percebemos uma relação com o contexto exposto na questão, o que nos leva a acreditar que ele não foi capaz de realizar uma análise bem informada das afirmativas científicas apresentadas na questão, apenas a declaração de que é necessário à aprovação das autoridades responsáveis.

Licenciando 6 (L6):

Quando L6 foi solicitado a refletir sobre a denúncia realizada pela Greenpeace na questão, ele afirma que a preocupação do ministério chinês é devido ao arroz geneticamente modificado ser prejudicial para saúde humana, como expresso no texto a seguir:

“A preocupação se deve ao fato de que esse alimento pode trazer benefícios, entretanto pode ser prejudicial. E a forma como esse alimento pode ser prejudicial é desconhecida, sendo esta a preocupação”.

A partir do trecho acima é possível observar que para L6, a preocupação do ministério chinês está relacionada à falta de informação sobre os efeitos adversos de consumir o arroz geneticamente modificado. Entretanto, nada foi afirmado a respeito da

metodologia utilizada pelos cientistas no contexto descrito, a qual não teve aprovação do comitê de ética.

Contudo, posteriormente L6 demonstrou compreender a necessidade de que as pesquisas científicas contem com essa aprovação do comitê de Ética, como destacado no trecho abaixo:

“Não. Por mais que algo possa ser benéfico antes de fazerem testes com humanos, estes devem ter passado por vários outros testes para atestar a segurança. E quando se for fazer o teste com humanos estes devem estar plenamente esclarecidos sobre o estudo e este estudo deve ser aprovado por órgãos responsáveis”.

Ao analisarmos a resposta de L6 percebemos que, assim como L2, ele compreende a necessidade de que testes sejam realizados antes de utilizar seres humanos como cobaias em pesquisas científicas. Além disso, ele afirma, assim como L5, que os seres humanos envolvidos na pesquisa devem estar esclarecidos sobre o estudo.

Deste modo, podemos concluir que, de uma maneira geral, L6 realizou uma análise bem informada das afirmativas científicas apresentadas no texto, no que diz respeito a pesquisa científica ser aprovada pelos órgãos responsáveis. Assim podemos afirmar que seu posicionamento tinha fundamentação científica, pois L6 considerou que a preocupação do ministério chinês da saúde também está relacionada ao bem-estar da população que consumiu arroz geneticamente modificado.

Licenciando 7 (L7):

L7 afirma, assim como L6, que a preocupação no ministério chinês no contexto apresentado é devido ao consumo do arroz geneticamente modificado pelas crianças, pois não se sabe ao certo os possíveis benefícios e malefícios que esse alimento pode acarretar a saúde humana, como demonstrado no trecho a seguir:

“O motivo da preocupação é pelo fato da pesquisa fazer com que crianças se alimentem de um produto que há muita contradição em relação aos benefícios e malefícios. Mesmo a empresa afirmando que é para reduzir a mortalidade infantil com a vitamina A, os alimentos geneticamente modificados deixam muitas dúvidas em relação de como podem impactar no corpo humano”.

Apesar disso no trecho acima, percebemos que L7, assim como os seus colegas L5 e L6, não destacara a incoerência no método adotado pelos cientistas que utilizaram crianças como cobaias na sua pesquisa. Entretanto, L7 assim como L6, compreendeu que

essa preocupação é referente ao bem-estar da população que consumiu o arroz geneticamente modificado.

Além disso, L7 compreende que no contexto exposto não é justificável utilizar seres humanos como cobaias nas pesquisas científicas:

“Não, primeiro deveria haver uma pesquisa sem influência de financiadores, ou seja, uma pesquisa imparcial sobre o uso dos alimentos geneticamente modificados, e depois, se não causar dano ao ser humano, introduzir na dieta humana”.

A análise do trecho acima evidencia que L7 apresentou um posicionamento idealizado sobre a imparcialidade na ciência, ao considerar que inicialmente deveriam ser realizadas pesquisas sem qualquer influência de financiadores. Consideramos que esta é uma visão idealizada, pois não é possível realizar pesquisas científicas totalmente imparciais, considerando que existem vários fatores que podem influenciar nas práticas científicas, como por exemplo: a inserção cultural, o contexto econômico, social e político que as pesquisas estão inseridas. De acordo Smith e Scharmann (1999), nas pesquisas científicas o ideal seria uma busca por objetividade nos procedimentos e interpretações dos cientistas, todavia, a subjetividade é inerente ao ser humano, o que implica em dizer que as observações científicas não são livres de teorias pré-existentes. Dessa forma, os autores consideram que nas práticas científicas não existe objetividade absoluta, uma vez que as mesmas são influenciadas pelas crenças dos cientistas que podem interferir no modo como eles observam e interpretam os dados científicos.

Além desse posicionamento idealizado, L7 parece não compreender a importância desse financiamento para o desenvolvimento das pesquisas científicas, o qual pode ser parte das empresas e/ou fundações que tem interesses similares ao dos cientistas (ERDURAN; MUGALOGLU, 2013 *apud* ALMEIDA, 2015).

4.2.3. Questão 3

Licenciando 1 (L1):

Nessa questão, foi solicitado aos licenciandos que analisassem a afirmação de que existe um consenso na comunidade científica com relação aos métodos de avaliação utilizados para demonstrar a segurança dos alimentos geneticamente modificados (GM). Diante disso, L1 expõe que:

“Acho que sim, entidades grandes e importantes para a ciência se posicionaram de um mesmo lado. Logo, existe um consenso em relação aos métodos de avaliação utilizados para demonstrar os riscos e a segurança dos alimentos GM”.

Ao analisar o trecho acima, percebemos que para L1 existe esse consenso, pois grandes entidades, como Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e para Agricultura (FAO) se posicionaram de um mesmo lado, ou seja, apresentam a mesma posição de que os alimentos GM são seguros para saúde humana, animal e ao meio ambiente.

Diante disso, parece que L1 compreende a necessidade do consenso na comunidade científica para consolidar pesquisas que são relevantes para ciência. Isso fica ainda mais evidente no trecho a seguir quando este licenciando se posiciona sobre a possibilidade de se chegar em um consenso na ciência:

“Quando o resultado de algum estudo, por exemplo, for muito bem embasado e ter feito testes, experimentos com resultados suficientes pode haver um consenso, e a divulgação científica com outros estudos pode fornecer mais dados para que chegue a um consenso sobre um determinado conhecimento”.

Frente as ideais expressas por L1, fica evidente que, para ele, as pesquisas científicas para serem aceitas pela comunidade científica devem estar em conformidade com certos princípios que envolvem uma pesquisa. Isso significa que os resultados do estudo devem apresentar uma base teórica, além disso, devem ser realizados testes e experimentos que forneçam dados científicos suficientes que permitam validar tal pesquisa.

Segundo Kuhn (1970) *apud* Chalmers (1993), a Ciência se caracteriza por dois estágios: a ciência normal e a ciência revolucionária. Na ciência normal os cientistas compartilham consensualmente suposições teóricas, leis, princípios, conjuntos de técnicas e metodologias bem consolidados, os quais passam a se tornar um paradigma na comunidade científica. Entretanto, com o acúmulo de dados que contradizem o paradigma, surgem pequenas explicações paralelas para cada fato em particular, que quando são aos poucos apoiadas pela comunidade científica, podem causar uma crise no paradigma. Essa é a fase revolucionária, na qual ocorre o avanço da ciência. O autor nos mostra que essa quebra de paradigmas não é algo fácil e salienta a importância de que se tenha a ciência consensual para um avanço científico dentro de um corpus de conhecimentos estabelecido. Diante disso, fica evidente que as ideais apresentadas por L1 podem ser corroboradas pelas

ideias apresentadas pelo autor. Isso porque ele afirma que é possível a ciência ser consensual, desde de que os conhecimentos sejam bem estabelecidos e em conformidade com os princípios que envolvem a pesquisa científica.

Algo importante a ser comentado é que, para L1, a divulgação científica tem um papel central na busca pelo consenso na ciência. No trecho acima, ele destaca que a divulgação científica pode fornecer dados de outros estudos no mesmo ramo, para que seja possível chegar em relativo consenso sobre um determinado conhecimento científico. Desta forma, o papel da comunicação da ciência é destacado como algo importante na consolidação das afirmativas científicas. Segundo Nielsen (2012), a comunicação da ciência proporciona o compartilhamento de conhecimentos que são fundamentais para seu desenvolvimento. Além disso, a medida que o conhecimento científico é divulgado se torna menos provisório, logo mais consolidado na ciência.

Licenciando 2 (L2):

Nessa questão, L2, assim como L1, acredita que existe um consenso na comunidade científica com relação aos métodos de avaliação adotados pelos cientistas para demonstrar a segurança ou riscos dos alimentos GM, como evidenciado no trecho a seguir:

“Sim, considero que há um consenso em torno desta questão, pois os principais órgãos que compõem a comunidade científica chegaram a um consenso quando publicaram um estudo de quase 50 projetos de pesquisa, chegando em um único resultado”.

Ao analisar a resposta de L2, percebemos que ele analisou criticamente as informações provenientes do texto, pois conseguiu interpretar que existe um consenso em torno desses métodos de avaliação considerando que foram publicados estudos de 50 projetos de pesquisas relacionados ao assunto.

Essas ideias parecem ter refletido na resposta de L2 no que se refere a possibilidade da ciência ser consensual, como fica evidente no trecho abaixo:

“Sim, é possível chegar em um consenso na ciência, desde que as pesquisas tenham sido feitas de forma correta e imparciais...”

Em sua resposta, L2 ressalta que é possível chegar em um consenso na Ciência, desde que as pesquisas científicas ocorram de forma correta e sejam imparciais. Esse é um indício que L2, assim como seu colega L7, tem uma concepção idealizada sobre a imparcialidade na ciência. Como comentado na seção 5.2.2, não é possível realizar pesquisas científicas totalmente imparciais, considerando que existem vários fatores que

podem influenciar nas práticas científicas. Entretanto, isso indica que L2 parece compreender que a ciência pode ser influenciada por diferentes fatores (econômico, social, político), o que confere certo grau de parcialidade.

No que diz respeito ao papel da divulgação científica na busca do consenso na ciência, L2 expõe que:

“...A divulgação científica permite que outros cientistas contestem ou concordem com os resultados”.

Ao analisar o trecho acima, fica evidente que L2 parece compreender a importância da divulgação científica, a qual permite que outros cientistas, refutem ou concordem com os dados científicos obtidos em uma determinada pesquisa. Diante disso, parece que ele compreende a importância da disseminação do conhecimento científico para os membros da comunidade científica visando atingir um consenso. Segundo Nielsen (2012), essa comunicação do conhecimento científico envolve conversas de laboratório, revisão por pares e a rejeição e a publicação de conhecimentos científicos. Logo, fica evidente que as ideias apresentadas por L2 vão de encontro às ideias expressas pelo autor, uma vez que ele destaca que a divulgação científica pode proporcionar a aceitação ou rejeição de um determinado estudo.

Licenciando 3 (L3):

Ao contrário de seus colegas L1 e L2, nessa questão, L3 afirma que não existe um consenso científico, pois para ele existem entidades que aprovam o uso de alimentos geneticamente modificados, assim como, entidades que não são a favor dos estudos, como expresso no trecho a seguir:

“Não há um consenso científico, pois há entidades que aprovam o uso dos alimentos GM, assim como há entidades que são contra tais estudos, desta forma ambos tentam apresentar métodos e dados para defenderem suas teorias”.

