



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS**

GERLANY DE FÁTIMA DOS SANTOS PEREIRA

**APROPRIAÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS:
UMA ABORDAGEM AOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS**

BELÉM-PARÁ

2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS**

GERLANY DE FÁTIMA DOS SANTOS PEREIRA

**APROPRIAÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS:
UMA ABORDAGEM AOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, para a obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemáticas.

Área de Concentração: Educação em Ciências

Orientadora: Prof^a Dr^a Nadia Magalhães da Silva Freitas

BELÉM-PARÁ

2012

Nadia Magalhães da Silva Freitas

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) –
Biblioteca do IEMCI, UFPA**

Pereira, Gerlany de Fátima dos Santos.

Apropriação de conhecimentos científicos: Uma abordagem aos Alimentos Transgênicos / Gerlany de Fátima dos Santos Pereira, orientadora Profa. Dra. Nadia Magalhães da Silva Freitas – 2012.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, 2012.

1. Ciência – estudo e ensino. 2. Alimentos geneticamente modificados. I. Freitas, Nádia Magalhães da Silva, orient. II. Título.

CDD - 22. ed. 507

GERLANY DE FÁTIMA DOS SANTOS PEREIRA

**APROPRIAÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS:
UMA ABORDAGEM AOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS**

Data de Aprovação: 30 de Abril de 2012.

Banca examinadora

Profª Drª Nadia Magalhães da Silva Freitas – **Orientadora/Presidente da Banca**

Profª Drª Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida – **Membro Interno**

Profª Drª Ariadne da Costa Peres – **Membro Interno**

Profª Drª Valéria Rodrigues de Oliveira – **Membro Externo** (Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará)

BELÉM-PARÁ

2012

DEDICATÓRIA

Aos meus pais:

Francisco das Graças Pimentel Pereira

&

Maria Edna dos Santos Pereira

Aos meus sobrinhos:

João Victor Pereira Padilha (Meu Grandão)

&

Eduardo Pereira Padilha (Meu Querido)

Que apesar da distância, sempre estiveram presentes em minha vida, por todos os dias desta longa caminhada, não medindo esforços para que meus sonhos se tornassem realidade.

AGRADECIMENTOS

A **Deus** por ter me proporcionado vida e saúde para alcançar mais esta vitória. Se não fosse pelos Seus desígnios, nada seria possível.

A minha orientadora, Prof^a Dr^a **Nadia Magalhães da Silva Freitas**. Nem sei o que escrever pra você! No decorrer destes dois anos, não poderia imaginar que teríamos tamanha afinidade, não somente enquanto aluna e professora, orientadora e orientanda, como também enquanto seres humanos. Fomos construindo uma amizade que se solidificou com o passar do tempo, e você foi (e é) essencial para que este trabalho se tornasse realidade. Agradeço a confiança e a dedicação a mim dispensadas, além do companheirismo e da amizade... ah, também não poderia deixar de mencionar os livros e todo material bibliográfico que você forneceu no decorrer deste curso... Obrigada por tudo!

A minha grande amiga **Elinete Oliveira Raposo Ribeiro**, que foi sem dúvida nenhuma foi minha segunda orientadora. Além das contribuições teóricas com minha pesquisa, você me forneceu por incontáveis vezes a sua amizade, compreensão, apoio, sua calma... Você que tantas vezes me chamou a atenção para as melhorias do trabalho para diversos aspectos e também para minha melhora, para meu crescimento pessoal. Sei que sempre torceste por mim, por meu sucesso e pela minha felicidade. Obrigada por tudo querida!

Aos alunos da turma de **Licenciatura em Ciências Biológicas - Diurno - 2009**, por toda paciência, dedicação e esforço que tiveram em todas as etapas da realização desta pesquisa. Vivemos momentos excelentes juntos, e acabamos por construir uma bela amizade, independente da interação pesquisador/sujeitos de pesquisa. Sem vocês, a realização deste trabalho seria impossível. Obrigada por tudo!

A minha querida amiga/irmã **Manuella Teixeira Santos**. Agradeço pela sua amizade, por nunca ter me deixado fracassar. Nunca pensei que neste meio acadêmico, cheio de “competições” sem sentido, encontraria alguém como você. Quando pensei em desistir, quando estava nos meus dias mais difíceis, passando pelos piores momentos, sempre me deste uma palavra de conforto, me chamando a atenção por várias vezes, para que eu pudesse melhorar enquanto pessoa, e sempre me lembrado de que eu seria capaz, que eu conseguiria. Obrigada por ser essa amiga fiel e estar sempre ao meu lado... Saiba que nunca vou esquecer o que você e sua família fizeram por mim.

A **Kellen Tatiane Faria de Souza (Bê)**, que foi (e é) uma amiga imprescindível naqueles momentos mais difíceis (e também nos felizes). Como me senti feliz em saber o quanto se importa comigo, o quanto és uma pessoa companheira, leal e amiga. Venho me surpreendendo cada vez mais com você, a cada dia, descubro mais coisas boas, nesse ser humano incrível que você é. Obrigada “Bê”!

A **Darlene Teixeira Ferreira**, pelas incontáveis caronas e pelas inúmeras idas até o NAEA, por ter sido minha “reparadora de impressora” oficial, por ter passado tardes me ajudando a separar os cadernos temáticos, por ter ido a minha casa até no domingo pra ler as coisas que eu achava que eram besteira, e você sempre dizia “Não é besteira Gê, tá bom, a Nadia vai gostar”. Enfim, obrigada por todas as contribuições e por todo carinho!

A **Leda Valéria Alves** pela ajuda na construção das matrizes de cognição comparada e pelas ideias sugeridas para a discussão. Você foi uma pessoa que sempre acreditou em mim, procurando sempre me incentivar e me ajudar no que você podia. Obrigada.

A minha família: **Maria Edna dos Santos Pereira** e **Francisco das Graças Pimentel Pereira** (pais) e **Dayvison Benedito dos Santos Pereira** e **Elane Cristina Pereira Padilha** (irmãos). Vocês foram pessoas que sonharam comigo por toda uma vida, e me apoiaram sempre em minhas decisões, mesmo quando deixei toda uma vida confortável e cômoda pra trás em Macapá, e me aventurei no desconhecido em uma “cidade grande”... Quem diria, não é mesmo? Obrigada por todo amor, carinho, dedicação, paciência e confiança depositados em mim. Pai, você me ensinou a importância que tem o trabalho honesto. E Mãe, só você mesmo pra aturar meus “enjoos”... pra ficar aqui comigo nos dias em que seu estava tão insuportável que nem eu mesma me aguentava. Obrigada pela vida que vocês me permitiram ter.

A **Fábio José Souza Costa** e seus pais (**Deuza S. Costa** e **José Duarte** *in memoriam*) pelo aporte financeiro fornecido. Fábio, essa é uma das etapas de nossas vidas a qual sonhamos juntos. Obrigada por tudo! Apesar dos meses conturbados que passamos ultimamente, acredito que todas as dificuldades e problemas pelos quais passamos podem e devem ser superados.

Aos amigos que encontrei neste curso de mestrado, que foram companheiros e torceram pelo meu sucesso: **Maria Neide Carneiro Ramos** e **Emanuel Nogueira de Souza**. Por diversas vezes compartilhamos dúvidas, dores, alegrias... bons momentos! Obrigada pelo apoio e por confiarem no meu potencial.

A Professora e amiga Dr^a **Maria dos Remédios de Brito** que além de ser uma pessoa iluminada academicamente, conseguiu me incentivar tanto e sempre acreditou em mim. Você me disse coisas tão boas e importantes quando eu estava passando por problemas sérios, quando tive medo, quando estava triste... procurava me alegrar me presenteando com leituras maravilhosas. Obrigada amiga, todo o incentivo que recebi de você foi muito importante nesse processo.

A **Capex**, pela concessão da Bolsa.

E assim, depois de muito esperar, num dia como outro qualquer, decidi triunfar...
Decidi não esperar as oportunidades e sim, eu mesmo buscá-las.
Decidi ver cada problema como uma oportunidade de encontrar uma solução.
Decidi ver cada deserto como uma possibilidade de encontrar um oásis.
Decidi ver cada noite como um mistério a resolver.
Decidi ver cada dia como uma nova oportunidade de ser feliz.
Naquele dia descobri que meu único rival não era mais que minhas próprias
limitações e que enfrentá-las era a única e melhor forma de as superar.
Naquele dia, descobri que eu não era o melhor e que talvez eu nunca tivesse sido.
Deixei de me importar com quem ganha ou perde.
Agora me importa simplesmente saber melhor o que fazer.
Aprendi que o difícil não é chegar lá em cima, e sim deixar de subir.
Aprendi que o melhor triunfo é poder chamar alguém de "amigo".
Descobri que o amor é mais que um simples estado de enamoramento,
"o amor é uma filosofia de vida".
Naquele dia, deixei de ser um reflexo dos meus escassos triunfos passados
e passei a ser uma tênue luz no presente.
Aprendi que de nada serve ser luz se não iluminar o caminho dos demais.
Naquele dia, decidi trocar tantas coisas...
Naquele dia, aprendi que os sonhos existem para tornar-se realidade.
E desde aquele dia já não durmo para descansar...
simplesmente durmo para sonhar.

(Walter Elias Disney)

RESUMO

A abordagem aos alimentos transgênicos (AT) tem adquirido grande importância na sociedade contemporânea, apresentando-se como um tema muito debatido e controverso. Esses debates ocorrem fundamentalmente nos campos ambiental, da saúde, da economia e da ética, entre outros. A presente pesquisa traz no seu âmbito os conhecimentos científicos dos alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, sobre AT. Sentimos a necessidade de compreender “Quais conhecimentos científicos os discentes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará (UFPA) mobilizam em relação aos alimentos transgênicos?” E, considerando tais conhecimentos “Como se posicionam quando solicitados à tomada de decisão?” Trata-se de estudo qualitativo, realizado no período que compreendeu maio a agosto de 2011, nas dependências do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI) da UFPA, mediante o desenvolvimento do Curso de Extensão: “Controvérsias Sociocientíficas no Ensino de Ciências”, com o tema AT. Para o levantamento dos conhecimentos dos discentes, elaboramos um questionário no qual contemplamos também uma questão que solicitava a tomada de decisão em relação ao tema em questão. Os dados relativos aos conhecimentos dos alunos foram organizados e analisados mediante a construção de “Matriz de Cognição Comparada”. Em nossa avaliação, a maioria dos sujeitos da presente pesquisa apresenta conhecimentos pertinentes a respeito do que seja transgênico. A compreensão dos discentes sobre a produção de um AT, em geral, é apresentada de forma coerente ao que encontramos na literatura da área. Observamos quanto aos aspectos positivos da produção desses alimentos, que os argumentos utilizados pelos educandos são muito parecidos com aqueles veiculados pelos proponentes dos AT na literatura específica da área. Quando indagados sobre os aspectos negativos da produção dos AT, observamos preocupações dos sujeitos quanto aos danos ao ambiente e quanto à insuficiência de resultados de estudos conclusivos, no que diz respeito aos benefícios e/ou malefícios desses alimentos. Alguns alunos expressaram preocupações no que diz respeito ao consumo de AT, notadamente dos riscos à saúde. Eles mencionam também nessa questão, a carência de estudos conclusivos em relação à questão dos possíveis maléficis do consumo dos AT. Várias foram as justificativas apontadas pelos alunos para apoio ao consumo dos AT, tais como: o combate à fome, preços mais acessíveis, maior qualidade, durabilidade, maior teor de vitaminas, melhoria na qualidade nutricional desses alimentos e benefícios econômicos. Sobre a tomada de decisão, as respostas foram divididas em favoráveis e contrárias. Para os favoráveis, as respostas foram desde aqueles que acreditam que os transgênicos podem beneficiar a população mundial no combate a fome, até os que pensam nas melhorias nutricionais desses alimentos. Em relação aos alunos que se manifestaram contrários, destacamos os que consideraram a existência de outras formas de melhorar a produção natural de alimentos, e acreditam ser muito mais benéfico para a população o incentivo desta sem o uso de agrotóxicos e pesticidas.

Palavras-chave: Alimentos Transgênicos. Ensino de Ciências. Conhecimentos Científicos.

ABSTRACT

The approach to Transgenic Foods (TF) has acquired great importance in contemporary society, presenting itself as a subject much debated and controversial. These discussions occur primarily in the fields: environmental health, economics and ethics, among others. This research presents the scope of scientific knowledge of students in a Bachelor's Degree in Biological Sciences about TF. We feel the need to understand "What the scientific students of the Bachelor's Degree in Biological Sciences, Federal University of Pará mobilize in relation to TF?" And, given such knowledge "How stand when asked to decision making?" This is a qualitative study conducted in the period comprised from may to august 2011, at the premises of the Institute of Education Math and Science, Federal University of Pará, through the development of the Extension Course: "Socio-scientific controversies in Science Teaching," with the TF issue. To survey the knowledge of students, we developed a questionnaire form in which we contemplate also a question calling for decision making in relation to the subject. Data on knowledge of the students were organized and analyzed through the construction of "Matrix of Comparative Cognition". In our evaluation, most subjects of this study provides relevant knowledge about what is transgenic. The understanding of students on the production of an TF, in general, is presented consistently to that found in the literature. We observed about the positive aspects of the production of these foods, the arguments used by students are very similar to those transmitted by the proponents of TF in the literature of the area. When asked about the negative aspects of the production of TF, we observed the subjects' concerns about the damage to the environment and about the lack of conclusive research results, with regard to benefits and / or harmful effects of these foods. Some students expressed concerns regarding the consumption of TF, especially health risks. They also mention that issue, the lack of conclusive studies on the question of possible harmful consumption of TF. There were several reasons cited by students to support the consumption of these foods, such as: the fight against hunger, more affordable, higher quality, durability, higher content of vitamins, improved nutritional quality of food and economic benefits. About the decision, the responses were divided into for and against. For the favorable, responses were from those who believe that GM crops can benefit the world population in the fight against hunger, even those who think these foods in nutritional improvements. Regarding students who protested against those who considered highlight the existence of other ways to improve the natural production of food, and believe to be much more beneficial for the population to encourage this without the use of agrochemicals and pesticides.

Keywords: Transgenic Foods. Science Teaching. Scientific Knowledge.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Matriz de cognição comparada sobre o entendimento dos alunos sobre transgênico.....	54
Quadro 2 - Matriz de cognição comparada sobre o entendimento dos alunos de como “construir” um transgênico.....	61
Quadro 3 – Matriz comparada de cognição relativa aos aspectos positivos da produção dos alimentos transgênicos apontados por estudantes de Biologia.....	66
Quadro 4 – Matriz comparada de cognição relativa ao os aspectos negativos da produção dos alimentos transgênicos na compreensão dos sujeitos pesquisados.....	72
Quadro 5 – Matriz de Cognição Comparada sobre as justificativas conhecidas pelos estudantes para desaprovar o consumo de alimentos transgênicos.....	78
Quadro 6 – Resultados de estudos sobre alimentos transgênicos.....	82
Quadro 7 – Matriz de Cognição Comparada para as justificativas conhecidas pelos alunos que apoiam o consumo de alimentos transgênicos.....	87
Quadro 8 – Tomada de decisão sobre a liberação da produção e da comercialização dos alimentos transgênicos.....	94

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Geral	15
1.2.2 Específicos	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	17
2. CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS E O ENSINO DE CIÊNCIAS	19
2.1 A NECESSÁRIA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS.....	19
2.2 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: IMPORTÂNCIA AOS CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS.....	24
2.3 CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS E A BUSCA PARA UM ENSINO DE CIÊNCIAS TRANSFORMADOR.....	27
3 ALIMENTOS TRANSGÊNICOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: RELAÇÕES COM CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA)	32
3.1 ALIMENTOS TRANSGÊNICOS: CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	32
3.2 ALIMENTOS TRANSGÊNICOS: A POLÊMICA QUE PERMEIA DEBATES E DISCUSSÕES ACERCA DO TEMA.....	37
3.3 ALIMENTOS TRANSGÊNICOS E O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	41
4. ASPECTOS METODOLÓGICOS	46
4.1 TIPO DE ESTUDO.....	46
4.2 LOCAL DE ESTUDO.....	47
4.3 PERÍODO DE ESTUDO.....	47
4.4 SUJEITOS.....	48
4.5 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	48
4.6 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	49
4.7 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA.....	49
5. ALIMENTOS TRANSGÊNICOS: CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS MOBILIZADOS POR ALUNOS DE UM CURSO DE LICENCIATURA EM BIOLOGIA	50
5.1 ENTENDIMENTO DOS ALUNOS SOBRE TRANSGÊNICOS.....	50
5.2 COMPREENSÃO DOS LICENCIANDOS ACERCA DOS MECANISMOS	

DE PRODUÇÃO DE UM ALIMENTO TRANSGÊNICO PARA UMA DADA CARACTERÍSTICA DESEJÁVEL PRESENTE EM OUTRO ORGANISMO.....	59
5.3 ASPECTOS POSITIVOS DA PRODUÇÃO DOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS APONTADOS PELOS ESTUDANTES DE BIOLOGIA.....	64
5.4 ASPECTOS NEGATIVOS DA PRODUÇÃO DOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS NA COMPREENSÃO DOS ESTUDANTES DE BIOLOGIA.....	71
5.5 AS JUSTIFICATIVAS CONHECIDAS PELOS ALUNOS PARA A NÃO APROVAÇÃO DO CONSUMO DE ALIMENTOS TRANSGÊNICOS.....	77
5.6 AS JUSTIFICATIVAS CONHECIDAS PELOS EDUCANDOS QUE APOIAM O CONSUMO DE ALIMENTOS TRANSGÊNICOS.....	86
5.7 TOMADA DE DECISÃO SOBRE A LIBERAÇÃO DA PRODUÇÃO E DA COMERCIALIZAÇÃO DOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS.....	93
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
REFERÊNCIAS.....	105
APÊNDICE A – Instrumento de Coleta de Dados	
APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	

1 INTRODUÇÃO

No momento em que passamos a destacar conceitos, conhecimentos, informações que os educandos trazem para a sala de aula, o esperado é que se possa de alguma forma, cooperar para a tessitura de reflexões no que diz respeito a compreensão e o aprendizado destes discentes. O fato de reconhecermos a necessária renovação no processo de ensino e de aprendizagem de Ciências nos termos de Cachapuz (2011) exige, antes de qualquer coisa, uma transformação do olhar que é dirigido ao aluno, ratificando-o como produtor de conhecimento.

É nesse sentido, que a presente pesquisa traz no seu âmbito os conhecimentos científicos sobre Alimentos Transgênicos (AT). A abordagem de AT tem adquirido grande importância na sociedade contemporânea, apresentando-se como um tema muito debatido e controverso. Esses debates, acerca dos AT, ocorrem fundamentalmente nos campos ambiental, da saúde, da economia e da ética, entre outros.

Muitas pesquisas têm apontado a elevada importância que vem sendo dada ao tratamento desse tema, especialmente no que tange aos possíveis impactos ambientais e danos a saúde humana e de outras espécies de animais (CRAIG; DEGRASSI; RIPANDELLI, 2009; PATERNIANI, 2009; CERDEIRA et al., 2009; VALICENTE, 2009; PEREIRA; VIEIRA, 2009; CARPENTIERI-PÍPOLO, 2009; CARPENTIERI-PÍPOLO; MARASCHIN, 2009; MARCELINO et al., 2009; ODA; SOUZA; BORGES, 2009). Os AT, também denominados Organismos Geneticamente Modificados (OGM), é um tema aplicável à vida dos alunos, ou seja, trata-se de um tema do interesse pessoal/profissional dos sujeitos desta pesquisa, já que são discentes de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Nesse sentido, estamos diante de um tema com características atinentes as abordagens que envolvem as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), ou seja, insere-se no contexto de uma apropriada formação para a cidadania e com relevância para o ensino das Ciências (MARCHANT; MARCHANT, 1999; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2000; MARTÍN-DÍAZ, 2002). Entretanto, no tempo presente, o referido tema ainda não está sendo tratado de

maneira adequada e suficiente, tanto no âmbito da sala de aula como dos currículos escolares (MARTÍNEZ-GRACÍA; GIL-QUÍLEZ; OSADA, 2003).

A educação científica formal precisa compreender o novo contexto no qual a nossa sociedade está inserida. E, deste modo, auxiliar na preparação dos estudantes para que estes tenham condições de intervir efetiva e ativamente na sociedade da qual fazem parte. De acordo com León (2003), é de extrema importância que o sujeito contemporâneo seja portador de uma formação científica, com habilidades e atitudes que possam instrumentalizá-lo, ao longo de sua vida, para uma postura crítica, autônoma e tomada de decisão, consoante com os anseios da sociedade.

Mas, para que isso seja possível, faz-se necessária a inserção dos aspectos sociais da Ciência e da Tecnologia no ensino de Ciências. Certamente, colaborará para a preparação dos estudantes para os desafios científicos e tecnológicos futuros. No mesmo sentido, para ocorrer uma participação social concreta nesses aspectos é imprescindível a existência de uma formação científica adequada que torne plausível o entendimento dos problemas existentes, bem como das opções para resolução de tais problemas (GIL-PÉREZ; VILCHES, 2006). Assim sendo, corroboramos com o pensamento de que “Aumentar o nível de entendimento público da Ciência é hoje uma necessidade, não só como um prazer intelectual, mas também como uma necessidade de sobrevivência do homem” (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001, p. 5). Nesses termos, torna-se “[...] uma necessidade cultural ampliar o universo de conhecimentos científicos, tendo em vista que hoje se convive mais intensamente com a Ciência, a Tecnologia e seus artefatos” (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001, p. 5).