Frente as ideias apresentadas por L3, constatamos que ele não analisou criticamente as informações contidas na questão, pois quando afirma que não existe consenso em torno dos métodos de avaliação utilizados para demonstrar a segurança ou riscos dos alimentos GM, L3 não apresentou evidências do texto para fundamentar seu posicionamento. Isto é, ele desconsiderou as informações do texto de que existe um consenso em torno desses métodos, uma vez que foram publicados cerca de 50 projetos de pesquisas que demonstram que os alimentos GM não oferecem riscos à saúde humana, animal e ao meio ambiente.

Acreditamos que uma das possíveis razões que levou L3 a desconsiderar que existe um relativo consenso no texto exposto na questão, pode ser devido as discussões que ocorreram durante o júri simulado sobre o tema Transgênicos na disciplina Prática de Ensino de Química IV. Em tais discussões os licenciandos tiveram acesso a diferentes reportagens e textos científicos que apresentavam tanto ideias favoráveis quanto contrárias ao plantio e consumo de alimentos transgênicos. Isso pode ter contribuído para que L3 apresentasse a concepção de que o tema OGM apresenta várias controvérsias.

Entretanto, L3 acredita que é possível chegar em um consenso na ciência, como expresso a seguir:

“Sim, quando as pessoas têm o mesmo objetivo científico pode haver sim um consenso...”

Entretanto, consideramos que sua resposta foi vaga e, por esse motivo, não tivemos indícios de como ele compreende a busca pelo consenso na ciência.

Quando é perguntado o papel da divulgação científica na busca do consenso na ciência, L3 afirma que:

“...A divulgação dos resultados permite aos demais cientistas e a população ter acesso a tais informações, tornando assim pessoas letradas cientificamente”.

A partir do trecho acima, é possível observar que L3 acredita que a divulgação científica é fundamental para que outros cientistas, bem como a sociedade tenham acesso as informações provenientes da ciência. Percebe-se, dessa forma, que L3 atribui à noção de divulgação científica uma ideia mais ampla, relacionada não só à veiculação de conhecimentos científicos para especialistas, mas também para o público leigo em geral.

Essa concepção apresentada por L3, converge para as ideias de autores como Knight (2004) *apud* José Baldinato (2009), de que a ciência é desenvolvida por seres humanos, ainda que atualmente tenha se criado um corpo de conhecimentos paralelo devido à sua crescente especialização afastando-a da cultura geral. Nesse sentido, a *“difusão do conhecimento científico se torna algo da maior importância para nós, pois, numa perspectiva otimista, ele estaria ligada à reaproximação da cultura geral à científica”* (CALVO HERNANDO, 2003 *apud* BALDINATO, 2009, p. 10).

Frente as ideias apresentadas por L3 e, com base nas ideias dos autores, podemos considerar que L3 compreende a importância da divulgação científica para aculturar a sociedade cientificamente e tornar a cultura geral mais próxima da científica. Isso porque, de acordo com Durant (1993) para o termo letramento científico também é utilizada a

terminologia “cultura científica” que significa “o público em geral deve saber sobre a ciência” (DURANT, 1993, p. 129).

Apesar disso, L3 não discorreu sobre como essa divulgação científica poderia contribuir, ou não, para alcançar o consenso na ciência. Acreditamos que isso pode estar atrelado à ambiguidade do termo divulgação científica. Diante disso, na seção 4.4 deste TCC apresentamos uma possível reformulação dessa questão visando elucidar o que estamos chamando de divulgação científica no contexto dessa questão.

Licenciando 4 (L4):

Quando questionado sobre a existência do consenso em torno dos métodos de avaliação utilizados pelos cientistas para comprovar a segurança ou risco dos alimentos GM, L4 afirma que não existe um consenso visto que existem diferentes interesses dos pesquisadores e das empresas que financiam as pesquisas, como exposto no trecho a seguir:

“Não. Essa questão do consenso em torno dos métodos de avaliação utilizados para demonstrar a segurança ou riscos dos alimentos geneticamente modificados não existe devido aos diferentes interesses dos pesquisadores e das empresas que financiam tais estudos. Dessa forma, sempre haverá cientistas contrários aos métodos de avaliação utilizados, afim de combater o uso dos alimentos GM”.

A análise do trecho acima evidencia que L4, assim como seu colega L3, não realizou uma análise crítica das informações contidas na questão, uma vez que no seu posicionamento ele não apresentou evidências que justificam sua posição, além disso, no contexto exposto não são apresentadas evidências que suportam sua afirmação.

Entretanto, quando L4 afirma que os interesses dos pesquisadores e empresas que financiam essas pesquisas podem influenciar nos métodos adotados pelos cientistas, podemos considerar que ele aparenta compreender que em determinado contexto da ciência, as práticas científicas podem ser parciais.

Com relação ao papel da divulgação científica na busca do consenso na ciência, L4 afirma que:

“Sim. A divulgação científica é de extrema importância para a busca do consenso na ciência, uma vez que, à medida que determinado conhecimento científico é divulgado este torna-se mais consolidado e sustentado perante à comunidade científica, e com isso passa a ser aceito e torna-se um consenso entre os cientistas, e a sociedade em geral”.

No trecho acima, constatamos que L4, assim como L2, compreende a importância da divulgação científica, uma vez que ele afirma que quando o conhecimento científico é divulgado torna-se mais consolidado e sustentado pela comunidade científica. Logo, consideramos que ele parece entender que o papel da divulgação científica nesse contexto, seria a disseminação dos conhecimentos científicos para os membros da comunidade científica, visando chegar a um consenso. As ideias apresentadas por L4 são convergentes com as ideias do autor Nielsen (2012), mencionado anteriormente, o qual afirma que quando o conhecimento científico é comunicado para a comunidade científica ele passa a ter mais aceitação entre os cientistas.

Licenciando 5 (L5):

Nessa questão, L5, assim como seus colegas L3 e L4, acredita não existir um consenso na comunidade científica em torno dos métodos de avaliação. L5 afirma que nos estudos referentes aos OGM nunca existirá um consenso, como expresso a seguir:

“Não. Acredito que neste ramo o consenso nunca existirá. Vários interesses (principalmente econômico) estão envolvidas e acabam, em alguns casos, se sobressaindo perante outros mais importantes para a saúde e bem estar da população”.

Ao analisar a resposta de L5, percebemos que assim como seus colegas L3 e L4, ele não realizou uma análise crítica das informações contidas na questão, uma vez que na sua resposta não tem evidências que confirmam que os métodos adotados pelos cientistas foram influenciados por interesses econômicos. Além disso, ele desconsiderou que foram publicados 50 projetos científicos que evidenciam que os alimentos GM não trazem riscos, indicando um relativo consenso em torno dos métodos de avaliação.

Entre os fatores que levaram os licenciandos a acreditarem que não existe um consenso no contexto exposto na questão, como mencionado anteriormente, destacamos as discussões realizadas durante o júri simulado na disciplina Prática de Ensino de Química IV, no qual eles perceberam que não existia um consenso na comunidade científica sobre a temática OGM. Por esse motivo, os mesmos podem ter sido influenciados fortemente ao responder o questionário.

Entretanto, L5, assim como L4, compreende que em determinados contextos da ciência, as práticas científicas não são totalmente imparciais, uma vez que este licenciando afirma que interesses econômicos estão envolvidos nas práticas científicas.

No que diz respeito a possibilidade de chegar em um consenso na ciência, L5 acredita que:

“Acho muito difícil chegar em um consenso, não sei se o mesmo também seria benéfico, já que, se há um consenso os questionamentos já estão sanados e não “há mais nada a ser explicado e compreendido”. O papel da divulgação, acredito eu, que esteja relacionado mais à compreensão e entendimento de algo, e que, caso não esteja, abra a novos questionamentos estimulando novas pesquisas”.

Diante da resposta de L5, consideramos que ele parece não compreender a importância da ciência buscar por um consenso para consolidar leis e teorias que são relevantes para seu desenvolvimento, uma vez que ele afirma ser pouco provável que tal consenso ocorra. Isso também fica evidente quando L5 se questiona se seria benéfico ou não alcançar o consenso na ciência. Nos parece que L5 acredita que, a partir do momento que um conjunto de proposições torna-se consensual, tais proposições não poderiam mais ser questionadas o que implicaria na estagnação da ciência. Contudo, como mencionado anteriormente, ainda que exista uma ciência consensual, bem consolidada, esta é passível de ser questionada gradativamente implicando em mudanças de paradigmas (KUHN, 1970 *apud* CHALMERS, 1993). Ao apresentar as ideias de ciência pronta e ciência em construção, Latour (2000) também nos mostra a importância de que existam conhecimentos bem consolidados na ciência (caixas pretas) para que avanços na ciência se tornem possíveis.

Além disso, no seu posicionamento fica evidente que L5 está relacionando sua resposta com o tema OGM de uma maneira geral e não com o contexto específico que lhe foi apresentado na questão, uma vez que ao relacionarmos com a resposta anterior, fica evidente que ele acredita não existir um relativo consenso sobre os estudos com OGM.

Com relação ao papel da divulgação científica na busca do consenso na ciência, no trecho acima, L5 acredita que a divulgação está relacionada apenas à compreensão e entendimento de algo, ou seja, compreensão e entendimento do conhecimento científico. Caso não exista essa compreensão, possibilitaria novos questionamentos que contribuiriam para novas pesquisas científicas. Diante disso, consideramos que ele parece não compreender a importância da divulgação científica para que os conhecimentos científicos possam se tornar um consenso na comunidade científica.

Licenciando 6 (L6):

Quando é perguntado se existe, ou não, um consenso na comunidade científica sobre os métodos de avaliação adotados pelos cientistas, L6, assim como L5, afirma que as pesquisas na área de OGM não apresentam um consenso, como evidenciamos no trecho a seguir:

“Acredito que não há um consenso, já que este tema é bastante polêmico dentro da comunidade científica e sempre surgem estudos favoráveis aos transgênicos (OGM) e sempre estudos desfavoráveis também”.

Frente as ideias apresentadas por L6, constatamos que, assim como seus colegas L3, L4 e L5, este licenciando não realizou uma análise crítica das informações apresentadas na questão. Isso porque, para ele o tema OGM é controverso na comunidade científica, por esse motivo, não há um consenso. Entretanto, as informações provenientes do texto, não apresentam evidências de existir uma divergência na comunidade científica sobre o tema.

Entretanto, L6 acredita na possibilidade da ciência ser consensual:

“É possível se ter consenso, mas não para tudo, somente para conhecimentos bem estabelecidos, exemplo: o sol é uma estrela. Quando os conhecimentos são divulgados mais cientistas podem ter acesso a este e fazer suas críticas e reflexões. A divulgação é o mínimo que se precisa quando se busca o consenso, afinal como se pode dizer que é consensual algo que poucos têm acesso”.

Ao analisar a resposta de L6, percebemos que ele não desconsidera a necessidade da ciência buscar por um consenso, entretanto, não são para todos os conhecimentos científicos, apenas para aqueles conhecimentos bem estabelecidos. Segundo Elby e Hammer (2001) *apud* Almeida (2015), os estudantes devem ser capazes de diferenciar os conhecimentos que estão bem fundamentados daqueles que estão sendo desenvolvidos. Diante disso, consideramos que L6, parece reconhecer essa diferença. Entretanto, parece que ele apresenta uma ideia muito restrita sobre o consenso na ciência, uma vez que ele exemplifica na sua resposta que o sol é uma estrela, por isso, existe um consenso.

Além disso, ele afirma que com a divulgação científica, outros cientistas podem ter acesso ao conhecimento científicos, contribuindo com críticas e reflexões e, essa divulgação é necessário para buscar o consenso na ciência. Logo, fica evidente que L6, assim como L4, parece compreender que o papel da divulgação científica nesse contexto, é a disseminação dos conhecimentos científicos para a comunidade científica.

Licenciando 7 (L7):

Nessa questão, L7, assim como L4 e L5, acredita não existir um consenso em torno da problemática, como expresso no trecho a seguir:

“Acho que não há um consenso, acredito que muitas entidades estão a favor de interesses que as multinacionais apresentam, então eles decidem o que vai ajudar as empresas a lucrarem”.

Diante da resposta de L7, percebemos que, assim como seus colegas L3, L4, L5 e L6, ele não analisou criticamente o contexto exposto na questão, porque afirmou que entidades que apresentam interesses similares as empresas podem decidir financiá-las para aumentar seus lucros. Entretanto, no texto não há evidências de que os interesses dessas entidades estão associados aos interesses das empresas.

Além disso, L7 afirma que não existe a possibilidade da ciência ser consensual, como expresso no trecho abaixo:

“Não, pois na ciência está sempre surgindo novos estudos e sempre há a influência de quem está financiando as pesquisas. A divulgação tem papel de refutar ou contribuir com estudos que estão sendo realizados”.

Com base nas ideias apresentadas no trecho acima, consideramos que L7 parece não compreender a importância da ciência ser consensual em determinados contextos, a fim de aprimorar novos conhecimentos científicos essenciais para seu desenvolvimento. No entanto, Latour (2000), afirma que existe uma ciência pronta ou acabada denominada como caixa-preta, na qual conhecimentos científicos, leis e teorias são consolidados. Essa Ciência pode ser considerada consensual, uma vez que os cientistas e a sociedade não demonstram dúvidas sobre os fatos que a constituem. Esses conhecimentos bem consolidados são essenciais para desenvolver novos conhecimentos, ou seja, para a ciência em construção. Diante das ideias apresentadas pelo autor, fica evidente que L7 desconhece que para o surgimento de novos conhecimentos científicos é necessário existir uma ciência pronta, logo uma ciência consensual. Isso porque, ele afirma que com o surgimento de novos estudos e a influência das empresas que financiam as pesquisas científicas não há a possibilidade da ciência ser consensual.

Entretanto, não desconsideramos que L7, assim como L4, compreende que influências externas à ciência podem intervir nas práticas científicas, tornando-a parciais. Contudo, este licenciando parece acreditar que essa influência pode invalidar os conhecimentos científicos, desta forma, comprometendo o consenso da ciência. Além disso, L7 acredita que o papel da divulgação é apenas de refutar ou contribuir com

pesquisas científicas que estão sendo realizadas. Portanto, parece não compreender que a divulgação científica é fundamental para alcançar o consenso na ciência.

4..2.4. Síntese e análise geral das respostas de cada licenciando sobre a compreensão de conhecimento de NC segundo a perspectiva de Allchin (2011)

Nessa seção, apresentamos uma síntese das compreensões de conhecimentos de NC que os licenciandos explicitaram nas questões 1, 2 e 3 bem como a maneira que eles utilizaram esses conhecimentos para embasar seus argumentos para uma tomada de decisão consciente sobre o caso contemporâneo descrito na questão 4 do questionário.

Licenciando 1 (L1):

Na questão 4, L1 argumentou contrariamente à liberação do consumo de alimentos GM apresentando, inicialmente, o estudo que foi publicado na revista *Food and Chemical Toxicology*, com 200 ratos submetidos a três alimentação distintas:

“Não apoio a liberação do plantio de alimentos geneticamente modificados, pois há resultados de pesquisas que demonstram que esse tipo de alimento pode ser prejudicial à saúde da população. Como o estudo com 200 ratos, que foram alimentados de 3 maneiras distintas: (i) com milho convencional; (ii) milho OGM e (iii) milho OGM com uso de herbicida. Os resultados demonstraram que o uso de OGM são prejudiciais à saúde, com o aumento de câncer. Como também algumas pesquisas não são feitas corretamente não seguindo a ética na ciência utilizando seres humanos como cobaias, como o estudo de arroz geneticamente modificado. Devido a essas questões não se deve liberar o plantio de alimentos transgênicos (GM), pois ainda não tem resultados suficientes e que trazem uma maior confiança para a produção desse alimento” (resposta de L1 a questão 4 do questionário).

Com relação às análises das respostas de L1 no questionário, podemos assim sintetizar:

- Apresentou uma compreensão não funcional de conhecimentos de NC, no que se refere a possível relação entre o financiamento das empresas e os dados obtidos na pesquisa publicada na revista *Food and Chemical Toxicology* ao ser avaliado na Questão 1, porque não foi capaz de perceber que não existem dados suficientes para se afirmar que os financiadores influenciaram na pesquisa mencionada, apenas declarando a influência do financiamento. Entretanto, no seu posicionamento na questão 4, ele não menciona a influência do financiamento na pesquisa realizada.
- Apresentou uma compreensão não funcional no que se refere ao controle de variáveis em um experimento ao ser avaliado na Questão 1, pois não analisou

criticamente os dados disponíveis ignorando o fato de que o estudo contou com diferentes controles de variáveis. Entretanto, o mesmo não ocorreu na Questão 4, pois ele conseguiu interpretar os dados obtidos no estudo, concluindo que o uso de OGM é prejudicial à saúde da população, demonstrando uma compreensão funcional sobre a importância de controles de variáveis na realização do experimento.

- Apresentou uma compreensão funcional de ciência ao ter realizado uma análise bem informada das afirmativas científicas apresentadas na Questão 2, conseguindo perceber que a preocupação do ministério chinês era com a utilização de crianças como cobaias, bem como, o método adotado pelos cientistas que não estava de acordo com princípios de ética envolvendo seres humanos. A questão 4 corrobora tal afirmativa, pois tais ideias foram retomadas por este licenciando na sua tomada de decisão na qual ele afirma que algumas pesquisas não foram realizadas de acordo com os princípios éticos das pesquisas envolvendo seres humanos.
- Demonstrou em resposta à Questão 3 do questionário compreender de maneira funcional a existência de consenso na comunidade científica em torno de métodos de avaliação dos OGM, bem como a importância da ciência buscar pelo consenso reconhecendo o papel da divulgação científica na busca por esse consenso. Entretanto, L1 não retomou essas ideias na sua tomada de decisão na Questão 4.

Licenciando 2 (L2):

L2 argumentou na questão 4 do questionário, que o presidente deveria realizar pesquisas sobre os alimentos GM para verificar se os mesmos devem ser cultivados, pois ele afirma que existe uma controvérsia sobre esses alimentos, como expresso a seguir:

“Prezado Senhor Presidente, fiz uma busca em periódicos especializados em alimentos e descobri que há uma controvérsia. Um estudo feito com ratos demonstraram que ao alimentá-los com organismos geneticamente modificado (OGM), esses têm morte precoce e sofrem de câncer mais frequentemente. No entanto, esta pesquisa foi financiada por empresas do setor alimentício que não produzem OGM, levando a pensar que os resultados da pesquisa foram comprometidos.

Houve uma pesquisa que não levou em consideração a ética na pesquisa. Fizemos um estudo em crianças chinesas para verificar se os alimentos modificados superaram a carência nutricional dessas crianças. Mas, infelizmente não podemos levar esse estudo em consideração.

Outra pesquisa importante, foi um estudo divulgado pelo comissariado Europeu para Pesquisa, Inovação e Ciência, em que analisou durante uma década 50 projetos de pesquisa sobre a segurança de OGM e chegaram a um consenso: “os

OGMs não oferecem risco maior à saúde humana, animal e ao meio ambiente do que plantas ou organismos convencionais”.

Levando todas essas pesquisas em consideração, penso que deveríamos fazer a nossa própria pesquisa. Pois, dessa maneira, teríamos a nossa própria conclusão, visto que, não haverá interesses pessoais ou econômicos que possam comprometer os dados”. (resposta de L2 a questão 4 do questionário).

Em síntese das análises das respostas de L2 ao questionário, podemos evidenciar que:

- Apresentou uma compreensão não funcional de conhecimento de NC, no que se refere a possibilidade de existir uma relação entre os dados obtidos na pesquisa e o financiamento em resposta à Questão 1. Tal consideração pode ser corroborada na tomada de decisão na Questão 4, na qual ele afirma que os resultados da pesquisa foram comprometidos pelo financiamento.
- Demonstrou uma compreensão funcional no que diz respeito a importância da aprovação do Comitê de Ética nas pesquisas científicas envolvendo seres humanos em resposta à Questão 2. Essa compreensão funcional também fica evidente no trecho acima, quando ele reafirma na sua tomada de decisão que uma pesquisa realizada com crianças chinesas desconsiderou a ética na pesquisa. Zeidler *et al.*, (2009) afirmam que a abordagem de QSC atrelado a NC proporciona aos estudantes a habilidade de argumentação sobre questões morais, éticas e sociais. Diante disso, consideramos que a temática escolhida, por se tratar de uma QSC, pode ter contribuído para que L1 e L2, desenvolvessem essa habilidade de argumentação com relação aos aspectos éticos na pesquisa.
- Demonstrou uma compreensão funcional sobre a existência de um consenso na comunidade científica em torno dos métodos de avaliação em resposta a Questão 3. Isso é confirmado na sua tomada de decisão, quando ressalta que o comissariado Europeu analisou 50 projetos científicos que chegaram no consenso que os OGM não oferecem mais risco a saúde e ao meio ambiente do que plantas ou organismos convencionais.
- Apresentou uma compreensão não funcional de NC, no que se refere à importância da ciência buscar por um consenso e com relação à parcialidade das pesquisas científicas, pois ele afirma na resposta da Questão 3, que só é possível a ciência ser consensual se as pesquisas forem imparciais. Talvez, sobretudo por esse motivo, ele tenha optado na sua tomada de decisão por recomendar que o governo realize suas

próprias pesquisas, de forma imparcial, considerando que em sua opinião as pesquisas realizadas até o momento apresentam divergências. Autores como Smith e Scharmann (1999) e Erduran e Mugaloglu (2013) *apud* Almeida (2015) discutem que a subjetividade e a parcialidade são inerentes às práticas científicas, uma vez que são desenvolvidas por seres humanos que estão inseridos em contextos sociais, nos quais buscam desenvolver novos conhecimentos científicos a partir de teorias pré-existentes, além de necessitar de financiamento para se desenvolver. Entretanto, este licenciando parece não reconhecer esses aspectos das práticas científicas.

- Demonstrou uma compreensão funcional, no que refere a importância da divulgação científica na busca pelo consenso na ciência em resposta à questão 3 ao afirmar que esta permite que cientistas apoiem ou refutem uma determinada proposição. Nielsen (2012) ressalta que compreender o papel da comunicação científica, significa refletir sobre a produção do conhecimento científico, logo fica evidente que L2 compreende o processo da produção do conhecimento, uma vez que afirma que a divulgação proporciona a rejeição e aceitação de resultados científicos. Entretanto, ele não utilizou esse aspecto na tomada de decisão na questão 4.

Licenciando 3 (L3):

L3 argumentou ser contra o plantio de alimentos GM, isso fica evidente na tomada de decisão da questão 4 do questionário, quando argumenta que esses alimentos aumentam o índice de tumores e mortalidade, como expresso a seguir:

“Senhor Presidente, há vários estudos sobre os alimentos geneticamente modificados. Alguns deles provaram que o uso do milho modificado pode ser prejudicial, foi feito teste em 200 ratos entre eles machos e fêmeas e, todos apresentaram aumento de tumores e de mortalidade. Portanto esses efeitos podem trazer consequências para a população. Outro fato é que há um interesse muito grande dessas empresas em financiar alguns plantios e fornecer os alimentos. Acredito que o Sr. Presidente deveria investir mais na agricultura familiar estes podem ser motivados e aumentarão suas produções que por sua vez são produtos mais saudáveis e podem atender a população. Outro fato a ser considerado é que algumas pesquisas são feitas em cobaias como crianças, portanto todos esses dados devem ser avaliados”. (resposta de L3 a questão 4 do questionário).