1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA

Nestes termos, sentimos a necessidade de compreender “Quais conhecimentos científicos os discentes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará (UFPA) mobilizam em relação aos alimentos transgênicos?” E, considerando tais conhecimentos “Como se posicionam quando solicitados à tomada de decisão?” Para que possamos chegar a essa

compreensão, faz-se necessário que alcancemos alguns objetivos, destacados a seguir.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

- Identificar os conhecimentos científicos sobre alimentos transgênicos, mobilizados por alunos do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas da UFPA, e o posicionamento destes frente à tomada de decisão sobre a produção, consumo e comercialização destes alimentos.

1.2.2 Específicos

- Estabelecer qual o entendimento dos alunos sobre transgenia;
- Analisar como esses educandos compreendem os mecanismos de produção de um alimento transgênico;
- Verificar o que esses discentes apontam como aspectos positivos e negativos da produção dos alimentos transgênicos;
- Levantar as justificativas que esses aprendizes concebem para o apoio e para a não aprovação do consumo de alimentos transgênicos.
- Identificar o posicionamento dos sujeitos frente à tomada de decisão sobre a produção, consumo e comercialização de alimentos transgênicos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A espécie humana, no decorrer do seu processo evolutivo, tem sido constantemente instigada a uma busca incessante por melhores condições de vida. Esta postura levou-a a uma procura por novos conhecimentos. Nesse aspecto, “A genética, após a descoberta de Mendel passou por transformações abruptas no decorrer das décadas. A engenharia genética vem ganhando um destaque dentro do campo da ciência, na economia e política” (ALVES, 2004, p. 2). Por sua vez, os demais saberes científicos e tecnológicos vêm cada vez mais ganhando espaço na vida da população, tornando-se parte do seu cotidiano.

Devido ao admirável potencial de transformação e criação possibilitado pelo *Homo sapiens* nos múltiplos campos da humanidade, tecnologias que aludem benefícios vêm sendo desenvolvidas com uma frequência cada vez maior, dentre as quais, destacamos os AT, que tem sido nos últimos anos “[...] palco de muitas especulações, equívocos e acertos” (ALVES, 2004, p. 2). Dada a controvérsia em si existente no tema, destacamos sua importância, já que se trata de um assunto “[...] recente, revestindo-se de interesses, impactos e conflitos múltiplos, constituindo um tema sobre o qual predominam as discussões científicas, éticas, econômicas e políticas [...]” (NODARI; GUERRA, 2003, p. 106). Além disso, não podemos deixar de mencionar que “[...] há um debate sobre os impactos dos Organismos Geneticamente Modificados [...] na saúde humana e animal e no meio ambiente [...]” (NODARI; GUERRA, 2003, p. 106).

Assim, destacamos a importância de se ampliarem as pesquisas concernentes a este tema no ensino de Ciências, considerando as inúmeras discussões que o mesmo poderá promover no âmbito escolar. Trata-se de um assunto que divide opiniões, inclusive de cientistas, por conta das questões que envolvem sua produção e seu consumo (CARDOSO, 2005). Destacamos nesse sentido, “A necessidade de se analisar cada aspecto: econômico, social, ético, político e ambiental é algo que precisa ocorrer de forma emergencial. A questão no momento não é ser a favor ou contra os transgênicos, pois eles aí já o estão [...]” (ALVES, 2004, p. 2). Trata-se, portanto, de estar preparado, respaldado em conhecimentos científicos, para a tomada de decisão, que dizem respeito, não

somente aos AT, como também aos outros temas controversos e complexos que cercam nossa vida em sociedade.

Por conta de sua considerável frequência na vida de uma grande quantidade de pessoas, nos mais distintos lugares do mundo, os transgênicos têm despertado interesse de pesquisadores, que vem ao longo dos anos se debruçando com grande dedicação sobre os seus instrumentos de pesquisa, com a finalidade de produzir um conhecimento mais seguro para a humanidade. Nessa perspectiva, no ensino de Ciências muitos são os estudos que vêm cunhando uma exponencial importância e evidência relativa a essa temática nos últimos anos (BOSSOLAN, 2008; DURBANO et al., 2008; FABRÍCIO et al., 2006; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2000; MARCHANT; MARCHANT, 1999; MARTÍN-DÍAZ, 2002; MARTÍNEZ-GRACÍA; GIL-QUÍLEZ; OSADA, 2003; PEDRANCINI et al., 2007; 2008; SANTOS; MARTINS, 2009; SOUZA; FARIAS, 2011; TAKAHASHI; MARTINS; QUADROS, 2008).

Entretanto, vemos a necessidade de ampliação destes estudos, considerando a relevância social, ética, econômica, científica que o tema vem adquirindo ao longo dos anos. E, com a presente pesquisa, esperamos de alguma forma contribuir para a reflexão sobre a importância dos conhecimentos científicos relativos ao tema no âmbito do ensino de Ciências. Entendemos que esses conhecimentos são determinantes para a constituição de conceitos gerais e relevantes, que tenham significado real para o aluno e que possam ser aplicados no cotidiano dos mesmos. Ademais, entendemos que a formação com vistas ao desenvolvimento crítico do sujeito, seja capaz de instrumentalizar cidadãos para tomada de decisão qualificada às exigências do mundo atual.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O presente texto está organizado em cinco capítulos, além desta Introdução. No Capítulo 2, intitulado “Conhecimentos Científicos e o Ensino de Ciências” apresentamos a contextualização dos termos que envolvem os conhecimentos científicos e suas implicações no Ensino das Ciências e na sociedade em geral, na subseção intitulada: “A necessária aquisição de conhecimentos científicos”. Trazemos também a subseção “Alfabetização Científica: importância aos

conhecimentos científicos” destacando que as ciências devem ser conjecturadas considerando-se as relações entre os conhecimentos científicos, os adventos tecnológicos e seus efeitos para a sociedade e ambiente. Por fim, trazemos a subseção “Conhecimentos científicos e a busca para um ensino de Ciências transformador”, onde destacamos os conhecimentos científicos como essenciais para a compreensão de mundo em nosso atual contexto social.

No Capítulo 3 intitulado “Alimentos Transgênicos no ensino de Ciências: relações com Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)”, fazemos considerações iniciais a respeito dos transgênicos, sua conceituação, como são “construídos”, para, a seguir, abordarmos a polêmica que permeia debates e discussões acerca do tema e, por fim, discutimos a importância dos mesmos para o ensino de Ciências e suas relações com os aspectos CTSA.

O Capítulo 4, “Aspectos Metodológicos”, caracteriza-se pelo delineamento do percurso metodológico do estudo. Explicitamos o tipo de estudo realizado, o local, o período, os sujeitos da pesquisa, os instrumentos de coleta de dados, bem como a técnica de análise dos dados, além de falarmos acerca do teste-piloto realizado e dos aspectos éticos da pesquisa.

Já no Capítulo 5, “Alimentos Transgênicos: conhecimentos científicos mobilizados por alunos de um curso de Licenciatura em Biologia” apresentamos os dados coletados e as discussões a respeito dos mesmos. O referido Capítulo está dividido em sete subseções, a saber: “5.1 Entendimento dos alunos sobre transgênicos”; “5.2 Compreensão dos licenciandos acerca dos mecanismos de produção de um alimento transgênico para uma dada característica desejável presente em outro organismo”; “5.3 Aspectos positivos da produção dos alimentos transgênicos apontados pelos estudantes de Biologia”; “5.4 Aspectos negativos da produção dos alimentos transgênicos na compreensão dos estudantes de Biologia”; “5.5 As justificativas conhecidas pelos alunos para a não aprovação do consumo de alimentos transgênicos”; “5.6 As justificativas conhecidas pelos educandos que apoiam o consumo de alimentos transgênicos” e “5.7 Tomada de decisão sobre a liberação da produção e da comercialização dos alimentos transgênicos”.

Por fim, nas “Considerações Finais”, Capítulo 6, destacamos os principais aspectos encontrados nas análises desta Dissertação.

2 CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Este capítulo está subdividido em três subseções intituladas: “A necessária aquisição de conhecimentos científicos” que trata de maneira geral, de apresentar a contextualização dos termos que envolvem os conhecimentos científicos e suas implicações no ensino das ciências e na sociedade em geral. Na subseção “Alfabetização Científica: Importância aos conhecimentos científicos” trazemos algumas das terminologias utilizadas na literatura concernente ao ensino de Ciências, para a compreensão do termo Alfabetização Científica e justificamos nossa preferência em sua utilização, destacando que as ciências devem ser vislumbradas levando-se em consideração as relações entre seus conhecimentos, os adventos tecnológicos e seus efeitos para a sociedade e para o meio ambiente, adentrando desta forma, em nosso foco de estudo, os AT. E, por fim, na subseção “Conhecimentos científicos e a busca para um ensino de Ciências transformador” procuramos mostrar que os conhecimentos científicos subsidiam a compreensão de mundo e se fazem cada vez mais necessários em nossa sociedade. Destacamos que eles devem ser trabalhados em sala de aula, apresentando-se na forma de conteúdos condizentes com a realidade discente, com a intensão de tornar significativo para o aluno o que será ensinado nos espaços de formação. Evidenciamos ainda, a proposta de orientação da organização do ensino de acordo com eixos temáticos constantes nos PCN (BRASIL, 2002).

2.1 A NECESSÁRIA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS

Todos os dias somos “bombardeados” com uma enorme quantidade de informações, difundidas pelos mais diversificados veículos de comunicação. Essas informações geralmente remetem a fatos cuja compreensão depende do domínio de conhecimentos científicos. Observamos em especial, nos últimos anos, que os conhecimentos biológicos têm estado extensamente presentes em nossas vidas, dado os avanços dessa ciência em várias áreas específicas, como é o caso da engenharia genética e da biotecnologia. A linguagem de origem científica tem

integrado enormemente nosso léxico e expressões como: DNA, cromossomos, genoma, clonagem e transgênicos, tornaram-se comuns e utilizadas por pessoas com os mais variados graus de instrução, inclusive por aquelas que tiveram pouco acesso a escolarização. Portanto,

Como notícia política, como notícia econômica, como parte de uma discussão ética, assuntos biológicos cruzam os muros acadêmicos e passam a ser discutidos em jornais e revistas de grande circulação ou em programas de entretenimento veiculados pela TV ou pelo rádio. Em uma mesma página de jornal, podemos encontrar mais que uma notícia relacionada a temas biológicos [...] (BRASIL, 2002, p. 37).

Nestes termos, “Dominar conhecimentos biológicos para compreender os debates contemporâneos e deles participar, no entanto, constitui apenas uma das finalidades do estudo dessa ciência no âmbito escolar” (BRASIL, 2002, p. 38), pois além destas, há outras finalidades, a saber:

As ciências biológicas reúnem algumas das respostas às indagações que vêm sendo formuladas pelo ser humano, ao longo de sua história, para compreender a origem, a reprodução, a evolução da vida, e da vida humana, em toda sua diversidade de organização e interação. Representam também uma maneira de enfrentar as questões com sentido prático que a humanidade tem se colocado, desde sempre, visando à manutenção de sua própria existência e que dizem respeito à saúde, à produção de alimentos, à produção tecnológica, enfim, ao modo como interage com o ambiente para dele extrair sua sobrevivência (BRASIL, 2002, p. 38).

A partir dessa compreensão, aprender Biologia de forma crítica e vinculada aos problemas sociais, culturais, econômicos, ambientais, permitirá ao educando ampliar sua compreensão a respeito da vida, notadamente, colaborará para que seja entendido por ele, o quão singular é a vida humana, o quanto dependemos dos demais seres vivos e do meio ambiente para a manutenção da nossa própria existência. Entender essas especificidades é fundamental para compreender a maneira pela qual o homem se relaciona com a natureza e as transformações que nela promove. Por sua vez, entendemos que ao mesmo tempo “[...] essa ciência pode favorecer o desenvolvimento de modos de pensar e agir que permitem aos indivíduos se situar no mundo e dele participar de modo consciente e consequente” (BRASIL, 2002, p. 38).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (2002) - estabelecem recomendações aos docentes e as escolas, no que diz respeito aos procedimentos e métodos da didática das Ciências. O mesmo vale para orientações concernentes à formação ou capacitação de professores, pois esta pode merecer recomendações específicas

“[...] ao se considerarem os conhecimentos científicos ou as habilidades didáticas, necessários à condução do ensino, nos termos aqui propostos [...]” (BRASIL, 2002, p. 23).

Desta forma, no presente texto, tomamos como entendimento de conhecimentos científicos aqueles que estão em consonância com as novas exigências para o ensino de Ciências, que incluem além da dimensão conceitual, as dimensões procedimentais e atitudinais.

Exige-se agora que o ensino consiga conjugar harmoniosamente a dimensão conceptual da aprendizagem disciplinar com a dimensão formativa e cultural. Propõe-se ensinar Ciências a partir do ensino *sobre* Ciências. O conteúdo curricular ganha novas dimensões no antigo entendimento do conceito de conteúdo. Para incluir além da dimensão conceitual, as dimensões procedimentais e atitudinais, esta representada pela discussão dos valores do próprio conteúdo (CARVALHO, 2004, p. 2-3).

Nesses termos,

A dimensão conceitual também sofre influência das mudanças culturais de nossa sociedade, assim, assume particular importância a atual reconceptualização do ensino das ciências – a passagem da concepção do ensino de ciência pura para a concepção de Ciências/Tecnologia e Sociedade – CTS [...], isto é, não se pode conceber hoje o ensino de Ciências sem que esteja vinculado às discussões sobre os aspectos tecnológicos e sociais que essa ciência traz na modificação de nossas sociedades (CARVALHO, 2004, p. 3).

Assim, na dimensão procedimental “[...] não se aceita mais transmitir para as próximas gerações, uma ciência “fechada” de conteúdos prontos e acabados, pois o entendimento da natureza da ciência passou a ser um dos objetivos primários da educação [...]” (CARVALHO, 2004, p. 3). Desta maneira,

Entender o desenvolvimento do conteúdo a ser ensinado nesses três aspectos [conceituais, procedimentais e atitudinais] direciona o ensino para uma finalidade cultural mais ampla [...] muito relacionada com objetivos tais como democracia e moral, que são aqueles que advêm da tomada de decisões fundamentadas e críticas sobre o desenvolvimento científico e tecnológico das sociedades (CARVALHO, 2004, p. 3).

Por isso, o ensino “[...] deve ser tal que leve os estudantes a construir o seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando a oportunidade de aprenderem a argumentar [...] em vez de fornece-lhes respostas definitivas [...]” (CARVALHO, 2004, p. 3). Os conhecimentos científicos e tecnológicos, em seu contexto de desenvolvimento e aplicação – seja nos dias atuais ou em épocas passadas – têm em sua construção o caráter histórico como seu traço geral, podendo ocorrer especificidades no que diz respeito aos aspectos éticos que envolvem questões como a abordada neste texto de Dissertação, qual seja: a biologia da manipulação gênica para a “fabricação” de AT. Mesmo assim, o

conhecimento disciplinar é apontado como um recurso essencial para a humanidade. Assim sendo, “[...] a Contextualização Sócio-Cultural das Ciências e da Tecnologia deve ser vista como uma competência geral, que transcende o domínio específico de cada uma das ciências” (BRASIL, 2002, p. 25).

Mais especificamente, o ensino de Ciências Biológicas tem sido tradicionalmente organizado em ramos como: Citologia, Histologia, Embriologia, Fisiologia, Bioquímica, Genética, Evolução, Ecologia, Zoologia, Botânica e assim por diante. As situações de aprendizagem, constantemente ressaltam somente o entendimento dessas ciências, ou seja,

[...] de sua lógica interna, de seu instrumental analítico, de suas linguagens e conceitos, de seus métodos de trabalho, perdendo de vista o entendimento dos fenômenos biológicos propriamente ditos e as vivências práticas desses conhecimentos (BRASIL, 2002, p. 40).

Assim, “Nessas circunstâncias, a ciência é pouco utilizada como instrumento para interpretar a realidade ou para nela intervir e os conhecimentos científicos acabam sendo abordados de modo descontextualizado” (BRASIL, 2002, p. 40). Para o Ensino Médio, os PCN dão privilégio para as competências concernentes ao “[...] domínio das linguagens científicas e suas representações, para a investigação e compreensão científica e tecnológica e para os aspectos histórico-sociais da produção e utilização dos conhecimentos científicos” (BRASIL, 2002, p. 41).

Mas o chamado “domínio das linguagens científicas e suas representações” (BRASIL, 2002, p. 41), nem sempre é algo alcançado pelos alunos ao término de seu Ensino Médio, o que certamente acarretará lacunas em sua vida acadêmica. No que diz respeito à construção de conhecimentos científicos, estes devem ocorrer no contexto da compreensão sobre os aspectos históricos e sociais da cultura científica e tecnológica. É estabelecido que

Um ensino por competências [por exemplo,] nos impõe um desafio que é organizar o conhecimento a partir [...] de situações de aprendizagem que tenham sentido para o aluno, que lhe permitam adquirir um instrumental para agir em diferentes contextos e, principalmente, em situações inéditas de vida. Trata-se, portanto de inverter o que tem sido a nossa tradição de ensinar Biologia como conhecimento descontextualizado, independentemente de vivências, de referências a práticas reais e colocar essa ciência enquanto meio para ampliar a compreensão sobre a realidade, recurso graças ao qual os fenômenos biológicos podem ser percebidos e interpretados, como instrumento para orientar decisões e intervenções (BRASIL, 2002, p. 41).

No que diz respeito às competências gerais no ensino de Biologia, no tópico que aborda a “Análise e interpretação de textos e outras comunicações de C&T”, encontramos que o aluno deverá ser capaz de, entre outras competências,

Avaliar a procedência da fonte de informação para **analisar a pertinência e a precisão dos conhecimentos científicos** veiculados no rádio, na T.V., nos jornais, nas revistas e nos livros **e que se destinam a informar o cidadão**, ou a induzi-lo ao consumo, **principalmente, quando se tratar de assuntos relacionados à saúde, como o uso de medicamentos e de alimentos**, para distinguir informação fundamentada da simples propaganda (BRASIL, 2002, p. 42-43).

É nestes termos que destacamos aqui a importância do tratamento do tema AT no Ensino de Ciências, que tem sua ênfase mostrada nos PCN e em estudos da área (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2000; MARCHANT; MARCHANT, 1999; MARTÍN-DÍAZ, 2002, PEDRANCINI et al., 2007; 2008). A importância da discussão e da problematização do referido tema se faz presente pelo mesmo abranger inúmeras nuances. Ele deve ser abordado de forma crítica pelo professor, para que assim, seja possível o aluno tomar decisões relativas à temática, que condizem com os conhecimentos científicos adquiridos no decorrer de seu processo de escolarização.

Desta forma, muitos são os assuntos integrados a essa temática que se tornam importantes por favorecerem nos educandos o desenvolvimento de competências para a construção de argumentações consistentes para que estes possam posicionar-se frente às questões éticas, ambientais, sociais, econômicas, entre outras, que envolvem aspectos relacionados aos AT, notadamente com base em conhecimentos científicos. Mas, para que essa postura crítica e cidadã seja possível, o aluno necessita estar cientificamente alfabetizado, pois apenas desta forma ele poderá participar ativamente dos processos de construção dos conhecimentos científicos na sociedade na qual ele está inserido.

Assim, entendemos e corroboramos com as ideias expressas nas Orientações Curriculares para o Ensino de Ciências Naturais (BRASIL, 2007, p. 30), segundo as quais “O mundo contemporâneo não poderia ser compreendido sem os conhecimentos científicos e tecnológicos presentes em praticamente todos os setores e esferas da nossa sociedade”. Esses conhecimentos dizem respeito a questões de ordem histórica, filosófica, ética, social. Inclusive, nos possibilitam entender fenômenos existentes em nosso dia-a-dia, confrontar problemas na vida cotidiana, tomar parte de maneira crítica de debates públicos importantes da

atualidade que dizem respeito aos usos da ciência e da tecnologia, de seus benefícios e riscos para a coletividade (BRASIL, 2007). Nestes termos,

Ao lado de outras áreas de conhecimento, as Ciências Naturais propiciam condições para ampliar o conhecimento de mundo, promovem valores humanos e fornecem instrumentos para a percepção, a interpretação crítica e a intervenção fundamentada para a transformação da realidade. Assim [...] os conhecimentos científicos e tecnológicos devem fazer parte da cultura e da vida de todo cidadão (BRASIL, 2007, p. 30).

E novamente referimos aqui, que estes conhecimentos são de fundamental importância para o desenvolvimento da cidadania crítica, que só será possível, mediante a ocorrência de uma adequada alfabetização científica, assunto que tem sua importância enfatizada no tópico a seguir.

2.2. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: IMPORTÂNCIA AOS CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS

Por conta da multiplicidade de significados, é muito comum encontrarmos na literatura nacional relativa ao ensino de Ciências, teóricos que fazem uso da expressão “Letramento Científico” (MAMEDE; ZIMMERMANN, 2007; SANTOS; MORTIMER, 2001). Outros autores adotam o termo “Alfabetização Científica” (BRANDI; GURGEL, 2002; AULER; DELIZOICOV, 2001; LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001; CHASSOT, 2003). Temos também aqueles pesquisadores que usam a expressão “Enculturação Científica” (CARVALHO; TINOCO, 2006; MORTIMER; MACHADO, 1996). Mas independente da expressão utilizada, esses autores as utilizam “[...] para designarem o objetivo desse ensino de Ciências que almeja a formação cidadã dos estudantes para o domínio e uso dos **conhecimentos** científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida” (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 60).

Desta maneira, notamos que no âmbito das discussões traçadas pelos estudiosos que se utilizam de um termo ou de outro (Letramento Científico, Alfabetização Científica, Enculturação Científica), as mesmas preocupações com o ensino de Ciências estão presentes, ou seja, um ensino voltado para a edificação de conhecimentos práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente em geral.

Corroborando com Sasseron e Carvalho (2011, p. 61, grifo nosso), utilizaremos, neste trabalho, o termo Alfabetização Científica, assim apresentado

[...] para designar as idéias [sic] que temos em mente e que objetivamos ao planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e **conhecimentos científicos**, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 61, grifo nosso).

Acrescentando novas ideias a essa perspectiva, Jiménez-Aleixandre (2004) concebe a Alfabetização Científica como essencial para a participação na prática social. A autora propõe que o ensino de Ciências ofereça condições para que os educandos entrem em contato com os **conhecimentos científicos** localizando-os socialmente com o objetivo de criar condições para que esses alunos participem das decisões referentes aos problemas aos quais são expostos. A autora fala a respeito de um currículo de Ciências “[...] como um organismo mais do que uma sobreposição de elementos” (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2004, p. 315), buscando romper com a ideia de disciplinas isoladas que não dialogam entre si, e almejando, com isso, a aprendizagem como participação na prática social. Ademais, consideramos que

[...] o pressuposto de que o ensino de Ciências pode e deve partir de atividades problematizadoras, cujas temáticas sejam capazes de relacionar e conciliar diferentes áreas e esferas da vida de todos nós, ambicionando olhar para as ciências e seus produtos como elementos presentes em nosso dia-a-dia e que, portanto, apresentam estreita relação com nossa vida (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 66).

Desta forma, acreditamos que os objetivos almejados pelos professores de Ciências quando se têm em mente a Alfabetização Científica, sejam, dentre outros, vislumbrar as ciências sem esquecer as relações existentes entre seus conhecimentos, os adventos tecnológicos e seus efeitos para a sociedade e para o meio ambiente.

Nesse contexto, vale mencionar que nos tempos em que vivemos, repletos de inovações tecnológicas que colaboram (ou pelo menos deveriam colaborar) para nosso bem-estar e saúde, e em que os conhecimentos científicos podem dar origem a bens de consumo, as pesquisas científicas têm hoje um caráter amplamente social (ou deveriam ter), podendo mesmo envolver profissionais especialistas em diversas áreas do conhecimento (HURD, 1998). Assim sendo, as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade tornaram-se mais fortes, e merecem cada vez mais destaque em sala de aula, para que suas discussões possam ser ampliadas, para além dos muros da escola, e para que os alunos possam ver um sentido, uma

“aplicabilidade” para os conhecimentos científicos apreendidos nos espaços escolares.

De acordo com Brasil (2003), é esperado que por intermédio da Alfabetização Científica os cidadãos usem informações que possuem sobre Ciências para tomar decisões e realizar opções, envolver-se em discussões públicas sobre ciência e tecnologia e, ainda, compreender como são construídos os conhecimentos científicos. Krasilchik e Marandino (2004) apontam o alcance e a importância dos conhecimentos científicos e tecnológicos para nossa sociedade, ou seja, a necessidade de que os cidadãos sejam capazes de discernirem assuntos sobre ciências e emitirem julgamentos concernentes a tais saberes e suas implicações. As autoras supracitadas acreditam ser importante que, ao se pensar na Alfabetização Científica, se tenha em mente a ciência como parte de nossa cultura. Certamente, envolvendo discussões sobre como seus conhecimentos foram sendo construídos ao longo dos anos, e no que diz respeito aos debates acerca de avanços e prejuízos que suas tecnologias possam ter nos trazido.

Nos PCN (BRASIL, 2002) as principais áreas de interesse da Biologia, estão sintetizadas em seis temas estruturadores, quais sejam: interação entre os seres vivos, qualidade de vida das populações humanas, identidade dos seres vivos, diversidade da vida e, por último, Transmissão da vida, ética e manipulação gênica e, por fim, origens e evolução da vida. No tema estruturador “transmissão da vida, ética e manipulação gênica”, temos que

[...] são tratados os fundamentos da hereditariedade com destaque para a transmissão dos caracteres humanos. A compreensão desses fundamentos é essencial para que os alunos possam conhecer e avaliar o significado das aplicações que têm sido feitas dos conhecimentos genéticos [...]. Além disso, tais conhecimentos permitem que os alunos sejam introduzidos no debate das implicações éticas, morais, políticas e econômicas das manipulações genéticas, analisando-as e avaliando os riscos e benefícios para a humanidade e o planeta (BRASIL, 2002, p. 62).

É aqui, que novamente vemos a oportunidade para discussão do tema AT, pois este tema estruturador fala do conhecimento e da avaliação de aspectos genéticos, tratando de questões éticas, econômicas, políticas, entre outras, que envolvem as manipulações genéticas. Nestes termos, julgamos necessário que se explicitem e se discutam, além de outros, o caráter ético dos conhecimentos científicos e tecnológicos e suas implicações na sociedade. Questões como as intervenções humanas sobre a natureza, os ambientes, a vida e suas consequências, as escolhas por determinadas fontes de energia e materiais, bem como as formas de consumi-

los, as propagandas e padrões de consumo de diferentes produtos industriais, o posicionamento e as atitudes diante de tantos problemas que assombram a humanidade, são tão importantes quanto os demais aspectos envolvidos no ensino de Ciências, notadamente para a preparação dos jovens para a cidadania.

2.3 CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS E A BUSCA PARA UM ENSINO DE CIÊNCIAS TRANSFORMADOR

A aquisição de conhecimentos científicos subsidia a compreensão de mundo, contudo, estes conhecimentos devem servir de base para a compreensão de contextos vivenciados pelos educandos, sejam eles particulares ou gerais (BRASIL, 2007). Assim sendo, é importante que seja trabalhado em sala de aula, conteúdos condizentes com a realidade discente, que façam sentido para os alunos, ou seja,

Partir de temas significativos e apresentar os conhecimentos como processuais, históricos, portadores de procedimentos é resultado de ações e possibilita ações e explicações tornando o aprendizado uma forma de conquista pessoal e coletiva de uma vida melhor. Uma vez que o ponto de partida e chegada é o mundo em que a vida se dá, o conhecimento científico aparece como uma das formas – nem a única, nem a mais importante, mas indispensável na atualidade – de atuar e explicar criticamente. Só faz sentido em sua relação com os conhecimentos tanto da cultura prevalentes como das outras disciplinas escolares (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 154).

Desta maneira, entendemos que se levarmos para os intramuros da escola a percepção crítica de que o conhecimento científico se faz cada vez mais necessário em nossa sociedade, é preciso também exaltar os demais saberes. Possivelmente, nossos alunos serão capazes de mobilizar o senso crítico e a capacidade avaliativa das mais variadas situações que os cercarão em suas realidades. Certamente, estarão aptos a tomarem decisões prudentes para sua vida em sociedade e para o pleno exercício da cidadania. Ademais, e

Antes de tudo, há que se considerar como critério geral **a perspectiva mais abrangente da educação [...]**, voltada à formação da cidadania, ou seja, que contribua para uma melhor compreensão e atuação na sociedade, que capacite os jovens a enfrentar desafios e problemas presentes no mundo contemporâneo. Não se trata, portanto, como durante muitas décadas vinha e ainda vem se praticando, de elencar tópicos padronizados e estanques (quase sempre extraídos automaticamente dos livros didáticos) nos quais os conhecimentos têm fins em si mesmos, sem se levar em conta o sentido mais amplo da formação desejada para os alunos e seu significado a cada etapa da escolaridade (BRASIL, 2007, p. 36).

É por isso que reforçamos a importância dos conhecimentos científicos serem trabalhados de forma contextualizada, isto, em todos os níveis e etapas da escolarização, abrangendo aspectos relevantes da realidade discente.

Quando se fala em contextualizar os conteúdos de ensino, um dos aspectos destacados é a ponte que se faz dos conhecimentos do senso comum ou “do cotidiano”, com os conhecimentos científicos que se pretende ensinar, da importância de se partir dos fenômenos, objetos e processos que se observa no mundo natural ou tecnológico, presentes no cotidiano ou na “vida real” do aluno. Ou da igual importância de se problematizar os conteúdos, colocando-se desafios e questões reais (BRASIL, 2007, p. 66).

Nesse contexto, de tornar significativo para o aluno o que será ensinado em sala de aula, destacamos que o professor é o “[...] principal porta-voz do conhecimento científico é o mediador por excelência do processo de aprendizagem do aluno. [...] Ver seu trabalho apresentar resultados é ver os alunos aprendendo e gostando de aprender” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 152). Nessa perspectiva,

Tornar a aprendizagem dos conhecimentos científicos em sala de aula um desafio prazeroso é conseguir que seja significativa para todos, tanto para o professor quanto para o conjunto de alunos que compõem a turma. É transformá-la em um projeto coletivo, em que a aventura da busca do novo, do desconhecido, de sua potencialidade, de seus riscos e limites seja a oportunidade para o exercício e o aprendizado das relações sociais e dos valores (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 153).

Assim, também não podemos perder de vista o destaque que deve ser dado à importância de uma adequada formação dos futuros professores de Ciências, para que estes não cometam os mesmos “equivocos” que tanto são apontados pela literatura, no processo de ensino e de aprendizagem, tal como destaca Shimamoto (2008, p. 32):

[...] o ensino de ciências tem sido realizado de forma desmotivante e pouco compreensível, porque embora busque criar condições para que o aluno seja sujeito de sua própria aprendizagem, na prática o papel do aluno tem sido absorver passivamente os conhecimentos que lhe são passados. Se o aprender tem sido uma tarefa desinteressante, ensinar para muitos de nós, tem significado domínio dos conhecimentos científicos. Isso, porém não basta. É preciso criarmos condições que favoreçam a aprendizagem significativa [...].

Nesses termos, é válido repensar nosso papel enquanto docentes, para que sejamos capazes de provocar nos nossos alunos a busca pela compreensão, pelo entendimento da importância e da aquisição dos conhecimentos científicos para suas vidas. Mas para que isso seja possível “[...] precisamos fornecer instrumentos apropriados aos alunos, que nos permitam também conhecer suas dúvidas, seus receios [...]” (SHIMAMOTO, 2008, p. 33). Assim, entendemos que o ensino de

Ciências, precisa ser mais valorizado, inclusive pelos próprios docentes da área, pois:

Ensinar ciências, para alguns professores, é visto como algo essencialmente simples: um bom domínio de conteúdo, de prática e alguns complementos psicopedagógicos. As pesquisas sobre ensino de Ciências Naturais, no entanto, têm demonstrado que ser professor de ciências (como de qualquer outro conteúdo) não se constitui efetivamente uma tarefa simples. Basta relatarmos as críticas freqüentes (sic) às aulas de ciências que, em sua maioria, as definem como desinteressantes, desmotivadoras, desarticuladas com a realidade dos alunos, um amontoado de nomes e fórmulas (SHIMAMOTO, 2008, p. 14).

É no sentido de evitar um ensino de ciências caracterizado por uma formação precária, que acreditamos que uma adequada alfabetização científica por parte do aluno, resulte de um professor que recebeu uma também adequada formação inicial. Acreditamos que seja possível a construção conjunta de conhecimentos científicos (entre docentes e discentes), a partir do momento em que o docente esteja preparado para lidar com esses conhecimentos, ou seja, que ele os possua e saiba com eles interagir, de modo que estes profissionais possam estabelecer elos destes conhecimentos científicos com os demais conhecimentos existentes.

Os conhecimentos científicos articulados entre si e com conhecimentos tecnológicos conferem ao ensino das Ciências Naturais uma perspectiva interdisciplinar, uma vez que englobam fenômenos e conceitos biológicos, físicos e químicos, bem como de áreas correlatas, tais como a astronomia e a geologia, e ainda conhecimentos de natureza social e cultural (BRASIL, 2007, p. 39).

Nos PCNs (BRASIL, 1998), encontramos a proposta de orientação da organização do ensino de acordo com eixos temáticos. Segundo esse documento, o ensino organizado, desta maneira, permite a ocorrência de interdisciplinaridade, possibilitando uma ampliação na flexibilidade da organização dos conteúdos escolares. Também concebe uma fissura com a lógica formal e linear que vem sendo tecida na elaboração dos currículos e programas disciplinares vigentes. Portanto,

Ao se fazer essa opção, são os temas [...] o ponto de partida e também de chegada do processo de ensino. Pretende-se, por exemplo, que os estudantes tenham domínio para reconhecer o uso adequado de materiais ou de recursos naturais, para compreender seu corpo e condições para uma vida saudável e que, para isso, se apropriem dos conhecimentos científicos necessários, e não o inverso. Ou seja, não se trata de usar “o mundo real” como exemplo ou meio de aprender ciência, mas de usar a ciência para compreender e atuar no mundo [...] (BRASIL, 2007, p. 40).

Isto implica dizer que esse tipo de aprendizagem, respaldado numa perspectiva interdisciplinar mencionada nos PCN, compõem-se de múltiplas facetas presentes

na constituição e na apropriação de conhecimentos científicos, conduzindo os escopos e objetivos do ensino de Ciências. Desta maneira, aprender Ciências não diz respeito apenas “[...] aos seus fenômenos, conceitos e teorias, mas envolve aspectos essenciais à compreensão crítica do mundo natural e tecnológico, tais como suas [...] relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade” (BRASIL, 2007, p. 43). Nesse sentido, estudiosos

[...] apontam para a necessidade de novas metas e abordagens para promover uma alfabetização científica e tecnológica voltada para o contexto social, de modo a preparar alunos e alunas para compreender o papel da ciência em nosso mundo tecnológico, para pensar criticamente, resolver problemas sócio-científicos, participar de debates coletivos e, para tomar decisões responsáveis (CARLETTO; PINHEIRO, 2010, p. 507).

Nestes termos, temos a perspectiva de uma aprendizagem de Ciências,

[...] na qual os alunos tenham domínio da linguagem científica, para que vivenciem e se apropriem de procedimentos de investigação, para que usem conhecimentos científicos visando à solução de problemas, para que tenham iniciativa e trabalhem de forma solidária, é essencial que as aulas sejam diversificadas, com estratégias e recursos variados que impliquem práticas coletivas e individuais. Essa variação engloba observações de fenômenos, seres e objetos dentro e fora da sala de aula, registros dessas observações, realização de experimentos variados, trabalhos de campo, manipulação de materiais e de instrumentos, pesquisas bibliográficas na sala de aula, biblioteca ou sala de informática, além de leitura de textos diversos, como embalagens, imagens, fotos, gráficos e livros específicos, projetos, jogos e brincadeiras (BRASIL, 2007, p. 63-64).

Todos esses são aspectos importantes para que seja desenvolvido no aluno, interesse pelos conhecimentos científicos visando à resolução de problemas e a tomada de decisões. Ainda sobre o assunto, Delizoicov, Angotti e Pernambuco, (2011, p. 153-154), entendem que

[...] propiciar o novo em Ciências Naturais é trazer para o ambiente escolar as notícias de jornal, as novidades da Internet, é visitar museus e exposições de divulgação científica, como parte da rotina da vida escolar. O próprio espaço físico pode ser uma forma de criar demandas: murais, jornais murais; nas bibliotecas, revistas e jornais de divulgação científica, livros instigantes de ficção científica ou mesmo de literatura; filmes nas videotecas; exposições de curiosidades e demonstrações, não só na sala de aula de Ciências, mas nos pátios e nos corredores [...]. Feiras de ciências, semanas culturais, visitas a parques e museus, conferências, idas a congressos [...] a clubes de Ciências e de Astronomia podem fazer parte da agenda permanente de uma escola, provocando novos desafios a ser enfrentados na sala de aula.

Mas para que todos esses aspectos e possibilidades metodológicas e pedagógicas sejam uma realidade, é essencial que o professor seja capacitado, e receba ainda em sua formação inicial, as orientações e as condições necessárias, que o tornem apto a desenvolver uma mudança na forma de ensinar Ciências, na maneira de

organizar suas práticas pedagógicas de acordo com as concepções exigidas na atualidade para o ensino de Ciências. Essa capacitação deverá possibilitar ao professor reconhecer que a mudança de sua ação depende de uma educação continuada, que possibilite a construção coletiva de novas alternativas educativas e permitam, também, que o professor se aproprie da cultura científica, para que possa fornecer bases ao seu aluno, por meio de um ensino de Ciências, transformador.

3 ALIMENTOS TRANSGÊNICOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: RELAÇÕES COM CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA)

Neste capítulo, fazemos algumas considerações iniciais acerca dos AT, trabalhamos sua definição, de que forma são “construídos” e traçamos logo em seguida, algumas discussões sobre a polêmica suscitada pela temática. Após a exposição dos argumentos que permeiam o debate acerca da temática dos AT, falamos da importância da abordagem dos AT para o ensino de Ciências, inclusive no contexto das relações CTSA. Desta forma, este capítulo apresenta as seguintes subseções, quais sejam: “Alimentos Transgênicos: considerações iniciais”, “Alimentos Transgênicos: a polêmica que permeia debates e discussões do tema” e “Alimentos Transgênicos e o ensino de Ciências”.

3.1 ALIMENTOS TRANSGÊNICOS: CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os transgênicos estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano, especialmente em habitantes de países de agricultura avançada, como é o caso dos Estados Unidos, Brasil, Argentina, México, Canadá e China. O levantamento realizado pela *International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications* (ISAAA) mostrou que houve um aumento expressivo na quantidade de produtos cultivados gerados pela biotecnologia. O Brasil está entre os maiores produtores de transgênicos com cerca de 15 milhões de hectares plantados, liderados pela soja, milho e algodão (VANZELA; SOUZA, 2009).

Independentemente do país, a população consome cada vez mais produtos e derivados de transgênicos, sem muitas vezes saber que o consome e do que se trata. É nesse sentido, que destacamos a importância do conhecimento da população a respeito do tema, pois há muita especulação nos veículos midiáticos que por um lado depreciam os AT, apontado somente seus aspectos negativos. Por outro lado, há quem os coloquem numa posição de destaque, como se fossem a panacéia para os males da fome mundial. Por isso, destacamos a importância de se conhecer o tema, os debates que o permeiam e os principais argumentos favoráveis

e/ou contra a sua produção e consumo, para que a população em geral, possa tomar sua decisão com base em argumentos fidedignos, fundamentados em pesquisas confiáveis, quanto à segurança ou não da sua produção e do seu consumo.

Os transgênicos têm em geral seus materiais genéticos, tomados de organismos de espécies não aparentadas. Esses materiais têm sido introduzidos em seus genomas, por meio das técnicas de recombinação do DNA, para que esses alimentos (sejam eles de origem animal ou vegetal) adquiram propriedades específicas “desejadas”, ou para que seus produtos possam ser fontes de uma nutrição aprimorada. As técnicas de engenharia genética possibilitam modificações genéticas de animais e de plantas, que não seriam plausíveis por meio de mecanismos da seleção natural ou pelos métodos de cruzamento entre espécies utilizadas por criadores, fazendeiros ou agricultores tradicionais (LACEY, 2006).

Corroborando com as ideias anteriores, Guerrante (2003) afirma que transgênicos são organismos que tiveram o seu genoma alterado pela introdução de fragmentos de DNA provenientes de outra espécie. Para Aragão (2002) e Guerrante (2003), os genes inseridos contêm a informação para características que serão incorporadas pelo organismo receptor sem que haja cruzamento entre ele e o doador, permitindo a capacidade de conferir ao organismo receptor características nas quais se tenha interesse. Segundo Malajovich (2009, p. 90),

As plantas transgênicas se originam via cultura *in vitro* a partir de células vegetais modificadas geneticamente. Portadoras de um gene exógeno ou transgene¹, sua obtenção visa o melhoramento das propriedades agronômicas e nutritivas dos vegetais [...].

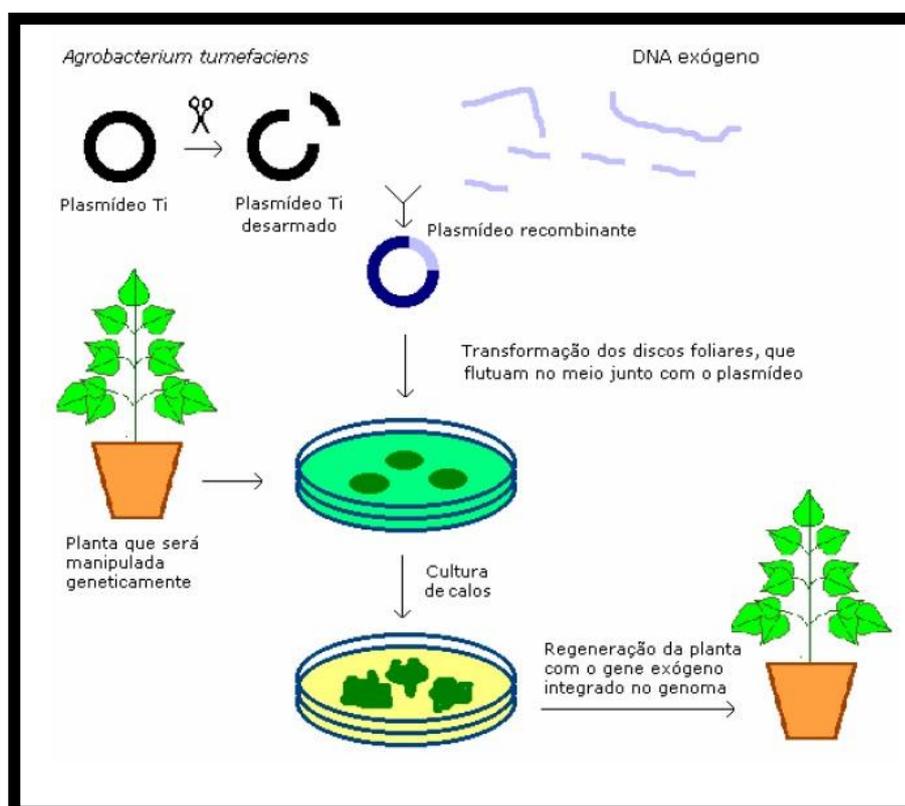
Por definição, o termo transgênico refere-se a qualquer organismo, microrganismo, animal ou planta que, por transformação via engenharia genética, teve sua constituição genética alterada pela introdução de gene(s) de outro organismo, em geral de outra espécie (KREUZER; MASSEY, 2008; TORRES; CALDAS; BUZO, 1998).