Com relação as análises das respostas de L3 ao questionário, podemos sintetizar que:

- Demonstrou uma compreensão funcional de conhecimentos de NC, no que se refere à influência dos financiadores nos resultados obtidos na pesquisa publicada na revista *Food and Chemical Toxicology*. Isso porque, em resposta à Questão 1 do questionário ele leva em consideração as evidências disponíveis e afirma que os dados obtidos são confiáveis. Ele retoma tal consideração ao responder a Questão 4, na qual afirma que os alimentos GM são prejudiciais à saúde da população diante dos resultados do referido estudo.
- Apresentou uma compreensão funcional de NC, no que concerne à importância da apreciação e aprovação do Comitê de Ética nas pesquisas científicas no contexto exposto na Questão 2. Naquela ocasião ele reconheceu que a preocupação do ministério chinês é devido à utilização de seres humanos como cobaias. Na tomada de decisão da Questão 4, ele reafirma essa ideia quando diz que algumas pesquisas científicas são realizadas utilizando crianças como cobaias.
- Demonstrou uma compreensão não funcional no que diz respeito à existência de um consenso na comunidade científica em torno dos métodos de avaliação exposto na questão 3, pois não foi capaz de reconhecer o relativo consenso apresentado naquele contexto. Além disso, no que referente a importância da divulgação científica na busca pelo consenso na ciência, ele não discorreu sobre qual seria esse papel demonstrando uma compreensão não funcional. Ambos os aspectos não foram retomados por L3 em seu posicionamento na Questão 4.

Licenciando 4 (L4):

L4 argumentou que o presidente não deve liberar o plantio de alimentos GM, pois esses alimentos representam um risco para saúde da população:

“O presidente não deve liberar o plantio de alimentos geneticamente modificados, uma vez que esses alimentos trazem riscos à saúde da população. Um estudo publicado pela revista Food and Chemical Toxicology afirma que os ratos alimentados com organismos geneticamente modificados têm morte precoce e sofrem de câncer com mais frequência. Portanto, tais alimentos representam um grande risco à saúde dos humanos.

Outro fator pelo qual o presidente não deve liberar o plantio desses alimentos é porque as empresas que financiaram as pesquisas manipulam seus resultados de acordo com seus interesses individuais. Conforme o estudo financiado pela fundação CERES, bancada por cerca de 50 empresas, algumas delas do setor de alimentação que não produzem OGM, assim como pela fundação Charles Leopold Meyer pelo progresso da Humanidade.

Outro motivo pela qual o presidente não deve liberar o plantio de alimentos GM é pelo fato de muitas empresas utilizarem cobaias humanas em seus estudos,

colocando a vida de seres humanos em risco. Uma denúncia realizada pela Greenpeace (organização não-governamental-ONG que atua para defender o meio ambiente, inspirando mudanças de atitude) acusou uma instituição americana de alimentar crianças chinesas com arroz geneticamente modificado”. (resposta de L4 a questão 4 do questionário).

Em síntese as análises das respostas de L4 ao questionário, podemos evidenciar que:

- Apresentou uma compressão não funcional na questão 1, ao tirar conclusões precipitadas no que se refere a possibilidade dos dados obtidos na pesquisa publicada na revista *Food and Chemical Toxicology*, estarem comprometidos pelos. Na tomada de decisão ele retoma esse posicionamento, demonstrando novamente uma compreensão não funcional quando afirma que as empresas que financiam as pesquisas manipulam seus resultados de acordo com os seus interesses.
- Demonstrou uma compressão funcional de NC ao considerar na Questão 2 que os cientistas utilizaram crianças como cobaias em pesquisas científicas, algo que não está de acordo com os princípios éticos nas pesquisas envolvendo seres humanos. Isso é demonstrado por ele no trecho acima, referente a Questão 4, na qual justifica que não deve liberar o plantio de alimentos GM, pois algumas empresas utilizaram cobaias humanas em pesquisas científicas colocando a vida desses seres humanos em risco.
- Demonstrou uma compreensão não funcional no que concerne à existência do consenso em torno dos métodos de avaliação na Questão 3, pois não analisou criticamente os dados disponíveis afirmando que não há um consenso em torno dos métodos de avaliação. Entretanto, apresentou uma compreensão funcional de NC, no que se refere a importância da divulgação científica para alcançar o consenso na ciência. O licenciando não utilizou essas ideias na tomada de decisão da Questão 4.

Licenciando 5 (L5):

Ao analisarmos a resposta de L5 à Questão 4, fica evidente que ele não utilizou os dados que foram disponibilizados ao longo do questionário para a tomada de decisão, talvez porque isso não tenha sido solicitado explicitamente no enunciado da questão. Acreditamos que uma possível influência para a tomada de decisão deste licenciando foram as leituras prévias sobre o tema Transgênico realizadas por ele na disciplina de Prática de Ensino de Química IV. A seguir, apresentamos seu posicionamento:

“É importante tomar como principais questões a serem levantadas: a situação econômica do país, a situação da saúde da população e os possíveis benefícios e malefícios de ter o plantio de alimentos transgênicos (GM).

É importante destacar que os plantios desses alimentos são muito mais resistentes às pragas, o que diminui significativamente possíveis prejuízos e aumenta a disponibilidade do produto tanto para consumo quanto para exportação.

Por outro lado, tem que ser analisada a situação da saúde da população relacionada com os resultados obtidos nas pesquisas dos alimentos que querem plantar. Por exemplo, se há risco de problema renal no consumo desses alimentos, e a população já tem, historicamente, esta propensão, não fará sentido o consumo, pois o que foi ganho na economia pode ser gasto na saúde pública.

Por último deve-se pôr em uma ‘balança’ se os benefícios (de todos os âmbitos) se sobressaem aos malefícios (de todos os âmbitos). Esta análise só é possível ser feita por quem conhece a fundo todo o país, o presidente.

Há vários motivos (aumento da economia, da produção e benefícios nutricionais) que tornam o uso de transgênicos (OGM) bons. Porém, é necessário a análise a longo prazo para não ter prejuízos para a população, o que justifica esta análise”. (resposta de L5 a questão 4 do questionário).

Com relação as respostas de L5 ao questionário, podemos sintetizar que:

- Apresentou uma compreensão não funcional ao tirar a conclusão precipitada que os dados da pesquisa apresentados na Questão 1 podem ser relacionados ao financiamento das empresas que não produzem OGM. Entretanto, não menciona essa ideia na tomada de decisão da Questão 4.
- Não foi capaz de compreender de maneira funcional que a preocupação do ministério chinês é devido ao método adotado pelos cientistas, no qual utilizaram crianças chinesas como cobaias, sem estar de acordo com o Comitê de Ética na pesquisa envolvendo seres humanos, ao responder à Questão 2. O licenciando também não expressou em seu posicionamento a importância de se resguardar os princípios éticos nas pesquisas com seres humanos.
- Não expressou de maneira funcional os aspectos de NC, com relação a existência de um consenso na comunidade científica em torno da avaliação dos métodos utilizados pelos cientistas, bem como não compreendeu a importância da ciência buscar por um consenso para consolidar leis e teorias que são relevantes para seu desenvolvimento, além do papel da divulgação científica para alcançar esse consenso. Essas ideias não foram utilizadas na tomada de decisão da Questão 4.
- Apresentou uma compreensão funcional sobre a importância de controles de variáveis nos experimentos, uma vez que na tomada de decisão ele afirma a necessidade de realizar análise em um longo período de tempo para verificar os

possíveis problemas acarretados na população. Allchin (2011) afirma a importância dos estudantes compreenderem os métodos de investigação empregados nas pesquisas científicas, ou seja, entender que os experimentos são controlados por variáveis.

Licenciando 6 (L6):

L6 argumentou na tomada de decisão, que o presidente deve utilizar outros recursos, como a agricultura familiar, para aumentar a produção de alimentos no país, algo que nos parece uma influência das discussões ocorridas na disciplina Prática de Ensino IV. Entretanto, ele afirma que se o presidente escolher a plantação de alimentos GM, o mesmo deve realizar pesquisas para verificar se o consumo desses alimentos é prejudicial à saúde da população:

“Sr. Presidente

Os transgênicos (OGM) representam uma alternativa em potencial para se aumentar a produtividade de alimentos no nosso país. Com estes poderíamos aumentar a produtividade e conseguir atender as demandas.

Vários estudos, entretanto têm evidenciado que esse tipo de alimento pode oferecer riscos à saúde, como por exemplo, contribuir para o desenvolvimento de câncer e outros problemas. Logo pode ser muito arriscado alimentar a população com estes e termos grandes problemas no futuro.

Órgãos como o OMS (Organização Mundial da Saúde) tem defendido que estes alimentos não oferecem riscos à saúde. Além disso, várias pesquisas mostram que estes alimentos podem ser utilizados, e devem, quando há uma carência nutricional.

Existem alternativas ao uso de transgênicos, como por exemplo, o incentivo da agricultura familiar. Tais alternativas podem ser favoráveis as pessoas mais pobres e contribuir para redução da fome.

Acredito que se o senhor desejar utilizar tais alternativas antes deve fazer um estudo em grande escala para ver se tal recurso não irá oferecer riscos para a saúde da população. Após vários estudos se optar por utilizar os alimentos transgênicos terá meu apoio.

De seu amigo e consultor

D.M.M”. (resposta de L6 a questão 4 do questionário).

Em resumo as análises das respostas de L6 ao questionário, evidenciamos que:

- Realizou uma análise bem informada no que se refere a interpretação dos dados científicos apresentados na Questão 1 e sua relação com o financiamento, pois demonstrou compreender que o financiamento pode afetar as pesquisas científicas, mas que no contexto exposto na Questão 1 não há indícios dessa influência. Essa compreensão funcional sobre o financiamento da pesquisa e sua relação com os dados pode ser corroborada na tomada de decisão da Questão 4, quando ele afirma

que estudos evidenciaram que os alimentos GM trazem riscos à saúde da população. Indicando que ele considera a validade desses dados.

- Expressou uma compreensão não funcional com relação aos aspectos éticos das pesquisas científicas, pois não conseguiu refletir que a preocupação do ministério chinês é de utilizar crianças chinesas como cobaias em pesquisas científicas. Em seu posicionamento na Questão 4, L6 também não menciona a importância dos princípios éticos nas pesquisas.
- No que se refere a existência do consenso da comunidade científica em torno dos métodos de avaliação adotados pelos cientistas não demonstrou realizar uma análise bem informada em resposta à Questão 3, pois afirma que o tema OGM não é consensual na ciência sem considerar o contexto apresentado. Entretanto na tomada de decisão na questão 4, demonstrou uma compreensão funcional ao considerar que entidades organizacionais pactuam com o mesmo posicionamento, de que os alimentos GM não oferecem riscos à saúde humana, animal e ao meio ambiente, indicando compreender que existe um relativo consenso com relação a tais aspectos.
- Apresentou uma compreensão funcional da importância da ciência buscar por consenso pois ele afirma que conhecimentos bem estabelecidos pode alcançar o consenso. Além disso, compreende a importância da divulgação científica para alcançar o consenso. Entretanto, na tomada de decisão não foram corroboradas por essas ideias.

Licenciando 7 (L7):

Na tomada de decisão da questão 4 do questionário, acreditamos que L7 pode ser sido influenciado pelas leituras prévias sobre o tema Transgênico realizadas por ele na disciplina de Prática de Ensino de Química IV, pois apresenta várias informações discutidas em tais leituras, como evidencia no trecho a seguir:

“O presidente não deve liberar o plantio de alimentos geneticamente modificados, pois a maior causa da fome no mundo, mesmo havendo um crescimento populacional, não é devido à falta de alimentos, e sim por outros fatores como, a guerra, desastres naturais. Então não faz sentido aumentar a produção de alimentos.

Outro motivo é o interesse das empresas com a produção desses alimentos, então muito do que é publicado sobre os riscos e benefícios sobre esses alimentos há saúde humana é voltado para beneficiar os lucros das mesmas. Muitas pesquisas

publicadas mostram como os resultados e a metodologia foram manipulados para benefício das empresas.

Em relação ao meio ambiente, muitos herbicidas utilizados em alimentos geneticamente modificados, como por exemplo, o Roundup podem acabar com a fauna e a flora do local onde é utilizado, então além de matar as ervas eles também matam plantas e animais importante para ciclo local.

Por esses motivos, não sou a favor do presidente liberar o plantio de alimentos geneticamente modificados”. (resposta de L7 a questão 4 do questionário).

Com base nas análises das respostas de L7 ao questionário, podemos assim sintetizar:

- Apresentou uma compreensão não funcional de NC, no que refere a possibilidade de existir uma relação entre os dados obtidos na pesquisa e o financiamento em análise a Questão 1 pois ele acredita que os dados na pesquisa foram influenciados pelo financiamento das empresas que não produzem OGM. Na Questão 4, ele reafirma esse posicionamento, dizendo que as empresas têm interesses na produção de alimentos GM. Logo, ele dispõe de uma compreensão não funcional sobre como essas influências externas podem ser capazes de tornar as práticas científicas mais parciais.
- Expressou uma compreensão de conhecimentos de NC de maneira não funcional, pois ele não conseguiu analisar criticamente as evidências que o método utilizado na pesquisa pela instituição americana, não estava de acordo com os princípios éticos envolvendo seres humanos ao avaliar a Questão 2. Na tomada de decisão, não expõe a necessidade de resguardar os princípios éticos nas pesquisas científicas.
- Demonstrou uma compreensão não funcional, no que se refere a existência de um consenso na comunidade científica em torno dos métodos de avaliação utilizados para demonstrar a segurança ou riscos de alimentos GM exposto na Questão 3, afirmando que por existir influências do financiamento nas pesquisas não é possível alcançar o consenso na ciência. Essas ideias não foram utilizadas na tomada de decisão na Questão 4.

4.3. Avaliação do questionário

Como mencionado anteriormente, após o término da aplicação do questionário, solicitamos aos licenciandos que o avaliassem com base em alguns critérios (vide anexo 1). A partir da avaliação dos licenciandos elaboramos os gráficos 1 a 6 apresentados a seguir.

Gráfico 1-Com relação à clareza das perguntas do questionário

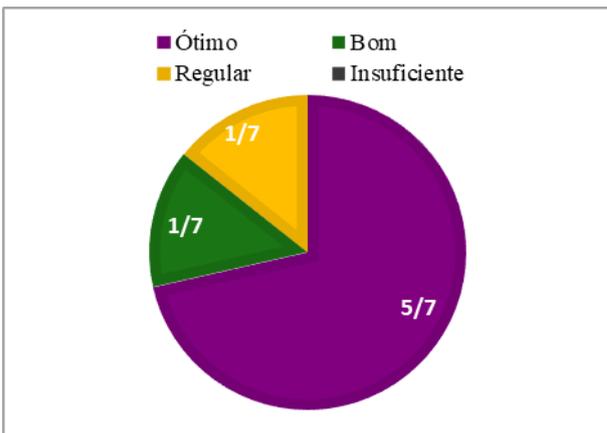


Gráfico 2- Com relação ao tempo para resposta do questionário

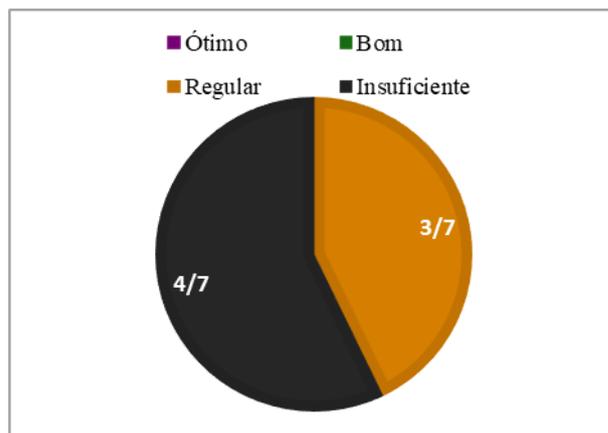


Gráfico 3-Com relação à extensão do questionário

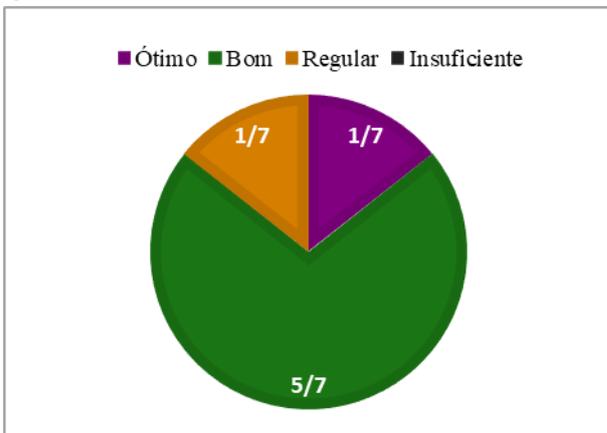


Gráfico 4- Com relação aos enunciados sobre o tema alimentos GM

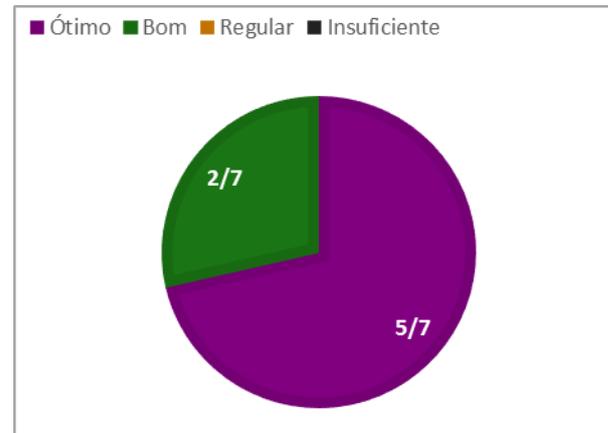


Gráfico 5- Avaliação dos seus conhecimentos sobre o tema alimentos GM

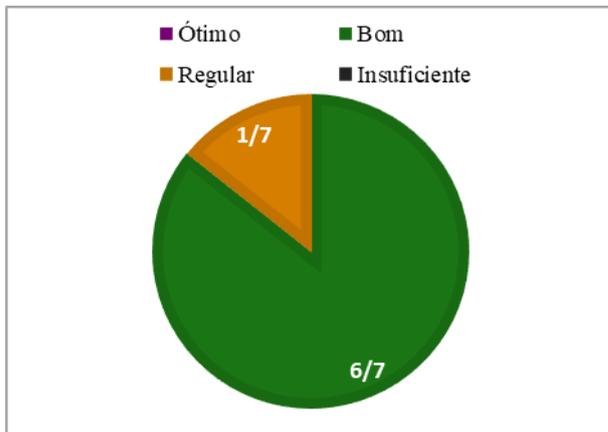
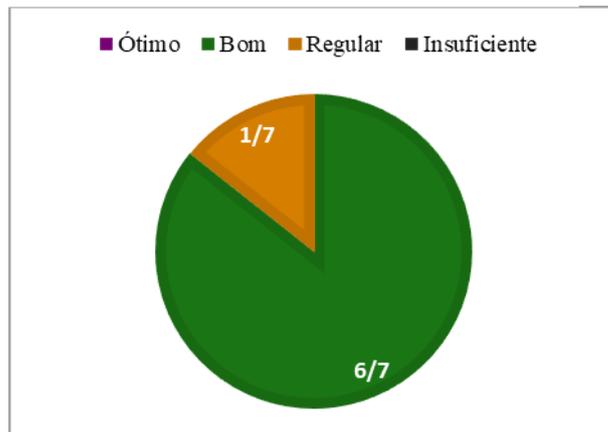


Gráfico 6- Avaliação dos seus conhecimentos sobre o tema NC



Ao analisarmos o gráfico 1, fica evidente que 5 dos licenciandos avaliaram que as perguntas do questionário estavam claras. Entretanto, durante a aplicação do questionário um licenciando, em especial, estava com dificuldade de entender o termo parcialidade apresentado na questão 1. Após a explicação das autoras desta pesquisa sobre o significado do termo parcialidade, o licenciando foi capaz de responder à pergunta. Diante disso, somos levadas a considerar uma possível reformulação da questão apresentada na seção 4.4 para que, futuramente, ao aplicar o questionário, as perguntas sejam compreensíveis.

Com relação ao tempo para resposta do questionário (vide gráfico 2), 4 dos licenciandos avaliaram como insuficiente. Como mencionado na seção 3.3, o tempo estipulado inicialmente para a resposta ao questionário era de 50 minutos, entretanto, alguns licenciandos gastaram mais de uma hora para respondê-lo. Os últimos licenciandos demoraram em média 1 hora e 36 minutos para finalizar o questionário. Por esse motivo, consideramos que a avaliação do tempo como insuficiente é devido ao tempo de 50 minutos. Diante disso, percebemos a necessidade de ampliar o tempo de resposta ao questionário para, aproximadamente, 1 hora e 40 minutos.

No que diz respeito à extensão do questionário, 5 dos licenciandos avaliaram como bom, como fica evidente no gráfico 3. Portanto, consideramos que a extensão do questionário foi suficiente para conseguir analisar os aspectos de NC. Diante disso, o tempo que os licenciandos gastaram para responder o questionário, parece não estar estritamente relacionado à extensão do mesmo, mas também a outros fatores como, por exemplo, o fato de terem que ler e interpretar cuidadosamente as informações presentes nas questões.

Sobre os enunciados das questões acerca do tema alimentos geneticamente modificados, 5 dos licenciandos avaliaram como ótimo e 2 como bom (vide gráfico 4), isso significa que os enunciados estavam coerentes com as perguntas do questionário.

Quando os licenciandos foram questionados sobre seus conhecimentos sobre o tema alimentos geneticamente modificados para responder o questionário, 6 avaliaram como bom e 1 como regular, como apresentado no gráfico 5. Isso fica ainda mais evidente na pergunta aberta, na qual os licenciandos deveriam se posicionar sobre como avaliariam o uso desses conhecimentos para elaboração das respostas:

L2: *“Foi indispensável meus conhecimentos em transgenia para responder as questões”*.

L3: *“Todos os estudos e debates incluindo o júri simulado foram importantes para elaboração da resposta”*

L4: *“A partir dos conhecimentos adquiridos sobre os transgênicos (OGM) e dos dados fornecidos nos enunciados das questões foi possível elaborar os argumentos ao longo do questionário”.*

L6: *“Acredito que conhecer o tema foi fundamental para que respondesse o questionário com maior facilidade”.*

L7: *“Como fizemos um júri simulado e eu fiquei com a acusação, então meus conhecimentos estavam mais contra o uso dos alimentos GM”.*

Ao analisarmos as respostas dos licenciandos, fica evidente que a compreensão sobre OGM foi indispensável para os licenciandos investigados. Além disso, o júri simulado sobre o tema Transgênicos, o qual ocorreu na disciplina Prática de Ensino de Química IV, foi essencial para que os licenciandos 3 e 7 compreendessem e respondessem as questões do questionário. Ambos os licenciandos, ao tomarem sua decisão na questão 4 expressaram ideias que não estavam presentes no questionário, as quais haviam sido discutidas na disciplina como, por exemplo: o uso excessivo de herbicida *Roundup* na plantação de alimentos GM pode provocar a extinção de insetos (abelha), esses alimentos GM são mais resistentes a herbicidas e produzem toxinas contra as pragas agrícolas. Diante disso, consideramos que os estudantes que tenham uma compreensão do tema OGM, possivelmente, podem ter elementos adicionais para responderem o questionário. Entretanto, as informações presentes nos textos, podem fornecer subsídios para que aqueles que não tenham estudado a temática consigam responde-lo.