¹ Para garantir a transferência de uma sequência gênica determinada, deve-se construir em redor uma estrutura complexa que inclua também um gene marcador, um promotor e as sequências de leitura adequadas (sequência terminal). Denomina-se transgene o conjunto formado pela sequência gênica e a estrutura que o acompanha. O promotor desencadeia a transcrição da sequência codificadora de interesse. Um promotor constitutivo permitirá a expressão gênica na maioria dos tecidos e ao longo da vida da planta. Também existem promotores que respondem a estímulos ambientais internos ou externos, como a luz. O gene marcador confere resistência a substâncias normalmente tóxicas para as células vegetais, tais como os antibióticos ou os herbicidas, de modo que em um meio seletivo só sobrevivam células que integraram o transgene (MALAJOVICH, 2009, p. 90).

Destaco no excerto abaixo, como se “produz” uma planta transgênica. O Esquema 1 também apresenta esse processo.

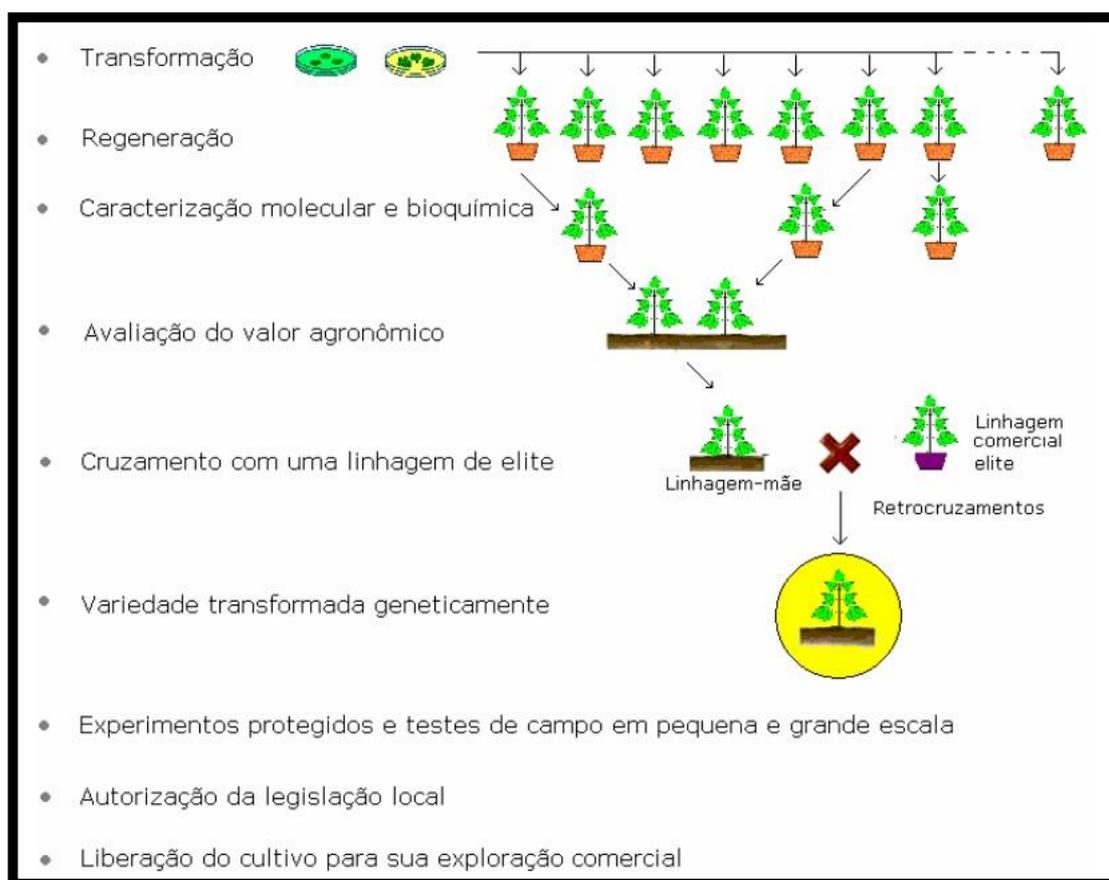
Agrobacterium tumefaciens é uma bactéria do solo, que leva um plasmídeo denominado Ti. [...] quando infectadas com a bactéria portadora desse plasmídeo, as plantas dicotiledôneas [exemplos de plantas] desenvolvem galhas, isto é, tumores característicos (*crowngall*). A eliminação de alguns genes na região T do plasmídeo Ti conserva sua capacidade de inserção no cromossomo da célula hospedeira, eliminando a propriedade de induzir tumores. Esta característica transforma o plasmídeo em um vetor adequado para a transferência de genes de outras espécies as células vegetais. Basta colocar o transgene na região T do plasmídeo previamente desarmado para se obter um plasmídeo recombinante que poderá ser transferido novamente a *Agrobacterium* ou a células hospedeiras, onde o transgene irá se inserir em algum lugar do genoma. As plantas monocotiledôneas (arroz, milho, trigo) não são infetadas por *Agrobacterium*, sendo necessário recorrer a métodos físicos para a transferência de genes. Recorre-se a eletroporação, assim como ao tratamento com uma substância que desestabilize a membrana plasmática [...] (MALAJOVICH, 2009, p. 90-91).

Outro método que se encontra hoje amplamente difundido é a biobalística. Nesse processo, por meio de um revólver especial (*gene gun*) microprojéteis de ouro ou tungstênio recobertos de DNA “[...] são disparados em direção as células. O dispositivo possibilita a entrada do DNA exógeno no núcleo, nas mitocôndrias ou nos cloroplastos” (MALAJOVICH, 2009, p. 91). A transformação se realiza em protoplastos, células nas quais a parede celular foi eliminada por meio de enzimas.



Esquema 1 – Processo de “produção” de uma planta transgênica.
Fonte: MALAJOVICH (2009).

Depois da realização dessas etapas em laboratório, transfere-se a construção genética as células receptoras por algum dos métodos possíveis (eletroporação, biobalística ou uso de vetores, como o plasmídeo Ti de *Agrobacterium tumefaciens*). Em seguida “[...] se selecionam e recuperam as células transformadas e, mediante as técnicas de cultura *in vitro*, se regeneram as plantas correspondentes” (MALAJOVICH, 2009, p. 92), conforme é apresentado no Esquema 2.



Esquema 2 – As etapas para obtenção uma planta transgênica.
Fonte: MALAJOVICH (2009).

Esse trabalho costuma ser efetivado em plantas cujo genótipo favorece a modificação e a regeneração da planta transformada. Segundo Malajovich (2009, p. 93),

A presença do transgene, assim como o número de cópias e o lugar em que estas se integraram no genoma, é conferida mediante técnicas bioquímicas e/ou marcadores moleculares [...] são aspectos que podem influir na expressão gênica. Considera-se alcançado o êxito quando o transgene se expressa no lugar correspondente e com um adequado nível de atividade,

restando por verificar a estabilidade da expressão gênica e o seu valor agrônômico.

Após o término da etapa laboratorial, começam os testes controlados em casa de vegetação, para a seleção das plantas-mãe com as quais serão originadas várias gerações de retrocruzamentos seletivos. Os testes têm por objetivo a obtenção de uma linhagem transgênica de alto rendimento, adaptada a um contexto específico, isto é, um cultivar com uma produtividade potencial semelhante a da linhagem “elite” expressando o traço codificado pelo novo transgene (MALAJOVICH, 2009). Só, então, dar-se-á a liberação planejada para o meio ambiente, ou seja,

[...] envolve o cultivo de plantas em experimentos protegidos e testes de campo em diferente escala, até que o novo híbrido transgênico esteja pronto para o seu cultivo comercial. A liberação do cultivo dependerá da autorização da legislação local, geralmente bastante restrita a esse respeito (MALAJOVICH, 2009, p. 93).

Sobre a liberação para cultivo e consumo de transgênicos, no Brasil o marco regulamentador se deu por meio da Lei nº 11.105, 24 de março de 2005 – Lei de Biossegurança – que entre outras diretrizes estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam OGMs e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS), reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) e dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança (PNB). Assim, todas as ações concernentes à legislação no que diz respeito ao assunto aqui tratado, estão subordinadas a esta lei, portanto, os transgênicos são regulamentados por meio deste instrumento legal.

Consideramos relevante destacar aqui, que no campo da biotecnologia a cultura e o consumo de transgênicos é um acontecimento atual, repleto de interesses, conflitos e colisões, estabelecendo-se como um assunto sobre o qual prevalecem discussões de ordem científica, ética, econômica, política e social (NODARI; GUERRA, 2003). Seu emprego em pesquisas e sua entrada no mercado de alimentos apresentam implicações sociais e de muita veiculação midiática (PAIVA; MARTINS, 2005). Isso porque os próprios cientistas dividem opiniões quando se fala do assunto, por conta de inúmeras questões, inclusive as que envolvem a segurança desses alimentos (CARDOSO, 2005).

Nesse sentido, a próxima subseção deste texto abordará sobre os aspectos negativos e positivos apontados na literatura. Adiantamos, aqui, que há aqueles que defendem a utilização da transgenia em alimentos e apontam como principais

aspectos positivos: a diminuição da utilização de agrotóxicos e a possibilidade de produção de alimentos em larga escala. Por outro lado, há os que se mostram contrários a essa técnica por acreditarem na não existência de pesquisas científicas que evidenciem a segurança desses organismos, sobretudo quanto aos possíveis impactos ambientais e na saúde humana, decorrentes da introdução dos mesmos na natureza e em nossa alimentação (VEIGA, 2007).

3.2 ALIMENTOS TRANSGÊNICOS: A POLÊMICA QUE PERMEIA DEBATES E DISCUSSÕES DO TEMA

As discussões desencadeadas pelos OGMs, em especial os AT, vêm ganhando notada relevância na contemporaneidade, apresentando-se de forma muito intensa e com características de ordem controversa. Isso porque o tema divide opiniões entre cientistas, grupos sociais, organizações não governamentais, representantes dos governos e sociedade em geral. As discussões envolvendo os AT giram, essencialmente, ao redor das questões de ordem ambiental, pois há ampla preocupação com os possíveis danos ambientais e questões como o fluxo gênico², além dos aspectos que envolvem a saúde. Também pelos possíveis riscos relacionados ao consumo dos AT como o desenvolvimento de alergias ou até o desenvolvimento de doenças malignas. No campo econômico, as preocupações estão relacionadas, principalmente, com a possibilidade de constituição de monopólios, por parte de grandes empresas, o que poderia prejudicar os pequenos produtores.

Estudos realizados por inúmeros pesquisadores vêm evidenciando a crescente relevância e destaque dispensados ultimamente a essa temática, notadamente no que diz respeito aos aspectos anteriormente mencionados (BORÉM; CARNEIRO, 2008; CARPENTIERI-PÍPOLO, 2009; CARPENTIERI-PÍPOLO; MARASCHIN, 2009; CERDEIRA et al., 2009; CRAIG; DEGRASSI;

² Fluxo gênico, também denominado escape gênico ou dispersão gênica, que, no contexto da biossegurança pode ser entendido como a troca de alelos ou genes entre populações ou espécies. De outra forma é a transferência de material genético de uma população/espécie para outra, com a permanência deste material exógeno na população receptora nas gerações seguintes a transferência (BORÉM; CARNEIRO, 2008, p. 406).

RIPANDELLI, 2009; LACEY, 2006; MARCELINO et al., 2009; ODA; SOUZA; BORGES, 2009; PATERNIANI, 2009; PEREIRA; VIEIRA, 2009; VALICENTE, 2009). Ademais, o desenvolvimento e a utilização prática dos transgênicos estão entre os mais notáveis avanços recentes da tecnociência³.

Segundo Lacey (2006, p. 29), os AT “[...] estão se configurando rapidamente e em grande parte trazendo mudanças nas práticas agrícolas em várias partes do mundo e, ao mesmo tempo, enfrentando forte resistência de vários grupos de interesses”. É nesses termos que destacaremos a seguir, com base ainda no estudo de Lacey (2006), os principais argumentos utilizados pelos grupos favoráveis aos transgênicos, aqui qualificados como proponentes, e aqueles que são contrários a essa tecnologia.

Os proponentes dos transgênicos argumentam pela legitimidade e importância do desenvolvimento, implementação imediata, utilização intensiva e difusão disseminada dos transgênicos: “[...] nas práticas agrícolas que produzem as maiores colheitas ao redor do mundo o mais rápido possível, e com isso tornar-se uma plataforma central nas políticas agrícolas públicas” (LACEY, 2006, p. 32). Esses grupos apoiam-se “[...] no prestígio da tecnociência, sustentam que a tecnologia transgênica é eficaz, benéfica, legítima e tem até mesmo um lugar obrigatório na agricultura nacional e nas políticas comerciais” (LACEY, 2006, p. 34). Eles apregoam ainda que os transgênicos “[...] são exemplos de desenvolvimentos tecnocientíficos, que são a principal origem do melhoramento das práticas de agricultura e da satisfação das necessidades humanas” (LACEY, 2006, p. 35). Para essas pessoas,

Existem grandes benefícios no uso imediato dos transgênicos, e esses benefícios se expandirão enormemente com os desenvolvimentos futuros, entre os quais as promissoras sementes com qualidades nutritivas aumentadas que podem rapidamente ser cultivadas nos países pobres em desenvolvimento, de modo que os transgênicos podem vir a ser a chave para resolver os problemas da fome e da desnutrição. Quando essas promessas forem cumpridas, os benefícios dos transgênicos se propagarão uniformemente disseminados, de modo a servir (em princípio) aos interesses e aperfeiçoar as práticas de plantio dos grupos que sustentam qualquer perspectiva de valor viável [...]. Não há perigos para a saúde humana ou para o ambiente que se originem dos usos correntes e previstos das lavouras transgênicas e de seus produtos que representem riscos – de seriedade, magnitude e probabilidade de ocorrências suficientes para cancelar o valor alegado de seus benefícios – que não possam ser

³ Tecnociência refere-se à ciência conduzida com objetivo do desenvolvimento tecnológico e para os avanços tecnológicos que são informados pela ciência conduzida de acordo com as estratégias materialistas (OLIVEIRA, 2002).

adequadamente administrados por regulamentações responsabilmente planejadas (LACEY, 2006, p. 36).

O autor aponta, ainda, que esses grupos alegam a não existência de formas alternativas de agricultura que possam ser desenvolvidas em substituição dos transgênicos, sem acarretar riscos inadmissíveis à humanidade, como por exemplo, a não produção suficiente de alimentos para alimentar e nutrir a crescente população mundial. Além disso, os proponentes asseguram que “[...] se poderia razoavelmente esperar que levassem a grandes benefícios quanto à produtividade, sustentabilidade e satisfação das necessidades humanas” (LACEY, 2006, p. 37). É aquele antigo, porém ainda muito sustentado argumento de que “os transgênicos são necessários para alimentar o mundo” (ZANONI; FERMENT, 2011, OLIVEIRA, 2004).

Opondo-se a estes argumentos, os críticos não aceitam que as conclusões dos grupos proponentes tenham sido constituídas de maneira adequada; eles argumentam a necessidade da realização de mais estudos antes que se tome uma posição definitiva em relação aos transgênicos. Esses grupos dão prioridade a alternativas como a agroecologia, e falam a respeito da urgência de realizar investigações acerca de seus potenciais produtivos. Eles não se contrapõem ao emprego de algumas técnicas biotecnológicas na agricultura, desde que estas não envolvam o uso dos transgênicos. E, priorizando valores como a sustentabilidade ambiental, o fortalecimento e o bem-estar das comunidades dos pequenos agricultores, questionam os benefícios presumidos pela legitimação do uso da tecnologia transgênica, além de depositarem enorme expectativa em abordagens alternativas para a agricultura, como a agroecologia (LACEY, 2006). Desta forma, destacaremos a seguir algumas proposições contrárias ao uso dos transgênicos.

Os críticos acreditam que os benefícios garantidos para a utilização dos transgênicos são reflexos dos valores ético e sociais do agronegócio, vinculados aos grandes produtores agrícolas e/ou outros que são favorecidos pelo comércio global. Além disso, crêem que não apenas os benefícios dessa tecnologia são relativamente insignificantes, atendo-se, na maioria das vezes, a esses grupos e não alcançando os pequenos agricultores ao redor do mundo “em desenvolvimento”. Pensam também que as promessas feitas em relação aos benefícios não têm confiabilidade, visto que “[...] o desenvolvimento dos transgênicos reflete os interesses dos sistemas de mercado global, o mesmo sistema no qual a pobreza, a

causa fundamental da fome e da desnutrição, persiste até hoje” (LACEY, 2006, p. 36).

Os grupos contrários aos AT afirmam que a arguição sobre os riscos relacionados a este tipo de alimentos não está cientificamente bem constituída. Além disso, os maiores riscos podem não estar relacionados diretamente a saúde humana e ao ambiente, mediados por mecanismos biológicos, mas podem ser aqueles acarretados por conta do contexto socioeconômico da pesquisa e desenvolvimento dos transgênicos e seus mecanismos associados. Dentre esses mecanismos, é apontada “[...] a estipulação de que as sementes transgênicas são objetos em relação aos quais os direitos de propriedade intelectual devem ser garantidos” (LACEY, 2006, p. 37).

Outro argumento utilizado pelos que não apoiam os transgênicos diz respeito ao desenvolvimento de métodos agroecológicos (e demais alternativas) que tornam possível alta produtividade em lavouras essenciais. Segundo os críticos, essas lavouras ocasionam riscos relativamente menores, além de promoverem agrossistemas sustentáveis, utilizam e protegem a biodiversidade e, ainda, cooperam para a emancipação social das comunidades pobres. Além disso, alegam a respeito das evidências de que eles, os métodos agroecológicos, são

[...] particularmente adequados para assegurar que as populações rurais nos países ‘em desenvolvimento’ sejam bem alimentadas e nutridas, de modo que, se não forem mais desenvolvidos, os padrões usuais de fome irão provavelmente continuar (LACEY, 2006, p. 38).

São esses, portanto, alguns dos principais argumentos que permeiam o debate relacionado aos AT. Consideramos que foi importante que alguns desses argumentos tenham sido aqui elencados, para que pudéssemos avançar nas discussões relacionadas aos transgênicos. Neste ponto, destacamos que o próximo tópico versará sobre a importância da abordagem dos transgênicos, mais precisamente dos AT, como um tema a ser tratado no ensino de Ciências, assim como na formação de professores de Ciências.

3.3 ALIMENTOS TRANSGÊNICOS E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Após ter entrado em contato com alguns dos argumentos que permeiam o debate acerca da temática dos AT, consideramos que este seja um tema relevante para os futuros professores de Ciências e de Biologia participantes deste estudo, pois acreditamos que de acordo com sua formação, a maioria deles seguirá carreira docente e necessitará desses conhecimentos para atuarem em sala de aula, orientando os alunos a compreender do que se tratam os AT, especialmente nas questões relacionadas aos problemas ambientais, como é caso do fluxo gênico ou quanto à decisão sobre a escolha do consumo ou não destes alimentos.

Nesses termos, percebemos que, nos últimos anos, temas polêmicos como clonagem, emprego de células-tronco, a produção e a utilização de organismos transgênicos passaram a ser discutidos dentro e fora dos espaços escolares (PEDRANCINI et al., 2007). Muitos desses temas exigem uma compreensão do conhecimento científico que nem sempre é trabalhada de forma satisfatória e eficiente na escola ou nas universidades (BOSSOLAN, 2008). Isso porque textos de divulgação científica não integram uma cultura de leitura, e são comumente utilizados e explorados pela população de maneira escassa, no que tange a obtenção de uma educação científica tecnológica mais eficaz (SILVA; FREITAS, 2006). Desta forma, “[...] a população escolar pode ficar despreparada para se posicionar criticamente frente a temas de grande repercussão social” (SOUZA; FARIAS, 2011, p. 22).

É por esses e outros aspectos que justificamos no presente estudo a discussão sobre os AT. Inclusive em todos os níveis educacionais, desde a educação básica aos cursos de formação de professores. Além do mais, podemos observar nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p. 24) que cabe ao professor “[...] estimular o aluno a avaliar as vantagens e desvantagens dos avanços das técnicas de clonagem e manipulação do DNA, considerando valores éticos, morais, religiosos, ecológicos e econômicos”.

Nossa afirmação da necessidade do aprofundamento sobre a temática em questão encontra-se apoiada, entre outros aspectos, nas dificuldades que os alunos apresentam em relação à mesma, dificuldades, estas, apontadas em vários estudos a seguir apresentados. A pesquisa de Silva e Calsa (2003) revelou algumas

dificuldades conceituais que alunos do ensino médio têm demonstrado sobre esse tema, como a ideia de que plantas transgênicas são artificiais. Para Pozo e Crespo (2009), essas ideias representam, mais do que respostas anedóticas ou casuais, representam a forma como os alunos habitualmente entendem os fenômenos científicos.

Já Durbano et al. (2008) apresentaram os resultados de uma pesquisa na qual 79,45% dos alunos de escolas públicas responderam de forma inadequada questões referentes aos transgênicos. Também os estudos de Pedrancini et al. (2008) demonstraram uma compreensão sobre esse tema, por parte dos alunos, que não ultrapassa o senso comum. Por sua vez, Takahashi, Martins e Quadros (2008) enfatizaram que, apesar dos AT já fazerem parte do nosso dia-a-dia, ainda não fazem parte do currículo da escola, posição essa demonstrada em sua pesquisa pelos discursos de professores e de alunos. Na análise dos dados obtidos por Souza e Farias (2011, p. 29), os autores relatam o seguinte:

[...] os alunos não desenvolveram uma postura crítica e autônoma diante do conhecimento científico em relação os transgênicos, tema contemplado *[neste estudo]* em unidade didática sobre biotecnologia no Ensino Médio. Os alunos não elaboraram explicações com referência no que foi apresentado anteriormente pelo professor, bem como não integraram campos de conhecimento diferentes ou se utilizaram de argumentos científicos para se posicionarem diante de uma questão polêmica, apresentando e utilizando os conceitos de forma equivocada.

Os autores apontam ainda a existência de uma superficialidade e o desconhecimento por parte dos alunos sobre temas ligados a biotecnologia, revelando conceitos fragmentados ou inconsistentes, além de concepções prévias sobre organismos transgênicos adquiridas em revistas, televisão e em conversas com os familiares (SOUZA; FARIAS, 2011). Nesses termos, Pedrancini et al. (2007) apontam que embora a grande maioria dos educandos se posicionem sobre o assunto, as explicações para suas decisões nem sempre condizem com o conhecimento científico. É, nesse sentido, que consideramos necessário que o professor pondere esse fato para desenvolver o tema a partir de uma postura crítica, que leve em conta que a tomada de decisão deva ser realizada de maneira consciente, ou seja, com base em argumentos condizentes com as pesquisas científicas da área e não a partir de fontes dubitáveis de informação.

Temos a acrescentar que as percepções sobre os transgênicos difundidas pela mídia proporcionam uma constituição científica fragmentada, com enfoque apenas nos resultados e na maioria das vezes com caráter simplesmente

informativo. Esses aspectos constituem-se em importante obstáculo para o adequado aprendizado sobre a temática e a possibilidade de se decidir criticamente sobre a utilização ou não dos AT (PAIVA; MARTINS, 2005; TRIVELATO, 2000). Ainda sobre obstáculos, quando se fala a respeito da necessidade de aplicação do conhecimento escolar às questões práticas do cotidiano os educandos não se sentem prontos para emitir opiniões (PEDRANCINI et al., 2008).

Assim, os conteúdos básicos ao entendimento da transgenia podem ser considerados obstáculos à aprendizagem efetiva do tema. Levando-se em consideração que os conceitos sobre transmissão de caracteres hereditários, por exemplo, podem não ser entendidos de forma plena pelos estudantes do Ensino Médio e, muitas vezes, permanecem incompreendidos pelos graduandos em Ciências Biológicas; esses aspectos podem revelar a deficiência do preparo do futuro docente para lidar com esses conteúdos (FABRÍCIO et al., 2006), e a urgência de um ensino problematizador que proporcione o entendimento a respeito da temática.

Paiva e Martins (2005) apontam que a assimilação de conceitos científicos sem a perspectiva de conhecer primeiro para que se possa censurar posteriormente pode levar a um entendimento superficial e, conseqüentemente, a pouca fundamentação teórica na tomada de decisões, em especial quando são abordados temas de repercussão social, econômica, científica, ética e ambiental como a produção, o consumo e a segurança dos AT. A literatura aponta para a temática em questão, que pelas suas características, estamos diante de um tema inserido nas abordagens que envolvem as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), já que a mesma visa à formação para a cidadania e a tomada de decisão (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2000; MARCHANT; MARCHANT, 1999; MARTÍN-DÍAZ, 2002).

Santos e Mortimer (2002, p. 1), ao realizarem uma análise sobre pressupostos teóricos da abordagem CTSA no contexto da educação brasileira, apontam o seguinte:

[...] currículos de ensino de ciências com ênfase em CTS [...] apresentam como objetivo central preparar os alunos para o exercício da cidadania e caracterizam-se por uma abordagem dos conteúdos científicos no seu contexto social.

Conforme ainda os mesmos autores, no [...] contexto brasileiro, poderiam ser discutidos temas como “[...] a questão da produção de alimentos e a fome que afeta

parte significativa da população brasileira e, a questão dos **alimentos transgênicos**” (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 10-11, grifo nosso). Corroborando com a afirmativa dos referidos autores, em relação ao fato dos AT estarem inseridos na abordagem CTS, Lopes et al. (2009, p. 6) mencionam o seguinte:

A ênfase nesta área abre possibilidades de se explorar aspectos CTS que deem atenção para a problemática ambiental como: o aquecimento global; os **alimentos transgênicos**; e o descaso com a Amazônia, **temas esses que passam a fazer parte do cotidiano, despertando o interesse nos estudantes e a necessidade em trabalhá-los por parte do professor** (grifo nosso).

Nessa perspectiva, Navas, Contier e Marandino (2007, p. 11-12) apontam que as “[...] exposições que levam ao público assuntos científicos de relevância social, política e econômica, **como é o caso dos alimentos transgênicos**, [...] contemplam uma das dimensões da educação em ciências com enfoque CTS” (grifo nosso). Assim, torna-se imprescindível que alunos e professores sejam conhecedores do tema, pois

Apesar de os meios de comunicação estarem disseminando os pontos preocupantes do desenvolvimento científico-tecnológico – como a produção de **alimentos transgênicos**, as possibilidades de problemas na construção de usinas nucleares, o tratamento ainda precário do lixo e outros – muitos cidadãos ainda têm dificuldades em perceber porque se está comentando sobre tais assuntos e em que eles poderiam causar problemas, a curto ou longo prazo (PINHEIRO, SILVEIRA; BAZZO, 2009, p. 1, grifo nosso).

Nesse sentido, apontamos aqui que é imprescindível que a população, além do acesso às informações sobre o desenvolvimento científico e tecnológico, possa também ter habilidades para ponderar sua participação nas decisões que abranjam o meio no qual está inserida. Mas, para que isso possa de fato ocorrer, é indispensável que a sociedade como um todo, comece a interrogar a respeito dos impactos, da evolução e da aplicação da ciência e da tecnologia, e tenha a capacidade de compreender que muitas atitudes, na maioria das vezes, não atendem aos interesses da maioria e, sim, aos interesses de classes dominantes (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007). Sobre esse aspecto Bazzo (1998, p. 34) elucida que

[...] o cidadão merece aprender a ler e entender – muito mais do que conceitos estanques - a ciência e a tecnologia, com suas implicações e consequências, para poder ser elemento participante nas decisões de ordem política e social que influenciarão o seu futuro e o dos seus filhos.

É desta forma que destacamos a importância de um ensino de Ciências que seja capaz de empreender nos seus integrantes uma compreensão do seu papel social, pois como destacam Santos e Mortimer (2002, p. 18), “[...] não podemos incorrer no

erro da simples maquiagem dos currículos atuais com pitadas de aplicação das ciências à sociedade”. Eles consideram ainda o seguinte:

[...] sem contextualizar a situação atual do sistema educacional brasileiro, das condições de trabalho e de formação do professor, dificilmente poderemos contextualizar os conteúdos científicos na perspectiva de formação da cidadania (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 18).

Baseadas na necessidade de compreender os aspectos relacionados à ciência e a tecnologia, é que retomamos aqui a relevância do tema AT para o ensino de Ciências e da importância do seu tratamento. Visto que ele ainda não está recebendo atenção adequada e satisfatória nos espaços escolares (seja no nível de educação básica ou ensino superior), bem como nos currículos (MARTÍNEZ-GRACIA; GIL-QUÍLEZ; OSADA, 2003).

Desta maneira, acreditamos que o ensino de Ciências necessita desenvolver um caráter que vá além dos conteúdos, da simples apresentação de temas desconexos do cotidiano dos educandos. Acreditamos em um ensino que permita a construção conjunta com o aluno, de um conhecimento que o auxilie a compreender de forma mais abrangente o mundo no qual está inserido, além das tecnologias envolvidas no seu dia-a-dia. Ele deverá com isso, ser capaz de resolver problemas e decidir quanto à utilização da produção científica e das tecnologias resultantes desta, como é o caso dos AT.

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo abordamos os aspectos metodológicos que nortearam esta pesquisa, quais sejam: tipologia de estudo, local e período de sua realização, sujeitos participantes, instrumentos utilizados na coleta de dados, organização, análise e interpretação dos dados. Discorreremos, também, sobre o teste piloto e, por fim, abordamos os aspectos éticos deste estudo.

4.1 TIPO DE ESTUDO

Neste estudo fazemos uso da abordagem qualitativa. Segundo Soares (2003, p. 19) “Por meio deste tipo de abordagem, o pesquisador interpreta os fatos, procurando solução para o problema proposto”. Prestes (2003) afirma que dados qualitativos referem-se a descrições detalhadas de fenômenos, comportamentos, além de citações diretas de pessoas sobre suas experiências, trechos de documentos, registros, correspondências, gravações ou transcrições de entrevistas e discursos. São dados com maior riqueza de detalhes e profundidade, interações entre indivíduos, grupos e organizações.

As principais características das pesquisas qualitativas para Prestes (2003) são a imersão do pesquisador no contexto e a perspectiva interpretativa de condução da pesquisa. Nesse tipo de estudo, o pesquisador é um interpretador da realidade. Já Minayo (2008, p. 57) afirma que pesquisas qualitativas “Caracterizam-se pela empiria e pela sistematização progressiva de conhecimento, até a compreensão da lógica interna do grupo ou do processo em estudo”.

Os métodos qualitativos são apropriados quando o fenômeno em estudo é complexo, de natureza social e não tende à quantificação. Normalmente, são usados quando o entendimento do contexto social e cultural é um elemento importante para a pesquisa. Para aprender métodos qualitativos é preciso aprender a observar, registrar e analisar interações reais entre pessoas, e entre pessoas e sistemas (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Minayo (2008, p. 57) aponta o seguinte:

O método qualitativo se aplica ao estudo da história, das relações, das representações, das crenças, das percepções e das opiniões, produtos das interpretações que os humanos fazem a respeito de como vivem, constroem seus artefatos e a si mesmos, sentem e pensam. [...] as abordagens qualitativas se conformam melhor a investigações de grupos e segmentos delimitados e focalizados, de histórias sociais sob a ótica dos atores, de relações e para análises de discursos e de documentos.

A abordagem qualitativa apresenta, nesse sentido, inúmeros usos, dentre os quais destacamos os referidos por Soares (2003, p. 19), a saber:

a) Descrever a complexidade de determinada hipótese ou problema. b) Analisar a interação entre variáveis. c) Compreender e classificar processos dinâmicos experimentados por grupos sociais. d) Apresentar contribuições no processo de mudança, criação ou formulação de opiniões de determinado grupo. e) Permitir, em maior grau de profundidade, a interpretação das particularidades dos comportamentos ou atitudes dos indivíduos. f) Interpretar dados, fatos, teorias, hipóteses etc.

Esse tipo de método, para Minayo (2008), propicia a construção de novas abordagens, revisão e criação de novos conceitos e categorias durante a investigação.

4.2 LOCAL DE ESTUDO

Este estudo foi realizado exclusivamente nas dependências do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI) da UFPA, localizado no Campus Universitário do Guamá - Setor Básico - Av. Augusto Corrêa, 01 - Guamá - 66075-110, Belém/PA.

4.3 PERÍODO DE ESTUDO

Iniciamos a coleta de dados no mês de agosto de 2011, mediante efetivação do Curso de Extensão intitulado “Controvérsias Sociocientíficas no Ensino de Ciências”. O tema do Curso dizia respeito aos alimentos transgênicos. O Curso foi desenvolvido em 4 semanas.

4.4 SUJEITOS DA PESQUISA

Participaram do curso de extensão 25 alunos da Licenciatura em Ciências Biológicas da UFPA, turma 2009 – diurno, que se encontravam no 5º semestre do curso. A amostragem se caracterizou por acessibilidade, já que estes alunos demonstraram interesse na participação do curso mencionado. Entretanto, para fins de elaboração do presente texto de Dissertação, foram avaliados os dados de 15 alunos, sorteados aleatoriamente, considerando-se aqui a viabilidade de análise dos dados produzidos em relação ao tempo disponível, em atenção aos prazos do Programa de Pós-Graduação de Educação em Ciências e Matemáticas

4.5 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Como mencionado anteriormente, a presente Dissertação é um “recorte” de uma pesquisa maior, intitulada “Temas sociocientíficos e o ensino de Ciências: o caso simulado do açaí transgênico na Amazônia”, no âmbito do Grupo de Estudos Educação, Ciências e Sustentabilidade na Amazônia (SUSTENTAR), coordenado pela Profª Draª Nadia Magalhães da Silva Freitas. Esta pesquisa teve como objetivo, identificar potencialidades e limitações do desenvolvimento de controvérsias sociocientíficas no ensino de Ciências. A perspectiva foi também motivar futuros professores para utilização da abordagem CTSA no ensino de Ciências.

Desta forma, foram desenvolvidos vários instrumentos no decorrer do referido curso e, nesta Dissertação, o instrumento utilizado para análise foi o questionário para levantamento dos conhecimentos dos discentes sobre alimentos transgênicos (Apêndice A). Nesse questionário, contemplamos também uma questão que solicitava a tomada de decisão em relação aos AT. Esta questão dizia respeito a uma simulação, ou seja, caso estes alunos fossem convidados para uma audiência pública para decidir sobre a produção e a comercialização dos AT. O questionário foi aplicado junto aos alunos, anteriormente ao desenvolvimento do curso, propriamente dito.

4.6 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Os dados relativos aos conhecimentos dos alunos foram organizados e analisados mediante a construção de “Matriz de Cognição Comparada”, metodologia utilizada em pesquisas de etnociências, como as de Barbosa (2006), Caló (2007), Marques (2001), Martins (2008) e Rodrigues (2008). No âmbito do nosso estudo, trechos das respostas obtidas por meio do formulário sobre AT foram comparadas com citações constantes na literatura pertinente a área. É importante destacar que o objetivo de tal comparação não foi a hierarquização das formas de conhecimento envolvidas, mas a delimitação dos domínios de aplicação dos conhecimentos científicos dos acadêmicos sobre os AT.

4.7 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

A coleta de dados foi realizada após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B). A assinatura do Termo foi precedida de apresentação e discussão com os participantes, sobre os objetivos da pesquisa, metodologia, benefícios e prováveis riscos da mesma, como o constrangimento em participar das atividades propostas no curso, além do constrangimento de ser filmado (a), fotografado (a) ou ter sua fala gravada. Nesse processo, foram feitos os devidos esclarecimentos sobre os aspectos da pesquisa, estes, solicitados pelos alunos.

5. ALIMENTOS TRANSGÊNICOS: CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS MOBILIZADOS POR ALUNOS DE UM CURSO DE LICENCIATURA EM BIOLOGIA

Na presente seção, são analisados os conhecimentos mobilizados pelos alunos a respeito do tema AT. Precisamente em relação ao que eles entendem por transgênicos, os mecanismos de produção de um alimento transgênico. Também, consideramos nas nossas análises os aspectos positivos e negativos da produção e consumo dos AT, elencados pelos alunos.

5.1 ENTENDIMENTO DOS ALUNOS SOBRE TRANSGÊNICOS.

Iniciamos o levantamento dos conhecimentos científicos dos discentes sobre transgênicos com uma questão geral, qual seja: “O que você entende por transgênico?”. Em realidade, a pergunta buscava apreender a compreensão sobre o tema transgenia de forma geral, as quais se encontram reunidas no Quadro 1 que se segue. Então, podemos observar que o sujeito AR refere como transgênico “Produtos alimentícios que sofreram melhoramento genético”. Resposta que se assemelha a dos sujeitos TP: “É o alimento, ou ser vivo que sofreu uma mudança na sua carga genética [...]”; CS: “São alimentos geneticamente modificados, onde suas características originais sofrem modificações [...]” e OS: “O transgênico é um alimento geneticamente modificado [...]”.

Temos a assinalar que o termo transgênico, por definição, refere-se a qualquer organismo, microrganismo, animal ou planta que por meio de transformação via engenharia genética, teve sua constituição genética alterada pela introdução de gene(s) de um outro organismo, em geral de uma outra espécie (PEDRANCINI et al., 2008; KREUZER; MASSEY, 2008; TORRES; CALDAS; BUZO, 1998). Por outro lado, o sujeito AR não menciona o uso da engenharia genética ao falar desse melhoramento genético, bem como os sujeitos TP, CS e OS não mencionam em suas respostas a utilização da engenharia genética ou da biotecnologia.

Vale destacar, inicialmente, que

[...] geralmente o melhoramento genético é realizado a partir de cruzamentos procedendo com a seleção das características mais desejáveis e transferência destas para organismos sexualmente compatíveis, em alguns casos ocasionando a produção de híbridos (SOUZA; FARIAS, 2011, p. 26-27).

Aragão (2002), ponderando o fato que organismos obtidos a partir de seleção de mutantes naturais ou artificiais, considera o processo como não sendo transgenia porque a manipulação não foi realizada por meio da engenharia genética. É nesses termos que Lacey (2006) afirma que as técnicas de engenharia genética para a construção de transgênicos tornam possíveis modificações genéticas de animais e plantas que não poderiam ser feitas por meio de mecanismos da seleção natural ou pelos métodos de cruzamento entre espécies utilizadas por criadores, fazendeiros ou agricultores.

Quando os sujeitos AW, AC, BR, LF e mais adiante o sujeito FC mencionam a engenharia genética ou a biotecnologia em suas falas sobre o entendimento de transgênicos, podemos perceber diferenças em relação aos conhecimentos dos sujeitos que não mencionaram essas técnicas. Podemos inferir que os sujeitos supracitados entendem que para se falar em transgênicos deve-se associar às técnicas de engenharia genética e suas tecnologias, tal como notamos a seguir: “São produtos geneticamente modificados, nos quais se utilizam as informações da engenharia genética e tecnologias [...]” (AW); “São organismos geneticamente modificados através de biotecnologia capazes de desencadear uma determinada função ou tipo de característica [...]” (AC); “É qualquer planta ou animal (ou mesmo microorganismos) que por meio das técnicas da biotecnologia e engenharia genética [...] recebem genes de outro ser vivo [...]” (BR); “Ser vivo que teve seus genes naturais alterados por meio de engenharia genética” (LF) e “É a modificação de genes por meio de biotecnologia [...]” (FC).

O sujeito LL compreende transgênico da seguinte maneira: “São organismos que “ganharam” carga genética de outro ser, onde uma determinada característica será incorporada [...]”. Destacamos aqui que se trata de um conhecimento semelhante ao do sujeito JM: “É um organismo geneticamente modificado ao qual foram atribuídos genes como características desejáveis de um outro organismo” e ao do sujeito JA: “Qualquer organismo que teve sua base genética modificada [...]”. Temos a destacar aqui que os conhecimentos dos sujeitos LL, JM e JA – apesar

destes não terem mencionado a utilização da engenharia genética – mostram semelhança com trechos da literatura científica pertinente a área (QUADRO 1).

Para corroborar com os entendimentos acima apresentados, podemos observar o que nos diz Lacey (2006), ou seja, que os transgênicos têm em geral seus materiais genéticos tomados de organismos de espécies não aparentadas – esses materiais têm sido introduzidos em seus genomas, por meio das técnicas de recombinação do DNA, para que animais ou plantas adquiram propriedades específicas, “desejadas”, fazendo uso da engenharia genética. Guerrante (2003), por seu turno, afirma que transgênicos são organismos que tiveram o seu genoma modificado pela introdução de fragmentos de DNA derivados de outra espécie. Por sua vez, Aragão (2002) refere que os genes implantados são portadores da informação para características que serão incorporadas pelo organismo receptor sem que haja cruzamento entre ele e o doador, possibilitando a capacidade de conferir ao organismo receptor as características nas quais se tenha interesse.

Os sujeitos RC e FC, além de mencionarem aspectos que já haviam sido referidos por outros alunos, acrescentaram informações que dizem respeito a melhorias em termos de qualidades como aparência, sabor, amadurecimento, entre outras, como podemos conferir nas respectivas falas: “Os transgênicos são produtos que recebem de alguma forma modificações genéticas. Para melhorar sua aparência, sabor, etc. [...]” (RC) e “É a modificação de genes por meio de biotecnologia que podem proporcionar qualidade ao produto em termos de quantidade, amadurecimento, resistência e validade” (FC).

De fato, de acordo com a literatura da área (BORÉM; CARNEIRO, 2008, CRAIG; TEPFER, 2009, GREEN, 2008), essas características mencionadas por esses alunos podem ser encontradas em muitos produtos transgênicos, especialmente os alimentos. Para corroborar com a ideia, trazemos a assertiva de Almeida e Lamounier (2005, p. 350): “Os transgênicos são plantas geneticamente modificadas, adotadas pelos agricultores para, em primeiro lugar, **obter uma melhoria da qualidade dos produtos**; em segundo lugar, um uso reduzido de terra e redução de custos [...]” (grifo nosso). Assim, a melhoria na qualidade desses produtos reflete as características mencionadas pelos sujeitos RC e FC.

Na seguinte fala “Os transgênicos são [...] considerados uma grande polêmica e, portanto, a causa de muitas discussões” (RC) notamos a percepção do sujeito em relação a um aspecto não mencionado pelos demais: a polêmica e as discussões

que permeiam o tema. É nesses termos que consideramos relevante destacar a importância da discussão sobre o tema transgenia no Ensino de Ciências, em todos os níveis de educação. Reforçamos a justificativa nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio, as quais apontam que o professor deve ser o responsável por “[...] estimular o aluno a avaliar as vantagens e desvantagens dos avanços das técnicas de clonagem e manipulação do DNA, considerando valores éticos, morais, religiosos, ecológicos e econômicos” (BRASIL, 2006, p. 24).