Por fim, quando foi perguntado aos licenciandos sobre seus conhecimentos sobre natureza da ciência, 6 licenciandos avaliaram como bom e 1 como regular, indicando que a maioria acredita que seus conhecimentos sobre natureza da ciência são satisfatórios, isso pode ser evidenciado nas repostas dos licenciandos apresentadas a seguir:

L1: *“Consegui interpretar e entender as questões de acordo com os aspectos de NC e como é de fato a produção do conhecimento científico”.*

L2: *“O meu conhecimento sobre natureza da ciência contribuiu muito para responder as questões”.*

L3: *“Algumas questões foram importantes tais conhecimentos como: divulgação científica e comunidade científica”.*

L4: *“Os conhecimentos sobre natureza da ciência me auxiliaram no processo de interpretação das primeiras questões e elaboração das respostas”.*

L6: *“Acredito que ajudaram, pois fica mais fácil de perceber aspectos referentes a NC nos textos e melhor interpretá-los”.*

L7: *“Com as aulas sobre natureza da ciência que tivemos, auxiliou para responder as questões”.*

Entretanto, com base nas análises das respostas dos licenciandos ao questionário, podemos considerar que apesar deles afirmarem que seus conhecimentos de NC são satisfatórios, alguns não utilizaram de maneira funcional esses conhecimentos na tomada de decisão da questão 4 do questionário. Por exemplo, apesar de afirmar que o conhecimento sobre NC contribuiu significativamente para a resposta ao questionário, L2 apresentou uma compreensão não funcional com relação a diferentes aspectos como: a relação entre os dados da pesquisa e o financiamento e a imparcialidade das pesquisas

Algo semelhante ocorreu com os licenciandos 4 e 7 que, apesar de afirmarem que seus conhecimentos sobre NC foram importantes para responderem o questionário, quando foram solicitados a tomar uma decisão na questão 4, utilizaram alguns aspectos de NC de maneira não funcional.

Mediante o exposto, fica evidente que o questionário tem potencial para avaliar como os licenciandos compreendem aspectos de NC de maneira funcional. Além disso, acreditamos no potencial do mesmo de evidenciar como o conhecimento de NC pode contribuir para que os mesmos, possam interpretar as afirmativas científicas. Com base na avaliação do questionário, concluímos que, de uma maneira geral, foi possível validar o mesmo de acordo com os objetivos para o qual foi proposto. Além disso, diante das respostas dos licenciandos ao questionário e da avaliação dos mesmos sobre este instrumento, consideramos a possibilidade de algumas reformulações para um melhor instrumento de análise, as quais são indicadas na próxima seção.

4.4. Alterações realizadas no questionário

Nessa seção, apresentamos algumas alterações visando o aprimoramento do questionário e de sua aplicação, em função da análise das respostas dos licenciandos ao questionário e da avaliação que eles realizaram sobre este instrumento. A partir disso, discutimos o que nos levou a reformular as questões e, logo após, apresentamos as questões reformuladas no quadro com as modificações sublinhando as alterações realizadas.

Na questão 1 do questionário, optamos por reformular a redação do texto, uma vez que alguns licenciandos (L2 e L3) interpretaram de maneira equivocada o período de análise do experimento, como sendo de apenas três meses quando, na verdade, a duração do experimento foi de aproximadamente dois anos. Por esse motivo, destacamos no enunciado da questão que o período das análises realizadas sobre o efeito do milho OGM

NK603, até o momento, era de apenas três meses. Além disso, ressaltamos que o estudo realizado pelo Seralini apresentava um diferencial, com relação aos outros estudos, pois além do período de análise ser de aproximadamente de dois anos apresentavam outras variáveis importantes.

Com relação ao termo parcialidade, mencionado na seção anterior, completamos a pergunta enfatizando o significado do termo parcialidade, ou seja, a possível influência de interesses dos pesquisadores e das empresas envolvidas no estudo.

Questão 1:

Um estudo publicado pela revista *Food and Chemical Toxicology* (Toxicologia Alimentar e Química) afirma que os ratos alimentados com organismos geneticamente modificados (OGM) têm morte precoce e sofrem de câncer com mais frequência. O professor Gilles-Eric Seralini (um dos autores do estudo citado) da Universidade de Caen (noroeste da França), realizou uma pesquisa com 200 ratos que foram alimentados durante um prazo máximo de dois anos de três maneiras distintas: (i) apenas com milho OGM NK603; (ii) com milho OGM NK603 tratado com Roundup (herbicida); e (iii) com milho não alterado geneticamente tratado com Roundup. Os resultados revelaram que o primeiro rato macho alimentado apenas com milho OGM NK603; não tratado com Roundup, morreu um ano antes do rato indicador (que não se alimenta com OGM), enquanto a primeira fêmea, oito meses antes. Os tumores na pele e nos rins apareceram nos machos até 600 dias antes de surgirem nos ratos indicadores. No caso das fêmeas, os tumores nas glândulas mamárias apareceram, em média, 94 dias antes naquelas alimentadas com OGM. O estudo também revelou que OGM tratado com herbicida aumentou 2,5 vezes mais tumores mamário.

Segundo Seralini, outros estudos que analisaram os efeitos do milho OGM NK603 até o momento, eram em períodos de apenas três meses. Alguns OGM já foram analisados durante três anos, mas nunca até agora com uma análise em tal profundidade como o estudo realizado na Universidade de Caen, que avaliou diferentes variáveis durante um período de 2 anos. Esse estudo publicado na revista *Food and Chemical Toxicology* foi financiado pela Fundação CERES, bancada em parte por cerca de 50 empresas, algumas delas do setor da alimentação que não produzem OGM, assim como pela fundação Charles Leopold Meyer pelo Progresso da Humanidade.

a) Com base nesse relato do estudo, é possível relacionar os dados obtidos e o financiamento da pesquisa? Se sim, como? Se não, por quê?

- b) **Nesse contexto, como você avalia a parcialidade da pesquisa, ou seja, a possível influência de interesses dos pesquisadores e empresas nos resultados da pesquisa? Em outras palavras, a pesquisa ocorreu sem influência de fatores externos ou tais fatores podem ter influenciado na realização da mesma? Justifique.**
- c) **Alguns cientistas refutam os dados desse estudo, dizendo que a linhagem de ratos que é utilizada na pesquisa sofre tumores de mama facilmente, especialmente quando recebem alimentos ilimitadamente ou contaminados. Com base nessa informação, como você avalia a metodologia utilizada no estudo citado? Existe alguma relação entre a metodologia utilizada para se chegar aos resultados alcançados e os interesses do pesquisador? Justifique.**

Na questão 3 do questionário, percebemos a necessidade de explicitar o significado do termo divulgação científica utilizado nessa questão. Isso porque, esse termo apresenta diferentes significados na literatura da área (BALDINATO, 2009). Além disso, durante a análise das respostas dos licenciandos, percebemos interpretações diferentes para esse termo. Portanto, esclarecemos que o termo divulgação científica utilizado nesse contexto, refere-se à disseminação dos conhecimentos científicos para os membros da comunidade científica.

Questão 3:

Uma publicação da revista BBC Brasil afirma que os alimentos geneticamente modificados disponíveis no mercado internacional não representam maiores riscos à saúde do que os riscos apresentados por alimentos obtidos através de técnicas tradicionais de cruzamento agrícola. Essa é a posição de entidades como a Organização Mundial da Saúde (OMS), a Organização das Nações Unidas para Alimentação e para Agricultura (FAO), o Comissariado Europeu para Pesquisa, Inovação e Ciência e várias das principais academias de ciência do mundo. Segundo a OMS, não foi encontrado nenhum efeito sobre a saúde resultante do consumo de alimentos geneticamente modificados (GM). A comissão Europeia, reforçou essa posição quando divulgou, o resultado de quase uma década de análise de 50 projetos de pesquisas financiadas pela União Europeia sobre a segurança dos alimentos GMs para saúde humana, animal e do meio ambiente. Segundo o documento, alimentos GMs “não oferecem risco maior à saúde humana e animal ou ao meio ambiente

do que plantas ou organismos convencionais”. O responsável pelo laboratório de engenharia genética da Embrapa, Francisco Aragão, afirma que existe um consenso na comunidade científica de que os métodos de avaliação são suficientemente robustos para demonstrar a segurança ou não desses produtos. Aragão, argumenta que os protocolos de biossegurança em vigor, baseados em análises de caracterização molecular e comparações de DNA de plantas modificadas com o material genético de plantas não modificadas da mesma espécie, “são tão confiáveis quanto os protocolos para análise de qualquer outro alimento”.

- a) **Na publicação realizada na revista BBC Brasil, Aragão afirmou que existe consenso na comunidade científica com relação aos métodos de avaliação utilizados para demonstrar a segurança ou riscos dos alimentos GM. Nesse contexto, você considera que realmente há um consenso em torno desta questão? Justifique.**
- b) **Em sua opinião é possível chegar em um consenso na ciência? Qual é a importância da disseminação dos conhecimentos para os membros da comunidade científica? E qual a sua influência para que os conhecimentos se tornem consensuais?**

Por fim, consideramos que para aplicação do questionário, os pesquisadores e/ou professores que utilizarem esse instrumento de coleta de dados estipulem o tempo de 1 hora e 40 minutos. Como mencionado na seção interior, acreditamos que esse tempo será suficiente para que os estudantes consigam responder satisfatoriamente o questionário.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema NC nos últimos anos vem se destacando como um componente curricular essencial para a educação em ciências. Isso se deve ao fato de que a educação tem sido cada vez mais considerada como um preparo para a cidadania, o que requer que os estudantes compreendam os valores e pressupostos da construção do conhecimento científico e utilizem-no criticamente em questões relacionadas com a ciência e a sociedade (MATTHEWS, 1998; SMITH; SCHARMANN, 1999; LEDERMAN, 2006; ALLCHIN, 2011).

Diante disso, pesquisadores e educadores vem desenvolvendo instrumentos para investigar as concepções de estudantes e professores sobre NC (CHAMBERS, 1983; LEDERMAN; O'MALLEY, 1990; AIKENHEAD;RYAN, 1992; TSAI; LIU, 2005). Um exemplo disso, é o questionário VNOS de Lederman e colaboradores (2002) amplamente utilizado nas pesquisas na área de Ensino de Ciências. Entretanto, autores como Allchin (2011), criticam esses instrumentos, pois segundo o autor, eles não contribuem para uma análise profunda da compreensão funcional dos estudantes sobre NC, além de apresentar uma visão restrita dessas concepções.

Frente a essas ideias, visando alcançar nosso primeiro objetivo específico neste trabalho – *elaborar um questionário com a temática OGM e relacioná-lo aos objetivos de avaliação de NC segundo Allchin (2011)*– elaboramos um instrumento diferente do que os que vem sendo utilizados nas pesquisas em Ensino de Ciências. Nesse sentido, desenvolvemos um questionário contextualizado, no qual utiliza-se uma QSC referente aos *organismos geneticamente modificados (OGM)*, com intuito de avaliar *como* os licenciandos utilizam seus conhecimentos de NC para realizar uma análise bem informada das afirmativas científicas na temática em questão.