No entendimento dos sujeitos MS e YM os aspectos econômicos relacionados aos transgênicos estão muito presentes: “São organismos que tem sua genética modificada, na maioria das vezes por interesse de mercado, como por exemplo, os alimentos” (MS) e “Seria a forma de maximizar a “produção” de determinado produto que foi geneticamente modificado para uma melhor compensação financeira” (YM). Esses aspectos estão muito presentes na literatura (NODARI; GUERRA, 2003; LACEY, 2006; BRASIL, 2006, PAIVA; MARTINS, 2005; NAVAS; CONTIER; MARANDINO, 2007), embora importantes, não são considerados aspectos chave na definição do termo transgênico.

QUESTÃO 1 – O que você entende por transgênico?	
Respostas dos alunos	Citação na literatura científica
<p>“<u>Produtos alimentícios que sofreram melhoramento genético</u>”. (AR)</p>	<p>“As <u>plantas transgênicas</u> são cultivadas a partir de sementes que foram <u>geneticamente modificadas</u>” (LACEY, 2006, p. 29).</p>
<p>“É o <u>alimento, ou ser vivo que sofreu uma mudança na sua carga genética</u> a fim de expressar determinado gene de interesse da indústria, pesquisa entre outras áreas”. (TP)</p>	
<p>“<u>São alimentos geneticamente modificados, onde suas características originais sofrem modificações</u> para atender as exigências de mercado [...]”. (CS)</p>	
<p>“<u>O transgênico é um alimento geneticamente modificado</u> [...]”. (OS)</p>	
<p>“<u>São produtos geneticamente modificados, nos quais se utilizam as informações da engenharia genética e tecnologias</u> [...]”. (AW)</p>	<p>“<u>Plantas geneticamente modificadas</u> [...] resultam da combinação de conhecimentos específicos de <u>engenharia genética e biotecnologia</u>” (OMOTO; MARTINELLI, 2008, p. 311).</p>
<p>“<u>São organismos geneticamente modificados através de biotecnologia</u> capazes de desencadear uma determinada função ou tipo de característica [...]”. (AC)</p>	<p>“<u>Qualquer organismo vivo modificado pelas técnicas do DNA recombinante, isto é, organismo transgênico</u>” (BORÉM; CARNEIRO, 2008, p. 505).</p>
<p>“É qualquer <u>planta ou animal (ou mesmo microorganismos) que por meio das técnicas da biotecnologia e engenharia genética</u> [...] <u>recebem genes de outro ser vivo que passam a se expressar no receptor e gerar um efeito benéfico para a sociedade</u></p>	<p>“A <u>biotecnologia</u> tem sido utilizada não apenas no <u>desenvolvimento de plantas [transgênicas], como também animais e microorganismos</u>” (FINARDI, 2009, p. 8).</p> <p>“[...] os <u>transgênicos</u> são apenas uma das aplicações da <u>biotecnologia</u>,</p>

<p><u>humana [...]”. (BR)</u></p> <p>“Ser vivo que teve seus <u>genes naturais alterados por meio de engenharia genética</u>”. (LF)</p>	<p>ciência que está contribuindo para <u>melhorar a qualidade de vida em diversos aspectos</u>” (FINARDI, 2009, p. 8).</p>
<p>“São <u>organismos que “ganham” carga genética de outro ser</u>, onde uma determinada característica será incorporada [...]”. (LL)</p>	<p>“Uma vez que o código genético é universal, [...], <u>é possível tomar um gene de um organismo e transferi-lo para qualquer outro, de forma que o indivíduo receptor possa também</u></p>
<p>“Qualquer <u>organismo que teve sua base genética modificada</u> [...]”. (JA)</p>	<p><u>apresentar a característica conferida pelo gene transferido (transgene). [...]</u></p>
<p>“É um <u>organismo geneticamente modificado ao qual foram atribuídos genes como características desejáveis de um outro organismo</u>”. (JM)</p>	<p><u>Organismos assim obtidos são denominados transgênicos ou simplesmente geneticamente modificados</u>” (BORÉM; GIÚDICE, 2009, p. 64).</p> <p>“Os <u>transgênicos são organismos ou culturas geneticamente modificados (OGMs) que contêm um gene que foi artificialmente inserido</u>” (ALMEIDA; LAMOUNIER, 2005, p. 346)</p>
<p>“Os transgênicos são <u>produtos que recebem de alguma forma modificações genéticas. Para melhorar sua aparência, sabor, etc. São considerados uma grande polêmica</u> e, portanto, a causa de muitas discussões”. (RC)</p>	<p>“As pesquisas e utilização de indivíduos <u>transgênicos tem sido muito polêmica</u>. Parte dessa <u>polêmica</u>, ao que tudo indica, está relacionada ao desconhecimento da população a respeito do tema” (RAMALHO, 2009, p. XXI Apresentação).</p>
<p>“É a <u>modificação de genes por meio de biotecnologia que podem proporcionar qualidade ao produto em termos de quantidade, amadurecimento, resistência e validade</u>”. (FC)</p>	<p>“A transformação gênica tem potencial para <u>melhorar a produtividade, resistência, qualidade nutricional</u> e outras características das plantas cultivadas” (BORÉM; CARNEIRO, 2008, p. 205).</p>

	<p>“Atualmente, <u>a maioria das culturas geneticamente modificadas (GM) comercializadas foram produzidas para que seu desempenho agrônômico fosse aumentado por meio de transformações com genes responsáveis pela expressão de caracteres como tolerância a herbicidas ou de resistência a pragas</u>”. Contudo, o potencial das plantas GM não está limitado à melhoria de caracteres agrônômicos; ele pode servir também como meio para <u>melhorar o status nutricional dos alimentos para consumo humano</u> (CRAIG; TEPFER, 2009, p. 69).</p>
<p>“São organismos que <u>tem sua genética modificada</u>, na maioria das vezes por <u>interesse de mercado</u>, como por exemplo, os alimentos”. (MS)</p>	<p>Na biotecnologia, <u>o cultivo e o consumo de plantas transgênicas</u> é um evento recente, <u>revestindo-se de interesses</u>, impactos e muitos conflitos, <u>constituindo um tema sobre o qual predominam as discussões</u> científicas, éticas, <u>econômicas</u> e políticas (NODARI; GUERRA, 2003).</p>
<p>“Seria a forma de maximizar a “produção” de determinado produto que foi geneticamente modificado para uma <u>melhor compensação financeira</u>”. (YM)</p>	<p>“[...] <u>Organismos Geneticamente Modificados</u>, tem assumido grande relevância nas sociedades contemporâneas desenrolando-se a controvérsia essencialmente em torno de quatro áreas: ambiente, saúde, <u>economia</u> e ética” (SANTOS; MARTINS, 2009, p. 836).</p> <p>“[...] os <u>Organismos Geneticamente Modificados</u>, pela sua vasta aplicabilidade, <u>têm repercussões a nível econômico, político e social</u>” (SANTOS; MARTINS, 2009, p. 844).</p>

Quadro 1 - Matriz de cognição comparada sobre o entendimento dos alunos sobre transgênico.

Avaliamos que grande parte dos sujeitos da presente pesquisa apresenta conhecimentos pertinentes a respeito do que seja transgênico. Destacamos a importância deste fato, ao considerarmos que os referidos sujeitos serão professores de Biologia. Neste ponto, temos a assinalar Pedrancini et al. (2008) que encontraram em sua pesquisa que os conhecimentos lecionados na escola sobre a temática não têm permitido aos sujeitos a compreensão da realidade atual. Então, é importante que os cursos de formação de professores proporcionem uma adequada alfabetização científica.

A alfabetização científica apresenta diversas definições, entendimentos e concepções, de acordo com diferentes autores que discutem a respeito do tema. Vale lembrar que nosso objetivo aqui não é aprofundamento em relação à temática, mas o destaque de sua importância para o Ensino de Ciências. Utilizaremos assim nosso entendimento sobre alfabetização científica, baseadas no pensamento de Miller (2000a, 2000b) e Chassot (2003), que a entendem como o domínio de conhecimentos básicos sobre a ciência para tornar os sujeitos capazes de se portarem como consumidores responsáveis, e ao mesmo tempo possibilitando esses sujeitos a se posicionarem sobre questões referentes às políticas científicas, garantindo participação efetiva dos cidadãos nas ações concernentes à ciência.

O referido autor acredita que uma pessoa cientificamente alfabetizada necessita da compreensão, no que tange o processo ou a natureza da investigação científica, além de um léxico de conceitos científicos básicos para ir além da simples leitura de reportagens em jornais e revistas, buscando o entendimento destas informações de forma crítica (MILLER, 1983). Aliado a isso, acreditamos que é imprescindível a capacidade de compreensão dos impactos da ciência e da tecnologia sobre a sociedade – sejam eles maléficis ou benéficos – para uma tomada de decisão, baseada em argumentos críticos, conscientes, e não em opiniões de jornais, revistas ou de outras pessoas.

De acordo com esse pensamento, Cachapuz et al. (2011) argumentam que o processo de alfabetização científica possivelmente promoverá uma abordagem que considere os problemas a partir de um ponto de vista mais amplo, avaliando suas possíveis repercussões. É nesse sentido que destacamos aqui que

A falta de uma alfabetização científica sobre os processos da transgeniase atua como **obstáculo a um posicionamento mais consciente e independente**. Nesse caso, falta ao aluno um repertório básico de conhecimento biológico para compreender possíveis efeitos causados pelas

técnicas utilizadas e para correlacioná-los a outras informações da genética [...] (SOUZA; FARIAS, 2011, p. 26-27, grifo nosso).

Nesses termos, nos remetemos a uma preocupação já discutida por Pedrancini et al. (2008), de que os conhecimentos ensinados na escola não têm permitido aos educandos a compreensão da realidade atual, bem como o pensar, falar e agir cientificamente, que são atitudes necessárias em pessoas cientificamente alfabetizadas.

Neste ponto, temos a referir que as dificuldades conceituais relacionadas ao tema transgenia, já tem sido apontadas em estudos como o de Silva e Calsa (2003), que demonstraram algumas das ideias errôneas dos alunos sobre transgênicos, entre elas, o fato de os discentes entenderem que as plantas transgênicas são seres artificiais. Pozo e Crespo (2009) acreditam que essa confusão de ideias representa a maneira como os alunos frequentemente percebem os fenômenos científicos, ou seja, de maneira equivocada. Desta forma, acreditamos que uma perspectiva de interpretação errônea sobre a natureza da ciência, acaba de certa forma, funcionando como uma barreira epistemológica,

[...] revelando julgamentos de valor embasados em uma ciência pronta, entronada, pois os alunos parecem não depender do que aprenderam para se posicionar, já que está definida a função (boa ou má) que a ciência exerce (SOUZA; FARIAS, 2011, p. 26).

Nesses termos, as instituições educacionais, sejam elas escolas ou universidades, devem oferecer meios para que os educandos sejam capazes de reconhecer a ciência como uma atividade humana em transformação constante, resultante da interação de fatores históricos, sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos, e, portanto, **não** neutra (BRASIL, 2006). E a partir do momento em que o aluno passa a enxergar essa não neutralidade da ciência e se atém as várias facetas envolvidas no processo de produção do conhecimento, ele conseguirá ter um olhar mais crítico sobre os mais variados temas, incluindo o tema dos transgênicos, no qual estão envolvidos muitos aspectos que permeiam nossa vida.

Acreditamos assim como Chassot (2003, p. 31) que

A nossa responsabilidade maior no ensinar Ciência é procurar que nossos alunos e alunas se transformem, com o ensino que fazemos, em homens e mulheres mais críticos. Sonhamos que, com nosso fazer Educação, os estudantes possam tornar-se agentes de transformações – para melhor – do mundo em que vivemos.

É por isso que o mesmo autor considera “[...] a alfabetização científica como um conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem” (CHASSOT, 2003, p. 38). De fato, precisamos nos constituir como agentes de mudança – professor e aluno –, garantindo, assim, um mundo melhor.

5.2 COMPREENSÃO DOS LICENCIANDOS ACERCA DOS MECANISMOS DE PRODUÇÃO DE UM ALIMENTO TRANSGÊNICO PARA UMA DADA CARACTERÍSTICA DESEJÁVEL PRESENTE EM OUTRO ORGANISMO

A segunda questão indaga “Como poderia se produzir um alimento transgênico (geneticamente modificado)?” O detalhamento da compreensão dos sujeitos da pesquisa sobre a “construção” de um alimento transgênico pode ser verificado no Quadro 2. Vamos observar que, em geral, os conhecimentos dos alunos são apresentados de forma coerente ao que encontramos na literatura da área.

De maneira geral, o entendimento dos discentes acerca da produção de um alimento transgênico diz respeito às questões de “retirada de um pedaço de DNA” de um determinado organismo com a característica que se deseja, para ser “incluído” no organismo alvo, como podemos notar, inicialmente, na seguinte resposta, relativa ao Sujeito AR: “[...] retiraria um pedaço de DNA do organismo com a característica desejável e incluiria no DNA do organismo que deseja modificar”. Também o Sujeito BR, apresenta semelhantes respostas, a saber: “Primeiramente, retira-se o fragmento gênico desejável de um ser vivo. Em segundo lugar, implanta-se esse fragmento em células [...] de outro indivíduo que não possui o caráter desejado [...]”.

Por outro lado, o Sujeito LL apresenta uma resposta de cunho mais técnico, referindo-se a utilização de enzimas de restrição e de DNA ligase, o que denota um conhecimento relativamente diferenciado em relação aos demais sujeitos. Assim ele destaca a produção de um AT: “São utilizadas enzimas de restrição para “cortar” o fragmento específico, sendo que tal fragmento tem que estar em políndromo. Após o “corte” o novo fragmento é incorporado no organismo através de uma nova enzima

chamada de DNA ligase [...]”. Da mesma forma, os Sujeitos LF e FC também demonstram conhecimento mais aprofundado da técnica de construção de um alimento transgênico: “A produção de alimentos transgênicos se dá com o uso de uma enzima que irá atuar no sítio alvo do qual se deseja a característica, posteriormente a região “cortada” é inserida em outro organismo. [...]” (FC) e “Em âmbito laboratorial, por meio de técnicas de engenharia genética, os genes de um dado ser vivo tem uma parte de sua sequência de DNA “cortada” e substituída por outra sequência que realizará/dará a função/característica desejada a este dado ser vivo” (LF).

Por sua vez, o Sujeito TP também expressa o conhecimento acerca das enzimas de restrição em sua resposta, além de mencionar (sem descrever) a técnica da biobalística, ou seja, “Existem vários métodos para isso como, por exemplo, a biobalística”. O referido Sujeito aponta que o método mais conhecido refere-se à utilização de enzima de restrição “[...] que permitem o corte específico em determinadas áreas do genoma do organismo que vai ser modificado [...]”. Por outro lado, encontramos respostas inconsistentes e/ou incompletas: “Um alimento transgênico é produzido em condições laboratoriais. [...]” (RC). “Primeiramente acredito que se deva fazer um estudo preliminar acerca deste organismo “desejável” e posteriormente deve-se, talvez, “copiar” as informações genéticas deste organismo, porém de forma a modificá-la, ou melhor, de forma a “melhorá-la” geneticamente e, por isso, aumentar o potencial enquanto organismo (alimento)” (YM). Observamos que o sujeito fala que as informações genéticas devem ser copiadas, mas não menciona como isso ocorre.

Igualmente na fala “Através do selecionamento dos genes do organismo desejável [...]. Então, depois do selecionamento dos genes, se analisaria sua estrutura e, então poderia ser produzido um alimento transgênico, que seria geneticamente modificado, para que o mesmo apresentasse a característica desejável” (AW), o Sujeito fala da seleção de genes e análise da sua estrutura, mas assim como os acima mencionados (RC e YM) não explicita de que forma os AT podem ser “produzidos”.

QUESTÃO 2 – Como poderia se produzir um alimento transgênico (geneticamente modificado)?	
Respostas dos alunos	Citação na literatura científica
<p><u>“[...] retiraria um pedaço de DNA do organismo com a característica desejável e incluiria no DNA do organismo que deseja modificar”.</u> (AR)</p>	<p><u>“As técnicas moleculares utilizadas na transformação gênica consistem basicamente na introdução e integração de pequenos fragmentos de DNA isolados e clonados a partir de genes de outros organismos no genoma da espécie receptora”</u> (BORÉM; CARNEIRO, 2008, p. 405).</p>
<p><u>“Primeiramente, retira-se o fragmento gênico desejável de um ser vivo. Em segundo lugar, implanta-se esse fragmento em células [...] de outro indivíduo que não possui o caráter desejado. O terceiro passo é testar a eficiência deste procedimento e verificar os efeitos positivos ou negativos, que o gene implantado promoverá neste novo ser vivo, com relação ao caráter desejado”.</u> (BR)</p>	<p><u>“Essas plantas apresentam novas características genéticas, codificadas por transgenes, isto é, genes que originalmente não fazem parte do genoma da espécie vegetal, e que foram incorporados por meios de diferentes técnicas biotecnológicas”</u> (PATERNIANI, 2009, p. 139).</p>
<p><u>“Em âmbito laboratorial, por meio de técnicas de engenharia genética, os genes de um dado ser vivo tem uma parte de sua sequência de DNA “cortada” e substituída por outra sequência que realizará/dará a função/característica desejada a este dado ser vivo”.</u> (LF)</p>	<p><u>“Em primeiro lugar, retira-se da bactéria o seu plasmídeo – trecho do DNA circular que fica fora do núcleo da célula e dele se extrai o gene causador da galha de coroa. Em seguida, os cientistas inserem no plasmídeo o gene que torna o vegetal, por exemplo, venenoso para insetos. Por ultimo, devolvem o trecho do DNA circular para a planta. Então, basta colocar a bactéria modificada em contato com a planta – milho, por exemplo, – e ele irá transferir para o vegetal o gene resistente a insetos. Esse novo ser, dotado de uma característica que não tinha antes, é uma planta transgênica”</u> (GRECO, 2009, p. 27).</p>
<p><u>“Primeiramente, define-se qual característica você deseja atribuir ao seu transgênico, [...], então se deve fazer o isolamento do gene [...], após isolado este gene, através de técnicas de engenharia genética deve ser introduzido no fruto no qual você queira deixar mais doce por exemplo[...]”</u> (CS).</p>	

<p>“[...] os <u>genes com determinadas características de um organismo, são inseridos através de biotecnologia/engenharia genética, em outro organismo que passará a ser geneticamente modificado. [...]”</u>. (JM)</p>	
<p>“São utilizadas <u>enzimas de restrição para “cortar” o fragmento específico, sendo que tal fragmento tem que estar em políndromo. Após o “corte” o novo fragmento é incorporado no organismo através de uma nova enzima chamada de DNA ligase, a qual promoverá a junção das partes e dará origem a esse organismo “novo”, o transgênico”</u>. (LL)</p>	<p>“<u>As enzimas de restrição são capazes de cortar o DNA em sítios específicos. [...] Todas elas agem como tesouras químicas que cortam o DNA ao reconhecer, como os seus pontos-alvo, determinadas sequências</u>” (MALAJOVICH, 2009, p. 73).</p>
<p>“A produção de alimentos transgênicos se dá com o uso de uma <u>enzima que irá atuar no sítio alvo do qual se deseja a característica, posteriormente a região “cortada” é inserida em outro organismo. [...]”</u>. (FC)</p>	
<p>“Existem vários métodos para isso como, por exemplo, a <u>biobalística</u>. O mais conhecido são as <u>enzimas de restrição</u> que permitem o corte específico em determinadas áreas do genoma do organismo que vai ser modificado e posteriormente a inserção de um gene ou vários que vão expressar uma determinada proteína de interesse”. (TP)</p>	<p>“Existem dois <u>caminhos para produzir uma planta transgênica</u>: usar um micróbio chamado <i>Agrobacterium tumefaciens</i> ou uma técnica batizada de <u>biobalística</u>” (GRECO, 2009, p. 27).</p>

<p>“Através da <u>extração do DNA de um determinado alimento</u>, depois <u>se pega o DNA extraído do alimento anterior e coloca no alimento que você deseja modificar</u>”. (OS)</p>	<p>“A [...] <u>introdução de uma sequência de DNA no genoma receptor</u> [...] <u>permite inserir apenas fragmentos específicos de DNA</u>. Para que sejam inseridos esses segmentos específicos de DNA é necessário o conhecimento básico em biologia molecular e celular, uma vez que <u>os genes responsáveis pelas características de interesse devem ser localizados e isolados dos demais genes do genoma do organismo doador, clonado, sequenciado e introduzido em vetores para sua posterior utilização</u> [...]” (ALMEIDA, SALGADO; BORÉM, 2011, p.48)</p>
<p>“Esse processo pode se dar através da <u>modificação no DNA</u> por técnicas específicas de engenharia ou manipulação genética, ou seja, <u>nos genes responsáveis pelas características</u>. Então <u>retiram-se os genes “indesejados” e substituem-se por outros desejados</u>”. (MS)</p>	
<p>“<u>Um gene de um determinado alimento</u> que codifica proteínas para alguma característica vantajosa <u>é introduzido no núcleo de outro alimento que não possui essa característica</u>. Esse alimento ao ter o gene dessa característica contida no seu núcleo passará a obter essa vantagem” (AC).</p>	
<p>“<u>Um alimento transgênico é produzido em condições laboratoriais</u>. [...]”. (RC)</p>	<p>“[...] o trigo transgênico [...] <u>introdução do DNA no genoma do trigo</u>. [...] <u>Realizada em laboratório</u>, usa técnicas físicas ou biológicas” (INSUMOS, 2010, p. 30).</p>

Quadro 2 - Matriz de cognição comparada sobre o entendimento dos alunos de como “construir” um transgênico.