Nesse sentido, o questionário demonstrou apresentar o potencial de avaliar alguns aspectos de NC mais evidentes na nossa perspectiva em relação a temática em questão, os quais corroboram com alguns itens das dimensões de confiabilidade propostas por Allchin (2011), são eles: a possível relação entre as pesquisas científicas e o financiamento; a importância da ética nas pesquisas que envolvem seres humanos; a importância de existir

um consenso na comunidade científica e o papel da divulgação científica para alcançar esse consenso.

No que se refere ao nosso segundo objetivo específico – *Investigar, a partir das respostas dos licenciados, quais conhecimentos de natureza da ciência foram possíveis elencar com o questionário e como os licenciandos utilizaram esses conhecimentos diante dos contextos apresentados*– de uma maneira geral foi possível verificar que os licenciandos expressaram os principais aspectos de NC que o questionário tinha por objetivo analisar. Contudo, como discutido ao longo da análise eles utilizaram esses conhecimentos de maneiras diferentes frente aos contextos que lhes foram apresentados nas questões. Nesse sentido, embora alguns licenciandos tenham apresentado uma compreensão funcional sobre determinados aspectos de NC, eles não foram capazes de fazê-lo com todos os aspectos.

Autores como Erduran e Mugaloglu (2013) *apud* Almeida (2015), discutem que os estudantes devem ter entendimento de que os conhecimentos científicos para serem desenvolvidos necessitam de financiamento. Além disso, eles devem compreender que em determinados contextos da ciência, esses conhecimentos podem ser influenciados por empresas ou fundações (SADLER *et al.*, 2004). Mas para tal afirmação, os mesmos devem realizar uma análise bem informada das afirmativas científicas, ou seja, devem ter a habilidade de interpretar e avaliar os dados científicos disponíveis (ALLCHIN, 2011).

Entretanto, com base na análise das respostas dos licenciandos, percebemos que a maioria deles não realizou uma análise bem informada com relação ao financiamento das pesquisas, expressando uma compreensão não funcional sobre esse aspecto. Apenas dois licenciandos apresentaram uma compreensão funcional, uma vez que analisaram criticamente os dados científicos e concluíram que não era possível afirmar que de fato foram influenciados pelo financiamento.

Assim, ao contrário de algumas pesquisas que têm evidenciado que estudantes e professores apresentam a concepção de que a Ciência é neutra e isenta de influências externas (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001), os licenciados que compõem nossa amostra parecem reconhecer que essas influências podem impactar significativamente essas pesquisas. Contudo, diante dos resultados alcançados somos levados a acreditar que muitos deles apresentam uma compreensão declarativa sobre este aspecto uma vez que não foram capazes de utilizá-lo e analisar criticamente os dados apresentados para fundamentar suas conclusões.

Por outro lado, foi possível verificar que, em sua maioria, os licenciandos demonstraram uma compreensão funcional no que se refere a importância de resguardar os princípios éticos nas pesquisas envolvendo seres humanos. Acreditamos que a expressão desse aspecto pode ter sido favorecida pela temática abordada, uma vez que as QSC favorecem discussões sobre como o conhecimento científico é produzido e a sua relação com as questões éticas e morais (SADLER *et al.*, 2004; ZEIDLER *et al.*, 2005; LEWIS; LEACH, 2006).

Frente a essas ideias, concordamos com Lewis e Leach (2006) no que se refere à necessidade de se investigar as habilidades de raciocínio ético e científico dos estudantes. Em seus estudos, esses autores concluíram que envolver os estudantes em discussões fundamentadas em questões éticas, morais e sociais com base na ciência pode contribuir para que eles compreendam como é o processo de produção do conhecimento científico e que, em determinados contextos, ele pode ter uma natureza provisória. Diante disso, fica evidente a necessidade de utilizar abordagens de ensino que envolvam QSC atreladas a NC, para que os estudantes desenvolvam habilidades de argumentar sobre questões éticas e morais que estão vinculadas com as práticas científicas (SADLER *et al.*, 2004; ZEIDLER *et al.*, 2009).

Somente três licenciandos compreenderam de maneira funcional a existência de um relativo consenso na comunidade científica em torno dos métodos adotados pelos cientistas para verificar a segurança e os riscos de alimentos GM. Talvez isso tenha ocorrido, porque apenas dois licenciandos demonstraram reconhecer a importância da ciência buscar um consenso. Os demais parecem desconhecer que para que a Ciência avance e ocorra a construção de novos conhecimentos é necessário dispor de leis e teorias que são consensuais na ciência (LATOURETTE, 2000). Diante dessa análise é evidente a necessidade de se discutir nos cursos de formação inicial e continuada de professores tais aspectos, de modo a favorecer uma compreensão funcional acerca dos mesmos, bem como a adequada discussão de tais aspectos pelos professores na educação básica.

Por fim, ao relacionar a importância da divulgação científica para alcançar o consenso na ciência, somente três licenciandos compreenderam de maneira funcional que o papel da divulgação (a difusão dos conhecimentos científicos para os membros da comunidade científica de diversas áreas de conhecimentos (PASQUALI, 1978 *apud* BALDINATO, 2009) contribui para o compartilhamento de novos conhecimentos científicos que são essenciais para o desenvolvimento da ciência (NIELSEN, 2012).

Diante da análise das respostas dos licenciandos, percebemos a necessidade de incluir nos currículos dos cursos de formação de professores, atividades que proporcionam a compreensão funcional de aspectos de NC. Isso porque, ainda que alguns deles tenham reconhecido aspectos de NC como, por exemplo, a influência do financiamento nas pesquisas, em alguns casos eles não foram capazes de utilizar esse aspecto para realizar uma análise bem informada das afirmativas científicas.

Para isso, apostamos que a discussão de casos controversos da ciência, sejam eles históricos ou contemporâneos (como o tema abordado nesta pesquisa), podem ser uma via interessante para proporcionar aos licenciandos uma compreensão mais funcional sobre NC. No que diz respeito ao primeiro, Justi e Mendonça (2014) evidenciam que o envolvimento dos licenciandos em uma atividade relacionada a um fato da história da ciência contribuiu para que eles compreendessem, de maneira ampla, vários aspectos sobre a ciência, a produção e o uso do conhecimento científico.

Frente aos aspectos discutidos e a avaliação realizada pelos licenciandos foi possível identificar que eles avaliaram positivamente o instrumento no que diz respeito à clareza das questões e seus enunciados, bem como sua extensão. Contudo, algumas adaptações foram realizadas em função da avaliação dos licenciandos e de suas respostas ao questionário como, por exemplo: o aumento do tempo para resposta e o esclarecimento de alguns termos como parcialidade e divulgação científica.

Consideramos que este instrumento pode contribuir para as pesquisas na área de Ensino de Ciências, uma vez que o questionário elaborado apresenta uma perspectiva diferente dos diversos instrumentos que vem sendo utilizados nas pesquisas educacionais para avaliar conhecimentos de NC. Isso porque consiste em um questionário aberto, contextualizado e com temática atual da ciência (OGM), favorecendo a avaliação mais profunda das concepções dos licenciandos sobre NC se comparado aos questionários fechados, por exemplo.

Entretanto, consideramos que o instrumento apresenta limitações quando aplicado para sujeitos das diversas áreas de ciências, uma vez que durante a elaboração focamos em determinados aspectos de NC relevantes em nossa perspectiva. Como mencionado neste trabalho, existem diferentes visões sobre NC, mesmo entre filósofos da Ciência (ALTERS, 1997). Por esse motivo, ao aplicar o questionário para outros sujeitos podemos obter aspectos de NC diferentes dos que foram elencados neste TCC. Isso porque as visões sobre

ciência podem se diferenciar entre as áreas de conhecimento, logo cada cientista pode apresentar concepções divergentes sobre um único assunto da ciência (ALTERS, 1997).

Por fim, acreditamos que este TCC pode contribuir para que novas pesquisas educacionais sejam realizadas para avaliar como os estudantes compreendem e utilizam os conhecimentos de NC de maneira funcional para tomadas de decisões conscientes sobre a ciência e a sociedade. Além de incentivar os professores a utilizarem abordagens de ensino que proporcionam não apenas o ensino-aprendizagem dos conceitos científicos, mas também a compreensão das dimensões históricos, culturais, sociais, éticos e morais na produção do conhecimento científico (MATTHEWS, 1995).

6. REFERÊNCIAS

- ABD-EL-KHALICK, F; BELL, R. L; LEDERMAN, N. G. The nature of Science and instructional practice: Making the unnatural. **Science Education**, v. 84, n. 4, p. 417-436, 1998.
- AIKENHEAD, G. S; RYAN, A. G. The Development of a New Instrument: “Views on Science-Technology-Society” (VOSTS). **Science Education**, v. 76, n. 5, p. 477-491, 1992.
- ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. **Science Education**, p. 518-542, 2011.
- ALLCHIN, D; ANDERSEN, H. M; NIELSEN, K. Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. **Science Education**, v. 98, n.3, p. 461-486, 2014.
- ALMEIDA, B. C. **Natureza da ciência sob holofotes: perspectivas, propostas e contribuições para o ensino de ciências**. 2015. 64f. Trabalho de conclusão de curso- Instituto de Ciência Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- ALTERS, B. J. Whose Nature of Science? **Journal of research in Science teaching**, v. 34, n. 1, p. 39-55, 1997.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. **Benchmarks for Science Literacy: A project 2061 Report**. New York: Oxford University Press, 1993.
- AZEVEDO, N. H; SCARPA, D. L. Revisão Sistemática de Trabalhos sobre Concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 579-619, 2017.
- AZEVEDO, N. H; SCARPA, D. L. Um levantamento em larga escala das concepções de natureza da ciência de graduandos de biologia brasileiros e os possíveis elementos formativos associados. **Revista Ensaio**, v.19, p. 1-27, 2017.
- BALDINATO, J. O. **A química segundo Michael Faraday: Um caso de divulgação científica no século XIX**. 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- BOGDAN, R. C; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em Educação**. Portugal: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Semtec, 2002.
- BRASIL. Lei nº 11.105 de 24 de março de 2005. Regulamenta o art. 225, incisos II, IV e V da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB, revoga a Lei no 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória no 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5o, 6o, 7o, 8o, 9o, 10 e 16 da Lei no 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A.M.P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **Superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia: um requisito essencial para a renovação da educação científica.** In: CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.;

CARVALHO, I. N; CONRADO, D. M; NUNES-NETO, N. Transgênicos, Leis e a Ciência: Trazendo a legislação para a sala de aula de Biologia. In: CONRADO, D. M; NUNES-NETO, N. (Org.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, proposta de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas.** Salvador: EDUFBA, 2018.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** 1. ed. São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHAMBERS, D. W. Stereotypic Images of the Scientist: The Draw-A-Scientist Test *. **Science Education**, v. 67, n. 2, p. 255-265, 1983.

China investiga uso de crianças como cobaias com arroz transgênico. [S.1]: Ciência e Saúde, 2012. Disponível em: < <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2012/09/china-investiga-uso-de-criancas-como-cobaias-com-arroz-transgenico.html>>. Acesso em: 12 de abril 2018.

Comunidade científica contesta estudo que relaciona alimentos transgênicos a câncer. [S.1]: Conselho de informações sobre Biotecnologia. Disponível em: < <http://cib.org.br/comunidade-cientifica-contesta-estudo-que-relaciona-alimentos-transgenicos-a-cancer/>>. Acesso em: 10 de abril 2018.

DURANT, J. What is scientific literacy. **Science and Culture in Europe**, v. 129, p. 129-137, 1993.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6. ed. Editora Atlas AS, 2008.