Ponderamos que a maioria dos sujeitos detém conhecimentos pertinentes a respeito de como “construir” um organismo transgênico. O nível de descrição de alguns alunos mostrou-se bastante técnico, como observamos nas falas dos Sujeitos BR, LL, FC, TP. É interessante notar a fala do sujeito TP, que menciona técnica da biobalística. O referido método, denominado “Biobalística ou Aceleração de Micropartículas permite a inserção de genes exógenos no genoma nuclear e de

organelas dos organismos” (ALMEIDA; SALGADO; BORÉM, 2011, p. 63). No mesmo sentido, a

[...] Biobalística consiste na aceleração de micropartículas de ouro ou tungstênio que atravessam a parede celular e a membrana plasmática, carreando DNA para o interior da célula [...]. O método baseia-se no uso de um equipamento que produz uma força propulsora, gás e choques elétricos, para acelerar micropartículas de ouro (1,0 a 3,0 μm) revestidas com o DNA (transgenes), que será introduzido na espécie transformada, a velocidades superiores a 1.500 km/h, pelo acelerador de partículas (ALMEIDA; SALGADO; BORÉM, 2011, p. 63-64).

Trata-se de um processo que acontece sob vácuo para evitar a diminuição da velocidade das micropartículas, sendo os danos acarretados nos tecidos-alvo não ponderados como expressivos, possibilitando a sobrevivência das células. Por sua vez, “Uma vez dentro da célula, o DNA impregnado sob as partículas é dissociado das micropartículas pela ação do líquido celular e se integra ao genoma do organismo de forma aleatória” (ALMEIDA; SALGADO; BORÉM, 2011, p. 64).

De maneira geral, depreendemos das respostas dessa questão que, provavelmente, ocorreu uma aprendizagem orientada pelas necessidades cotidianas desses alunos, ou seja, relativas ao próprio curso que frequentam o que, certamente, acabou por encontrar espaço para uma sistematização desses conhecimentos, no que diz respeito aos aspectos técnicos da construção de um alimento transgênico.

5.3 ASPECTOS POSITIVOS DA PRODUÇÃO DOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS APONTADOS PELOS ESTUDANTES DE BIOLOGIA.

Nesta seção, apresentaremos e analisaremos as respostas dos licenciandos em relação à seguinte questão: “Aponte se for o caso, os aspectos positivos da produção dos alimentos transgênicos. Comente!” De maneira geral, podemos afirmar que as respostas desses alunos apresentam similaridades em relação aos aspectos positivos propagados pelos grupos que apóiam essa tecnologia. Do mesmo modo, argumentos trazidos por esses alunos são muito parecidos com aqueles veiculados pelos proponentes dos AT na literatura específica.

Analisando a Matriz de Cognição Comparada relativa à questão supracitada (QUADRO 3), observamos muita semelhança nas respostas dos sujeitos em inúmeros aspectos. Entre eles destacamos os sujeitos TP, MS, JA, AR, BR, LL, FC, JM, LF e OS que mencionam como aspectos positivos da produção de AT, o **não uso de agrotóxicos e/ou resistência a pragas**, como podemos verificar a seguir: “A não utilização de agrotóxicos. Nós sabemos que utilização de agrotóxicos contamina o solo, os rios [...]” (TP); “Um aspecto positivo é o caso da produção de alimentos transgênicos que são resistentes a uma determinada praga, fazendo com que não necessite a utilização de agrotóxicos. [...]” (MS); “[...] Outro aspecto positivo seria a produção de organismos resistentes a pragas em plantações” (JA).

Também destacamos, nessa categoria as seguintes abordagens: “Os alimentos transgênicos [...] apresentam uma série de vantagens como maior resistência às pragas [...]” (AR); “[...] hoje já se produz vegetais resistentes às pragas em diversas plantações [...]” (BR); “[...] organismos modificados obtêm [...] mais resistência a pragas, o que na agricultura seria mais rentável” (LL); “Em relação aos pontos positivos podemos citar: [...] resistências a pragas [...]” (FC); “Os aspectos positivos mais argumentados são, por exemplo, [...] resistência a pragas” (JM); “No caso de vegetais: são resistentes a certas pragas [...]” (LF); “Um dos aspectos positivos da produção dos alimentos transgênicos é melhoramento do mesmo, tornando-o mais resistente a diversas pragas [...]” (OS).

Outros aspectos positivos da produção dos AT mencionados pelos discentes são, por exemplo, questões relacionadas a (o): maior **durabilidade e amadurecimento, menos perda e/ou aumento na produção, e do ponto de vista econômico, aumento nos lucros**. Considerando esses aspectos destacamos as seguintes observações: “Os alimentos transgênicos duram mais, são mais [...] baratos e podem ser produzidos em larga escala” (AW); “[...] durabilidade, no caso da exportação” (JM); “[...] um melhor amadurecimento em rapidez, [...] e maior longevidade ao produto” (FC); “[...] amadurecem mais rápido [...]” (LF). “Os alimentos transgênicos, apresentam [...] menos perda na produção” (AR); “[...] podem melhorar a produção de diversas hortaliças e frutas, [...] aumentando a produção e o lucro” (BR).

Em continuidade, assinalamos as seguintes observações: “Maior produção” (AC); “[...] aumentariam a produção em um curto espaço de tempo [...]” (YM); “[...] aumentando a produção e o lucro” (BR); “Acredito que do ponto de vista econômico

estes novos produtos aumentariam a produção em um curto espaço de tempo e por isso significaria um aumento econômico” (YM). De um modo geral, podemos referir que os aspectos positivos elencados pelos alunos e os argumentos que os sustentam estão em consonância com a leitura científica pertinente à área, como examinaremos a seguir (QUADRO 3).

QUESTÃO 3 – Aponte se for o caso, os aspectos positivos da produção dos alimentos transgênicos. Comente!	
Resposta do aluno	Citação na literatura científica
<p>“Os alimentos transgênicos, apresentam uma série de vantagens como <u>maior resistência às pragas, necessitam de menor quantidade de fertilizantes, e são mais viáveis economicamente para os produtores, pois há menos perda na produção</u>”. (AR)</p>	<p>“Em geral os cultivares <u>transgênicos</u> atualmente em uso mantém ou <u>aumentam a produtividade, por reduzirem as perdas causadas por plantas daninhas e pragas</u>; com isso, <u>diminuem os custos de produção, melhoram a qualidade dos produtos e estabilizam a produção</u>” (THE ROYAL SOCIETY, 2002, p. 19).</p>
<p>“<u>Os alimentos transgênicos duram mais, são [...] mais baratos e podem ser produzidos em larga escala</u>”. (AW)</p>	<p>“De acordo com estudo da Organização Mundial da Saúde (OMS) <u>os alimentos transgênicos podem ser saudáveis e melhorar o desenvolvimento humano, ao aumentar a produtividade e a variedade das sementes cultivadas em uma mesma área</u>” (GRECO, 2009, p. 32).</p>
<p>“Pesquisas com <u>alimentos transgênicos</u> podem melhorar a produção de <u>diversas hortaliças e frutas, acelerando o tempo de maturação desses vegetais. [...] hoje já se produz vegetais resistentes às pragas em diversas plantações, melhorando a ceifa, e conseqüentemente, aumentando a produção e o lucro</u>”. (BR)</p>	<p>De modo geral, a <u>transgenia agrícola</u> busca: <u>tolerância a herbicidas; resistência a insetos e outras pragas; qualidade nutricional, como melhoria no nível de proteínas, sabor, fibras, etc.</u> (VANZELA; SOUZA, 2009, p. 103).</p>
<p>“O aspecto positivo seria que <u>em locais onde não são cultiváveis poderiam ser aproveitados, [...] organismos modificados obtêm [...] mais resistência a pragas, o que na agricultura seria mais rentável</u>”. (LL)</p>	<p><u>Os transgênicos apresentam uma melhor rentabilidade, porque diminuem o custo de produção em aproximadamente 25%. A produção</u></p>

<p>“<u>A não utilização de agrotóxicos</u>. Nós sabemos que utilização de agrotóxicos contamina o solo, os rios [...]” (TP)</p>	<p><u>transgênica tem remuneração que supera em, no mínimo, 30% os produtos da agricultura convencional</u>, além de implicar em uma <u>expressiva economia de insumos e redução do uso de agrotóxicos</u> (ALMEIDA; LAMOUNIER, 2005, p. 351).</p>
<p>“Maior produção”. (AC)</p>	<p>“A teoria <u>econômica</u> preconiza [...] tipos de efeitos causados pelas tecnologias na produção de determinado bem. O primeiro efeito está relacionado com o <u>aumento da produtividade dos fatores de produção</u>, gerando adicional de renda para o produtor e para o consumidor, pois <u>eleva o nível de produção do produto</u>, aumentando a oferta e, conseqüentemente, reduzindo seu preço de mercado” (DUARTE; GARCIA, 2011, p. 285).</p>
<p>“Acredito que <u>do ponto de vista econômico</u> estes novos produtos <u>aumentariam a produção em um curto espaço de tempo e por isso significaria um aumento econômico</u>”. (YM)</p>	<p>“Uma das vantagens das plantas transgênicas <u>resistentes a insetos</u> é a redução do uso de inseticidas químicos convencionais para o controle de pragas, beneficiando o meio ambiente” (VALICENTE; ANDRADE, 2011, p. 206).</p>
<p>“Em relação aos pontos positivos podemos citar: um <u>melhor amadurecimento</u> em rapidez, atendendo assim a demanda de mercado, aliada a isso, também se faz necessário citar a quantidade de produtos que é bem maior tanto em sua forma quanto em safra, <u>resistências a pragas e maior longevidade ao produto</u>”. (FC)</p>	<p>“O interesse do cultivo de plantas geneticamente modificadas (GMs) deuse devido as principais vantagens relacionadas <u>à produtividade, qualidade, culturas com manejo facilitado ou com menor impacto ambiental</u>” (BORÉM; DIOLA, 2011, p. 237).</p>
<p>“Um aspecto positivo é o caso da produção de <u>alimentos transgênicos que são resistentes a uma determinada praga, fazendo com que não necessite a utilização de agrotóxicos</u>. [...]”. (MS)</p>	<p>“Outro ponto benéfico é que as <u>plantas transgênicas apresentam propriedades nutricionais maiores, com maior volume incorporado de proteínas, vitaminas, composição de ácidos</u></p>

	<p><u>graxos e de suplementos minerais</u>" (ALMEIDA; LAMOUNIER, 2005, p. 351).</p>
<p>"Dentre alguns resultados positivos da transgenia temos: [...] a produção de organismos <u>resistentes a pragas</u> em plantações". (JA)</p>	<p>"Cientistas podem mudar os genes de plantas de muitas formas diferentes. Genes de melancias foram <u>mudados para que elas amadureçam mais devagar</u>. Isso significa que elas ficam frescas por mais tempo" (GREEN, 2008, p. 7).</p>
<p>"Os aspectos positivos mais argumentados são, por exemplo, o caso do <u>melhoramento da produção dos alimentos</u> como <u>durabilidade</u>, no caso da exportação, <u>resistência a pragas</u> [...]. Acho que nesse caso, da <u>durabilidade, resistência a pragas</u> é benéfica". (JM)</p>	<p>"Um ponto importante sobre as plantas geneticamente modificadas cultivadas é que o objetivo do uso dessa tecnologia é <u>reduzir danos por pragas</u> através da regulação de sua população em níveis toleráveis" (VALICENTE; ANDRADE, 2011, p. 212).</p>
<p>"No caso de vegetais: <u>são resistentes a certas pragas, amadurecem mais rápido</u>, [...]. No caso das <u>bactérias: tem seus genes modificados para produzir insulina humana</u> (a usada anteriormente nos humanos provém do porco), combater outros microrganismos. No caso de animais: adquirem mais resistência a doenças, chegam ao ponto de abater mais rápido". (LF)</p>	<p>"Uma das primeiras aplicações comerciais da biotecnologia na saúde é também uma das mais úteis: <u>a produção da insulina humana com base em microrganismos transgênicos</u>. Até a década de 80, ela era extraída de bois e porcos, e, frequentemente, causava alergias. De lá pra cá, diabéticos do mundo inteiro se beneficiam dessa tecnologia, que tornou a insulina mais segura e aumentou a eficiência dos tratamentos" (CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA, 2009, p. 6).</p> <p>"Aos consumidores, diz-se também ser benéfico: menores preços, [...], maior variedade de alimentos durante todo o ano e até mesmo mais seguros" (LACEY, 2006, p. 96).</p>

<p>“Um dos aspectos positivos da produção dos alimentos transgênicos é o melhoramento do mesmo, <u>tornando-o mais resistente a diversas pragas</u> e também reduzindo a quantidade de alimentos que vão sendo jogados fora, já que esses <u>alimentos geneticamente modificados são também mais resistentes ao apodrecimento, evitando assim o desperdício do mesmo</u>”. (OS)</p>	<p>“Para os produtores agrícolas que as utilizam [<i>as plantas transgênicas</i>] é dito que existem tanto benefícios quanto menor e menos frequente for o uso de herbicidas e pesticidas químicos – e assim, menor exposição pessoal a tóxicos e menor probabilidade de problemas de saúde causados por tal exposição –, portanto, menores custos de insumos, trabalho mais fácil, número menor de colheitas perdidas, maiores lucros” (LACEY, 2006, p. 96).</p>
---	---

Quadro 3 – Matriz comparada de cognição relativa aos aspectos positivos da produção dos alimentos transgênicos apontados por estudantes de Biologia.

Corroborando com algumas das falas dos alunos, Almeida e Lamounier (2005, p. 351) afirmam que as plantas transgênicas “[...] oferecem a possibilidade não somente de trazer características desejáveis de outras variedades da planta, mas também de adicionar características de outras espécies não relacionadas”. E seguem seu raciocínio mencionando que “Os transgênicos possuem ainda outras características importantes, tais como: a **resistência contra pragas e herbicidas** [...]” (ALMEIDA; LAMOUNIER, 2005, p. 351 – grifo nosso).

No que diz respeito à resistência a pragas e diminuição no uso de agrotóxicos, Valicente e Andrade (2011, p. 215 – grifo nosso), aludem que:

O emprego de plantas geneticamente modificadas tem acarretado **diminuição no uso de inseticidas**, principalmente, os de largo espectro, **o que favorece** a manutenção da população de inimigos naturais e sua adaptação no **controle de pragas**. Portanto, as plantas transgênicas não vêm substituir os inseticidas, mas sim, suscitar nova abordagem dentro do MIP [Manejo Integrado de Pragas], por eliminarem ou reduzirem drasticamente o uso de inseticidas não seletivos, favorecendo a aliança com o controle biológico.

Borém e Carneiro (2008, p. 405) afirmam que “A transformação gênica tem potencial para melhorar a produtividade, resistência, qualidade nutricional e outras características das plantas cultivadas”. Por seu turno, Siqueira e Trannin (2008, p. 239 – grifo nosso) referem o seguinte:

A rápida adoção dos cultivos transgênicos em todo o mundo é consequência dos **benefícios** trazidos por esta tecnologia aos agricultores, para consumidores e a sociedade tanto em países industriais quanto naqueles em desenvolvimento.

Segundo Lacey (2006, p. 29), os transgênicos “[...] estão se configurando rapidamente e em grande parte trazendo mudanças nas práticas agrícolas em várias partes do mundo e, ao mesmo tempo, enfrentando forte resistência de vários grupos de interesses”. De fato, o tema transgênico, tem sido muito debatido (BORÉM; CARNEIRO, 2008; CARPENTIERI-PÍPOLO, 2009; CARPENTIERI-PÍPOLO; MARASCHIN, 2009; CERDEIRA et al., 2009; CRAIG; DEGRASSI; RIPANDELLI, 2009; LACEY, 2006; MARCELINO et al., 2009; ODA; SOUZA; BORGES, 2009; PATERNIANI, 2009; PEREIRA; VIEIRA, 2009; VALICENTE, 2009), inclusive no âmbito do ensino de Ciências (SOUZA; FARIAS, 2011; PEDRANCINI et al., 2007; 2008; DURBANO et al., 2008; FABRÍCIO et al., 2006; BOSSOLAN, 2008; SANTOS; MARTINS, 2009; TAKAHASHI; MARTINS; QUADROS, 2008).

Neste ponto, destacamos que uma discussão mais abrangente em torno dessa temática não serviria apenas para que o aluno se posicionasse a favor ou contra as novas tecnologias advindas dessa área, ela propiciaria também aos alunos alcançarem o “[...] estágio multidimensional da alfabetização científica, tendo uma compreensão mais integrada dos conceitos e processos aprendidos e estabelecendo relações entre esse conhecimento e a ciência, a tecnologia e a sociedade” (CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS; AMABIS, 2007, p. 11). Segundo essa perspectiva, estaremos contribuindo para a constituição de alunos alfabetizado cientificamente, capaz de tomar suas decisões, baseado no que será melhor não só para ele, mas para os outros cidadãos do mundo, que tem como patrimônio maior a vida na única esfera conhecida capaz de oferecer condições de existência para a nossa espécie e para as demais.

5.4 ASPECTOS NEGATIVOS DA PRODUÇÃO DOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS NA COMPREENSÃO DOS ESTUDANTES DE BIOLOGIA.

Agora, nesta seção, avaliaremos as respostas relativas à seguinte questão: “Aponte se for o caso, os aspectos negativos da produção dos alimentos transgênicos. Comente!”. Observamos, em menor frequência, preocupações dos sujeitos quanto aos **danos ao ambiente** e quanto à **insuficiência de resultados de estudos conclusivos no que diz respeito aos benefícios e/ou malefícios desses alimentos** (QUADRO 4). Observemos alguns trechos das falas dos sujeitos: “[...] Pode também ocorrer divergências e competições entre plantas e animais transgênicos, uma vez que características secundárias podem ser produzidas, levando até mesmo espécies à extinção” (BR); “[...] Além de modificarem brutalmente a natureza” (LL); “[...] perda da variabilidade genética.”

Na mesma linha, temos as seguintes falas: “Sabemos que a variabilidade genética permite a sobrevivência de qualquer espécie” (TP); “[...] ao poder produzir organismos mais resistentes, seja a pragas, ao clima, ele poderá ser inserido em ambientes onde antes não podia. Se for um organismo que gere lucro como o caso da soja, a busca de implementá-la acaba desmatando áreas, causando impactos negativos naquele bioma” (MS); “Não há estudos comprovando que transgênicos [...] não prejudicam de alguma forma a saúde” (LL). “[...] faltam muitos estudos a serem realizados” (FC).

Podemos considerar que há uma preocupação da maior parte dos sujeitos de pesquisa, no que concerne aos possíveis problemas de saúde que esses alimentos podem causar aos seres humanos. Como já mencionado é relevante a preocupação destes alunos, no que se refere ao consumo de AT. Desta forma, destacamos aqui algumas respostas pertinentes que expressam as preocupações relacionadas à saúde: “[...] não há conhecimentos se trarão prejuízo aos consumidores, se pode ou não causar alterações no organismo” (AR); “Podem causar doenças [...]” (AW); “O problema principal dos transgênicos é o efeito deles dentro do nosso organismo [...]” (BR). Todas essas considerações dizem respeito ao consumo e não a produção de transgênicos.

Na mesma linha, temos as seguintes observações: “Os alimentos transgênicos podem gerar quadros de alergias, pode ser um alimento que não seja

aceito pelo organismo de quem o consome” (AC); “[...] não se sabe exato o impacto que essa modificação genética pode causar para a saúde humana [...]” (FC); “[...] não há certeza de que nunca farão mal algum. [...]” (LF); “[...] pode resultar no aparecimento de patologias desconhecidas e de difícil tratamento [...]” (JA); “[...] diversas doenças que podem ser causadas pela modificação desses alimentos [...]” (OS); “[...] acarretam em consequências consideráveis ao ser humano [...] podem afetar o organismo de quem os consumir” (RC).

QUESTÃO 4 – Aponte se for o caso, os aspectos negativos da produção dos alimentos transgênicos. Comente!	
Resposta do aluno	Citação na literatura científica
<p>“O problema principal dos <u>transgênicos</u> [...] <u>Pode também ocorrer divergências e competições</u> entre plantas e animais transgênicos, uma vez que características secundárias podem ser produzidas, <u>levando até mesmo espécies à extinção</u>”. (BR)</p>	<p>“Os <u>riscos ambientais</u> incluem o <u>aumento das chances de extinção de populações de espécies vegetais selvagens causada pela depressão genética, devido a introdução de novos genes no ecossistema</u>” (BENEDITO; FIGUEIRA, 2008, p. 180).</p>
<p>“[...] <u>modificam brutalmente a natureza</u>”. (LL)</p>	<p>“[...] a manipulação de genes poderá propiciar o aparecimento de novas espécies melhores adaptadas ao meio ambiente. Isto poderá levar ao <u>desaparecimento de espécies mais frágeis em relação à adaptação ao meio ambiente, através de uma seleção natural</u>” (ALVES, 2004, p. 8).</p>
<p>“Existem vários, mas um dos principais é a <u>perda da variabilidade genética</u>. Sabemos que a variabilidade genética permite a sobrevivência de qualquer espécie”. (TP)</p>	<p>“Esta tecnologia [<i>transgenia</i>] permite a <u>ampliação da variabilidade genética nas espécies</u>, gerando oportunidade para os cientistas desenvolverem variedades adaptadas as mais diferentes situações” (BORÉM; GIÚDICE, 2009, p. 64).</p>
<p>“Um aspecto negativo é que ao poder produzir <u>organismos mais resistentes</u>, seja a pragas, ao clima, ele poderá ser inserido em ambientes onde antes não podia. Se for um organismo que gere lucro como o caso da soja, a busca de implementá-la <u>acaba desmatando áreas, causando impactos negativos naquele bioma</u>”. (MS)</p>	<p>“Algumas consequências negativas que são apontadas [...] referem-se basicamente a(o): <u>surgimento e/ou desenvolvimento de plantas e animais resistentes a uma ampla gama de antibióticos e agrotóxicos; [...]</u> <u>ameaça as plantas silvestres e as variedades nativas, reduzindo assim a biodiversidade</u>” (ALMEIDA; LAMOUNIER, 2005, p. 352).</p>

<p>“Em relação aos aspectos negativos da produção dos alimentos transgênicos, o argumento central desses produtos é de que [...] <u>faltam muitos estudos a serem realizados</u>”.</p> <p>(FC)</p>	<p>“No que refere à investigação da segurança dos alimentos geneticamente modificados, o conceito-chave é <u>a necessidade de se determinar se outras alterações, além daquela nova característica pretendida, ocorrem na nova cultura</u>” (ILSITASKFORCE, 2004 <i>apud</i> CRAIG; DEGRASSI; RIPANDELLI, 2009, p. 32).</p>
--	---

Quadro 4 – Matriz comparada de cognição relativa ao os aspectos negativos da produção dos alimentos transgênicos na compreensão dos sujeitos pesquisados.