GIL-PÉREZ, D; MONTORO, I. F; ALÍS, J. C; CACHAPUZ, A; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do Trabalho Científico. **Ciência e Educação**, v.7, n.2, p. 125-153, 2001.

GRIFFITHS, A. J. WESSLER, S. R. An Introduction to Genetic Analysis. 6. ed. **Freeman and Company**, p. 1-711, 2000.

GUEDES, V. L; QUITÉRIO, J. Organismos Geneticamente Modificados e educação ambiental: entre polêmicas e o fazer ciência. **Educação Ambiental em Ação**, v. 46, n. 1, p. 1-5, 2013.

GUERRA-RAMOS, M. T. Teachers' Ideas About the Nature of Science: A Critical Analysis of Research Approaches and Their Contribution to Pedagogical Practice. **Science and Education**, v. 21, p. 631-655, 2012.

GUALAND. A. M.; GIORGI. G. Insulin formulation – a review. **European Review for Medical and Pharmacological Sciences.** v.5, p. 73-83, 2001.

HODSON, D. Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.

IRZIK, G; NOLA, R. A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. **Science and Education**, n. 20, p. 591-607, 2011.

JIMÉZES-ALEIXANDRE, M. P. Los criterios para evaluar pruebas incluyen especificidad, suficiencia, fiabilidad. **10 ideas clave competencias argumentación y uso de pruebas.** Barcelona: GRAÓ, 2010.

- JUSTI, R; ERDURAN, S. Characterizing nature of science: A supporting model for teachers. **IHPST Thirsteenthial Internacional Conference**, Rio de Janeiro, 2015.
- JUSTI, R; MENDONÇA, P. C. C. Contribuições da discussão de uma controvérsia relacionada com história para o desenvolvimento do conhecimento de professores sobre ciências. In: II Conferencia latino americana del international, history and philosophy of science teaching group ihpst- LA, Santiago De Chile, 2014.
- KOSMINSKY, L; GIORDAN, M. Visões de Ciências e sobre Cientista entre Estudantes do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, n. 15, p. 11-18, 2002.
- LATOUR, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.
- LEDERMAN, N. G; O'MALLEY, M. Students' Perceptions of Tentativeness in Science: Development, Use, and Sources of Change. **Science Education**, v. 74, n. 2, p. 225-239, 1990.
- LEDERMAN, N. G. Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.
- LEDERMAN, N.G. Syntax of Nature of Science Within Inquiry and Science instruction. **Scientific Inquiry and nature of Science: implications**, p. 301-317, 2006.
- LEDERMAN, N. G; ABD-EL-KHALICK, F; BELL, R. L; SCHWARTZ, R. S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learner's Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.
- LEWIS, J; LEACH, J. Discussion of Socio-scientific Issues: The role of science knowledge. **International Journal of Science Education**, v. 28, n.11, p. 1267-1287, 2006.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. 2ª. Rio de Janeiro: EPU, 2015.
- MATTHEWS. M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximações. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- MATTHEWS. M. R. In defende of modest goals when teaching about the Nature of Science. **Journal of research in Science Teaching**, v. 35, n. 2, p. 161- 174, 1998.
- MESQUITA, N. A. S; SOARES, M. H. F. B. Visões de ciência em desenhos animados: uma alternativa para o debate sobre a construção do conhecimento científico em sala de aula. **Ciência e Educação**, v. 14, n. 3, p. 417-429, 2008.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **National Science Education Standards**. Washington-DC: National Academic Press, 1996.
- NIELSEN, K. H. Scientific Communication and the Nature of Science. **Science ando Education**, 2012.
- OSBORNE, J; COLLINS, S; RATCLIFFE, M. What 'Ideas-About-Science' Should be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. **Journal of Research um Science Teaching**, v. 40, n. 7, p. 692-720, 2003.
- PRAIA, J; GIL-PÉZEZ, D; VILCHES, A. O papel da Natureza da Ciência na Educação para a cidadania. **Ciência e Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

PAPPON, T. **Testes ‘são robustos o suficiente’, diz especialista.** [S.1]: Ciência, 2013. Disponível em: < https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/02/130207_transgenicos_seguranca_tp>. Acesso em: 5 abril. 2018.

SADLER, T. D. CHAMBERS, F. W. ZEIDLER, D. L. Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. **International Journal of Science Education**, v. 26, n.4, p. 387-409, 2004.

SADLER, T. D. Situating Socio-scientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education. **Socio-scientific Issues in the classroom.** Springer, Dordrecht, p. 1-9, 2011.

SÉRALINI, G. E; CLAIR, E; MESNAGE, R; GRESS, S; DEFARGE, N; MALATESTA, M; HENNEQUIN, D; VENDÔMOIS, J. S. Retracted: Long term toxicity of a Roundup herbicide an a Roundup-tolerant genetically modified maize. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, 11. ed., p. 4221-4231, 2012.

SCHWARTZ, R. S; LEDERMAN, N. G; CRAWFORD, B. A. Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry. **Science Education**, n. 88, p. 610-645, 2004.

SMITH, M. U; SCHARMANN, L. C. Defining versus Describing the Nature of Science: A Pragmatic Analysis for Classroom Teachers and Science Educators. **Science Education**, v. 83, p. 493-509, 1999.

TANG, G; QIN, J; DOLNIKOWSKI, G. G; RUSSELL, R; GRUSAK, M. A. Golden Rice is an effective source of vitamin A. **American Society for Nutrition**, v. 89, p. 1776-1783, 2009.

TSAI, C. C; LIU S. Y. Developing a Multi-dimensional Instrument for Assessing Students’ Epistemological Views toward Science. **International jornal of Science Education**, v. 27, n. 13, p. 1621-1638, 2005.

Transgênicos aumentam em até três vezes ocorrência de câncer em ratos. [S.1]: Ciência, 2012. Disponível em: < <http://ultimosegundo.ig.com.br/ciencia/2012-09-19/estudo-revela-toxicidade-alarmante-dos-transgenicos-para-os-ratos.html> >. Acesso em: 10 de abril. 2018.

VARANDA. S. S; BENITES. L. C. Validação de instrumentos na pesquisa qualitativa: contribuições de um professor pesquisador em formação. In: XII Congresso Nacional de Educação.

WONG, S. L; WAN, Z; CHENG, M. M. W. Learning Nature of Science Through Socioscientific Issues. **Socio-scientific Isseus in the Classroom**, p. 245-269, 2011.

YACOUBIAN, H. A. A Framework for Guiding Future Citizens to Think Critically About Nature of Science and Socioscientific Issues. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, p. 1-13, 2015.

ZEIDLER, D. L; SADLER, T. D; APPLEBAUM, S; CALLAHAN, B. E. Advancing Reflective Judgment through Socioscientific Issues. **Journal of Research in Science Teachinh**, v. 46, n. 1, p. 74-101, 2009.

ZEIDLER, D. L. SADLER, T. D. SIMMONS, M. L. HOWES, E. V.. Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. **Science Education**, 89. Ed., p. 357-377, 2005.

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1 –Avaliação do questionário

Com base na sua experiência na resposta ao questionário, solicitamos que o avalie nos seguintes aspectos:

Ótimo = desempenho plenamente satisfatório / **Bom** = desempenho satisfatório / **Regular** = desempenho aquém das expectativas / **Insuficiente** = desempenho insatisfatório

1. Com relação à clareza das perguntas:

Ótimo Bom Regular Insuficiente

2. Com relação ao tempo para resposta do questionário:

Ótimo Bom Regular Insuficiente

3. Com relação à extensão do questionário:

Ótimo Bom Regular Insuficiente

4. Com relação aos enunciados apresentados sobre o tema alimentos geneticamente modificados para elaboração da sua resposta:

Ótimo Bom Regular Insuficiente

5. Como você avalia seus conhecimentos sobre o tema alimentos geneticamente modificados para responder o questionário?

Ótimo Bom Regular Insuficiente

5.1. Como avalia o uso desses conhecimentos para elaboração das suas respostas?

6. Como você avalia seus conhecimentos sobre natureza da ciência para responder o questionário?

() Ótimo () Bom () Regular () Insuficiente

6.1. Como avalia o uso desses conhecimentos para elaboração das suas respostas?

7.2. Anexo 2 –Termo de Consentimento Livre e Esclarecido destinado aos licenciandos do curso de licenciatura em química matriculados na disciplina Práticas de Ensino de Química IV

Prezado(a) aluno(a),

Por meio deste termo, viemos convidá-lo(a) a participar como voluntário da pesquisa: “Avaliação de Natureza da Ciência: Elaboração de um questionário sociocientífico” que será desenvolvida no dia 12 de abril de 2018 pela aluna de graduação, Larissa da Silva Carneiro sob orientação da professora Paula Mendonça e co-orientação da professora Thais Oliveira.

Nosso principal objetivo nesta pesquisa é elaborar e validar um questionário para investigar os possíveis aspectos de natureza da ciência que podem ser elencados a partir de uma questão sociocientífica. A relevância desta pesquisa justifica-se pela importância de que professores tenham uma visão esclarecida sobre Natureza da Ciência para que possam abordar estes aspectos com os alunos da Educação Básica. Entretanto, o instrumento mais difundido para avaliar as concepções sobre Natureza da Ciência apresenta tais aspectos de forma descontextualizada, o que não contribui efetivamente para avaliar a capacidade dos alunos de tomar decisões fundamentadas em tais aspectos. Por isso, acreditamos que a elaboração de um instrumento embasado em uma Questão sociocientífica pode contribuir para avaliar os aspectos de Natureza da Ciência de uma maneira contextualizada, assim como a contribuição desses aspectos para a tomada de decisão dos alunos.

Para a realização desta pesquisa, será aplicado um questionário aberto aos alunos da disciplina Práticas de Ensino de Química IV. Todo o material coletado será utilizado unicamente para fins de pesquisa, não sendo reveladas em nenhuma instância de divulgação dos resultados a identidade dos licenciandos participantes.

Você será esclarecido sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar e a qualquer momento. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

Os resultados da pesquisa estarão disponíveis para você e permanecerão confidenciais. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Os dados e instrumentos utilizados nesta pesquisa ficarão guardados sob a responsabilidade das pesquisadoras, com a garantia de manutenção do sigilo e da confidencialidade. Eles serão arquivados por um período de cinco anos e após esse tempo serão destruídos. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar desse estudo. Uma cópia deste termo de consentimento será arquivada e outra será fornecida a você.

A participação nessa pesquisa não acarretará custos para você e não será disponibilizada nenhuma compensação financeira adicional. Apesar disso, diante de eventuais danos, identificados e comprovados, decorrentes da pesquisa, você tem assegurado o direito à indenização.

Para que a pesquisa possa ser realizada, solicitamos que você preencha e devolva uma das cópias deste termo de consentimento assinada.

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato conosco pelo telefone (31)987665966, no endereço: Departamento de Química da UFOP, Sala 17 ICEB I, Campus Morro do Cruzeiro ou pelo e-mail paulamendonca@iceb.ufop.br

Desde já, agradecemos sua valiosa colaboração para a realização desta pesquisa.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Paula C.C. Mendonça
Pesquisadora responsável

Larissa da Silva Carneiro
Pesquisadora responsável

Profa. M^a. Thais Mara Anastácio
Oliveira
Pesquisadora responsável

AUTORIZAÇÃO

Eu _____ portador (a) da RG.: _____ declaro que estou suficientemente esclarecido (a) sobre a pesquisa “Avaliação de Natureza da Ciência: Elaboração de um questionário sociocientífico.”, seus objetivos e metodologia e que concordo com realização da pesquisa na Disciplina Práticas Ensino de Química IV.

Assinatura do aluno participante

Local e Data