Observamos na fala de alguns alunos a preocupação em relação a problemas ambientais. Quando o sujeito TP fala a respeito da “[...] perda da variabilidade genética” encontramos um contraponto na literatura para este posicionamento quando Borém e Giúdice (2009, p. 64) afirmam que “Esta tecnologia [transgenia] permite a ampliação da variabilidade genética nas espécies, gerando oportunidade para os cientistas desenvolverem variedades adaptadas as mais diferentes situações”. Entretanto, se a produção agrícola de um dado alimento, independentemente de ser ou não transgênico, ocasionar a homogeneização do *habitat*, teremos, sim, perda de variabilidade genética. A homogeneização é causa de perda da biodiversidade (NEVES; BARBOSA, 2010).

Outra preocupação relativa ao ambiente pode ser observada, quando o sujeito LL aponta entre outros aspectos, que os transgênicos modificam “[...] brutalmente a natureza”. Sobre isso, Gravina (2010) assinala que a complexidade e a diversidade dos sistemas de produção agrícola fazem com que a adoção de qualquer nova tecnologia seja acompanhada da preocupação com os impactos ambientais. O referido autor destaca que no caso da biotecnologia, uma intensa discussão sobre potenciais riscos tem ofuscado as importantes contribuições das plantas transgênicas para a melhoria da qualidade ambiental.

Ainda para Gravina (2010), após anos de uso dos cultivos transgênicos ao redor do mundo, os resultados sugerem que os benefícios ambientais superam os riscos. Ele aponta que dados advindos do estudo de uma consultoria inglesa (*PG Economics*) aferiu que, em 2007, os 111 milhões de hectares de cultivos transgênicos no mundo resultaram no abatimento da emissão de 14,2 bilhões de quilos de dióxido de carbono (CO₂) – equivalente à remoção de 6,3 milhões de

carros de circulação durante um ano – resultando na economia de emissões de CO₂ e na conservação do solo.

O Sujeito BR, ainda com relação à preocupação relacionada ao ambiente, destaca que “Pode também ocorrer divergências e competições entre plantas e animais transgênicos, uma vez que características secundárias podem ser produzidas, levando até mesmo espécies à extinção”. Sobre isso, Benedito e Figueira (2008, p. 180) destacam que pode ocorrer “[...] o aumento das chances de extinção de populações de espécies vegetais selvagens causada pela depressão genética, devido a introdução de novos genes no ecossistema”. De fato, “[...] a manipulação de genes poderá propiciar o aparecimento de novas espécies melhores adaptadas ao meio ambiente. Isto poderá levar ao desaparecimento de espécies mais frágeis em relação à adaptação ao meio ambiente, através de uma seleção natural” (ALVES, 2004, p. 8).

É por esses e outros aspectos que os transgênicos são muito debatidos e dividem opiniões. Isso porque enquanto estudos apontam benefícios do seu uso, outros não indicam a utilização da transgenia. Ademais, muitos autores apontam somente os seus aspectos negativos, sem procurar “relativizar” e compreender do que se tratam e quais seus possíveis benefícios.

Por sua vez, “Vários estudos demonstraram que o uso de plantas transgênicas alcança efeitos ambientais positivos, como a redução da contaminação de fontes de água e menor impacto a insetos benéficos” (BORÉM; DIOLA, 2011, p. 238). Entretanto, há autores que se contrapõem sutilmente a essas ideias, a exemplo de Xavier et al. (2011, p. 232):

Os relatos demonstraram a variabilidade de resultados e a necessidade de estudos de caso específicos como preconizado na adoção de medidas preventivas, para afastar os riscos, mesmo nos casos em que haja pouca ou nenhuma base para prever a probabilidade de danos futuros. Um novo evento deve passar pelas mesmas avaliações, nos mesmos critérios a que um similar foi submetido, tendo em vista que cada evento pode oferecer respostas diferentes para as mesmas situações avaliadas. Esses estudos devem ser realizados em diferentes ambientes que representam a área cultivada em um país, inclusive após a liberação comercial, para avaliar efeitos de médio e longo prazos.

Nesses termos, acreditamos e concordamos com a autora referida a seguir, quando ela nos fala a respeito dos riscos potenciais e os benefícios dos AT. Para ela, esses riscos e/ou benefícios

[...] devem ser considerados na **tomada de decisões** durante a elaboração de estratégias dos padrões e de políticas, que ao mesmo tempo que [sic]

promovam o desenvolvimento, protejam a vida, a saúde humana, animal e o meio-ambiente (PÍPOLO, 2009, p. 25).

Por esse motivo, entendemos que para tomar determinada decisão, o cidadão necessita ter informações e capacidade crítica de avaliá-la para buscar as escolhas mais conscientes para esta decisão, levando em consideração os custos e benefícios da mesma. Assim, uma qualificada tomada de decisão é necessária, mas para isso é imprescindível um qualificado conhecimento científico, que só será possível a partir do momento em que o aluno seja cientificamente alfabetizado.

Temos a destacar que a preocupação com a segurança alimentar (possíveis riscos à saúde) foi amplamente referida pelos sujeitos desta pesquisa, enquanto aspecto negativo da produção dos AT, embora o assunto evocado tenha sido os aspectos negativos da produção. Entretanto, decidimos discutir aqui esse aspecto dado à pertinência das respostas relativas ao consumo. Assim sendo, esse aspecto pode ser evidenciado em trechos de falas como: “[...] não há conhecimentos se trarão prejuízo aos consumidores, se pode ou não causar alterações no organismo como até mesmo a formação de câncer” (AR). Sobre isso a literatura aponta que especialmente os estudos que se concentram nas possíveis reações do *Roundup*⁴ no solo são muito importantes. Foi constatado que, durante a decomposição do produto no solo, pode ocorrer a formação de uma substância cancerígena, ou seja, o formaldeído, e que o glifosato, em combinação com nitratos do solo, se converte em nitroso-glifosato, uma substância há muito conhecida como causadora de carcinomas (cânceres) de fígado (KACZEWER, 2002).

Na assertiva do sujeito AW: “Podem causar doenças [...]” encontramos a argumentação de Lima (2001), ao referir que são evidentes os problemas à saúde implicados pelos AT. Segundo o autor, muitas cobaias alimentadas com esses alimentos e testadas em laboratórios apresentaram reações alérgicas. Além disso, a pessoa ou animal ingere um alimento que foi geneticamente transformado para resistir a pesticidas, então, nesse caso, pode-se concluir que o indivíduo corre o

⁴ *Roundup*[®]: molécula com propriedade herbicida descoberta pela Monsanto em 1970. Teve sua primeira formulação comercial lançada nos Estados Unidos em 1974. Hoje ela é utilizada em mais de 130 países, sendo aplicada para controle de plantas daninhas nas áreas agrícolas, industriais, florestais, residenciais e ambientes aquáticos, de acordo com os registros obtidos em cada país. No Brasil, a linha *Roundup*[®] de herbicidas, a base de glifosato, da Monsanto, encontra-se devidamente registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para fins agrícolas e no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) do Ministério do Meio Ambiente para fins não agrícolas (GALLI; MONTEZUMA, 2005, p. 53-54).

risco de estar alimentando-se de resíduos de veneno. Na mesma linha, “A transferência de genes de castanha-do-Pará para a soja produziu reações alérgicas em pessoas” (NORDLEE et al., 1996). Ainda,

No que refere a qualidade e aos fatores de risco dos alimentos geneticamente modificados para o consumo humano, os pesquisadores ressaltam os possíveis efeitos das novas proteínas (transgênicas) atuarem como alérgenos ou toxinas: alterar o metabolismo da planta ou do animal, fazendo com que produzam novos alérgenos ou toxinas (PESSANHA; WILKINSON, 2005, p 24).

Voltamos aqui às respostas dos alunos que mencionaram os aspectos negativos do consumo de AT ao invés de se referirem à produção. As respostas dos sujeitos apresentam consonância com os achados da literatura relativos aos riscos ao consumo, mesmo assim, vale ressaltar que houve um equívoco por parte de alguns alunos, na interpretação da pergunta.

Desta forma, voltamos nossa atenção, novamente para a questão da importância da alfabetização científica. Pois “[...] seria desejável que indivíduos alfabetizados cientificamente não apenas tivessem facilitada a leitura do mundo em que vivem, mas entendessem as necessidades de transformá-lo, e transformá-lo para melhor” (CHASSOT, 2003, p. 38). Assim, no que diz respeito à polêmica que permeia o tema alimentos transgênicos, entendemos que “[...] vale a pena conhecer mesmo um pouco de Ciência para entender algo do mundo que nos cerca e assim termos facilitadas algumas vivências [...] por isso, vale a pena o investimento numa alfabetização científica” (CHASSOT, 2003, p. 41), pois os alunos só possuirão uma postura de cidadãos críticos, autônomos, se apresentarem conhecimentos que lhes permitam uma adequada alfabetização científica.

Assim, “Nas exigências [...] aos professores, nestes novos tempos, em que devem deixar de ser informadores para se tornarem formadores, está presente uma preocupação com um ensino que se enraíze na história da construção do conhecimento” (CHASSOT, 2003, p. 43-44), e não apenas na “apresentação” desses conhecimentos para o aluno, de forma totalmente desvinculada de sua realidade, como se observa predominantemente nas escolas e universidades. Nestes termos, torna-se essencial que sejam ampliadas as discussões sobre os aspectos relacionados aos temas que demandem a tomada de decisões por parte dos alunos, já que estes estão em processo de construção de sua cidadania, e essa prática deve ser originada ainda nas séries iniciais do ensino fundamental, e não apenas quando estes indivíduos ingressarem nas universidades.

5.5 AS JUSTIFICATIVAS CONHECIDAS PELOS ALUNOS PARA A NÃO APROVAÇÃO DO CONSUMO DE ALIMENTOS TRANSGÊNICOS.

O assunto aqui tratado refere-se às respostas à seguinte questão: Quais as justificativas que você conhece para desaprovar o consumo de alimentos transgênicos? Inicialmente podemos apontar que a maioria dos alunos apresenta preocupação em relação aos riscos à saúde, o que pode ser evidenciado nos trechos das seguintes respostas (QUADRO 5): “[...] pessoas ficarem doentes por conta do consumo dos mesmos [...]” (AW); “Podem desencadear algumas doenças” (AC); “Fazem mal a saúde; Causam inúmeras doenças [...]” (OS); “[...] podem causar patologias” (LF); “[...] não se sabe em longo prazo se o consumo de alimentos transgênicos pode causar alguma doença, como por exemplo, câncer” (MS); “Alguns dizem que os transgênicos podem causar, [...] doenças futuras [...]” (CS); “Acredito que tais organismos causam danos à saúde humana [...]” (YM); “[...] não há garantia que esses alimentos não contribuam para alguns problemas de saúde ao homem no futuro” (JA); “[...] podem tornar-se prejudiciais à saúde humana [...]” (RC).

Por outro lado, houve alunos que mencionam também a carência de estudos conclusivos em relação à questão, como observada nas assertivas que seguem: “A falta de estudos em relação às consequências do consumo destes alimentos, na verdade, há estudos, mas faltam resultados conclusivos” (AR); “Não existe até o momento nenhum estudo que comprove que a utilização de alimentos transgênicos tragam malefícios a saúde” (TP). Notamos nas respostas de alguns dos sujeitos desta pesquisa, a preocupação com possíveis alterações genéticas destes alimentos nos seres humanos: “[...] medo, ou risco de alterações genéticas em quem consome esses alimentos [...]” (JM); “[...] não se sabe ao certo se as regiões utilizadas não causam modificações nos seres humanos” (LL). “[...] o efeito deles dentro do nosso corpo, que ainda não é muito bem elucidado” (BR).

QUESTÃO 5 – Quais as justificativas que você conhece para desaprovar o consumo de alimentos transgênicos?	
Resposta do aluno	Citação na literatura científica
<p>“A <u>falta de estudos em relação</u> às consequências do consumo destes alimentos, na verdade, <u>há estudos, mas faltam resultados conclusivos</u>” (AR).</p>	<p>Estudos recentes identificaram um aumento de 6% no teor de ácido graxo da soja RR, e de acordo com Guerrante (2003) tal fato comprova a <u>necessidade de mais estudos acerca dos impactos desta cultura na saúde humana.</u></p>
<p>“Não existe até o momento <u>nenhum estudo que comprove que a utilização de alimentos transgênicos</u> tragam malefícios a saúde” (TP).</p>	<p>“A Organização Mundial da Saúde (OMS) desenvolveu <u>testes bastante rigorosos</u> e padrões internacionais para detectar substâncias com potencial alergênico. <u>Antes de serem liberados ao mercado, os OGMs são submetidos a eles. A comercialização da soja modificada</u> pela transferência do gene que codifica para o aminoácido metionina na castanha-do-pará, por exemplo, <u>foi suspensa em função de o produto ocasionar reações alérgicas em algumas pessoas</u>” (PEDRANCINI et al., 2008, p. 142).</p>
<p>“A principal seria o <u>efeito deles dentro do nosso corpo</u>, que <u>ainda não é muito bem elucidado</u>” (BR).</p>	<p>“<u>Continua uma incógnita saber se os efeitos sobre os testes com ratos são aplicáveis ao organismo humano.</u> Independente disso, a questão dos resíduos de <i>Roundup</i>® e de <u>seus efeitos sobre a saúde humana, no caso da soja transgênica, é de especial importância</u>” (ANDRIOLI, 2008, p. 1).</p>
<p>“Uma justificativa seria que <u>grande parte dos fragmentos utilizados para a confecção de transgênicos são retirados de bactérias e não se sabe ao certo se as regiões utilizadas não causam modificações nos seres humanos</u>” (LL).</p>	<p>“[...] <u>se levanta a possibilidade de transferência de resistência a um antibiótico para as bactérias do aparelho digestivo.</u> Neste caso, a questão pode ser dividida em duas</p>
<p>“[...] medo, ou risco de <u>alterações genéticas em quem consome esses alimentos</u>, e outra também seria o custo</p>	

<p>[...]” (JM).</p>	<p>partes: é possível a transferência da sequência que codifica a resistência colocada nas plantas (para permitir selecionar as realmente modificadas) para as bactérias do trato intestinal? E esta transferência é relevante para o caso da resistência em causa?” (INSUMOS, 2010, p. 35).</p> <p>“Outro receio frequentemente associado com alimentos transgênicos diz respeito ao <u>risco de que genes de resistência a antibióticos se transfiram para microrganismos patológicos</u>, como, por exemplo, bactérias que causam infecções” (LEITE, 2000, p. 45).</p> <p>“Além dos riscos de alergias e toxicidade, alguns críticos argumentam que <u>alimentos transgênicos, que contêm genes de resistência a antibióticos, podem disseminar a resistência para bactérias</u>” (PEDRANCINI et al., 2008, p. 142).</p>
<p>“Devido já terem relatos de <u>pessoas ficarem doentes por conta do consumo dos mesmos [...]</u>” (AW).</p>	<p>Um [...] tipo de risco relaciona-se às <u>reações adversas dos alimentos derivados de OGM</u>, os quais, de acordo com os efeitos, podem ser classificados em dois grupos: <u>alergênicos e intolerantes</u>. Os <u>alimentos alergênicos causam a hipersensibilidade alérgica</u>. O segundo grupo responde por <u>alterações fisiológicas, como reações metabólicas anormais</u> ou idiossincráticas e <u>toxicidade</u> (FINARDI, 1999).</p>
<p>“<u>Podem desencadear algumas doenças</u>” (AC).</p>	
<p>“<u>Fazem mal a saúde; Causam inúmeras doenças; Modificam a genética natural dos alimentos; Diminui a produção de alimentos naturais</u>” (OS).</p>	
<p>“Se podem vir a trazer efeitos colaterais para quem comê-los, <u>podem causar patologias</u>” (LF).</p>	
<p>“Um dos mais usados é que <u>não se sabe</u></p>	

<p>em longo prazo <u>se o consumo de alimentos transgênicos pode causar alguma doença</u>, como por exemplo, <u>câncer</u>” (MS).</p>	<p><u>toxina [...] e dos resíduos de herbicida sobre a saúde e o meio ambiente são altamente preocupantes [...]</u>” (ANDRIOLI, 2008, p. 1).</p>
<p>“Alguns dizem que <u>os transgênicos podem causar</u>, para quem os consomem regularmente, <u>doenças futuras</u> as quais a medicina ainda não tem como responder precisamente. [...]” (CS).</p>	<p>“Em diversos encontros técnico-científicos sobre o <u>impacto de plantas transgênicas sobre o meio-ambiente e a saúde</u>, fica patente a elevada demanda de <u>pesquisas que tragam respostas às questões</u> mais polêmicas. Quase dez anos depois ainda não existem estas respostas” (SÁ, 2002, p. 63).</p>
<p>“<u>Acredito que tais organismos causam danos à saúde humana [...]</u>” (YM).</p>	
<p>“<u>Poucos testes são feitos antes que os alimentos transgênicos entrem nos supermercados</u>, sendo assim, <u>não há garantia que esses alimentos não contribuam para alguns problemas de saúde ao homem no futuro</u>” (JA).</p>	<p>“Quando cientistas que pesquisam transgênicos criam um novo cultivo, eles fazem testes para descobrir se o alimento é seguro. <u>Alguns cientistas acham que testes mais aprofundados são necessários.</u> [...] É mais seguro realizar testes durante um período prolongado” (GREEN, 2008, p. 24).</p>
<p>“Para desaprovar o consumo de alimentos transgênicos se tem várias justificativas: [...] <u>podem tornar-se prejudiciais à saúde humana.</u> [...]” (RC).</p>	
<p>“Muitas das empresas que motivam esta saída de produtos transgênicos do comércio <u>não rotulam a informação</u>”. (FC)</p>	<p>“<u>A rotulagem de produtos alimentícios oriundos de animais ou plantas geneticamente modificados</u> é apontada como uma alternativa para maior aceitação desses alimentos. Ademais, <u>a omissão de informação é antiética e antidemocrática</u>, sendo a todos os cidadãos assegurado o direito à informação e à escolha” (LEITE, 2003, p. 29).</p>

Quadro 5 – Matriz de Cognição Comparada sobre as justificativas conhecidas pelos estudantes para desaprovar o consumo de alimentos transgênicos.

Observamos que foi muito claro, nas respostas dos sujeitos a esta questão, a preocupação da maioria deles em relação aos possíveis problemas de saúde implicados no consumo dos AT. Podemos perceber, também, a preocupação destes sujeitos com a realização de mais estudo. Muitos autores também apontam para essa necessidade. Assim sendo, temos que

Um dos principais focos dos debates e questionamentos sobre os transgênicos refere-se à **saúde humana**. As controvérsias em relação aos riscos dos alimentos transgênicos são bastante acirradas mesmo entre a comunidade científica. Os cientistas que defendem a biotecnologia argumentam que a possibilidade de os transgênicos causarem distúrbios como hipersensibilidades alérgicas e toxidez não é maior da que existe pelo consumo de alimentos desenvolvidos pelo melhoramento convencional (PEDRANCINI et al., 2008, p. 142 - grifo nosso).

Ainda, no que tange a questão, Nodari e Guerra (2003, p. 108 – grifo nosso) ressaltam o seguinte:

Como o transgene confere novas características, em geral pouco avaliadas quanto aos seus impactos, ainda não foi gerada uma base de conhecimento para abordar corretamente este assunto. Neste sentido, **as liberações para o cultivo comercial de plantas transgênicas devem ser precedidas por estudos nutricionais e toxicológicos de longa duração.**

Para avaliar os riscos do uso de alimentos geneticamente modificados, estudos com animais são indispensáveis. Na avaliação da segurança de longo prazo é considerado necessário o consumo de alimentos GM na dieta de animais de laboratório durante um período de 90 dias. O animal deve ser exposto às doses mais elevadas possíveis do alimento sem causar desequilíbrio nutricional e doses baixas comparáveis ao previsto para o consumo humano. A margem de segurança pode ser calculada baseada na ausência de efeitos. Estudos de longo prazo para testar possíveis efeitos da exposição humana devem ser considerados caso a caso, avaliando a necessidade de testes toxicológicos adicionais (VASCONCELOS; CARNEIRO; VALICENTE, 2011).

Alterações nos tecidos dos animais durante o estudo de 90 dias podem indicar a necessidade de estudo de toxicidade de longo prazo. Outro tipo de estudo consiste na verificação da segurança da carne, leite, ovos e derivados de animais que consomem alimentos geneticamente modificados. A equivalência substancial⁵ pode ainda ser estabelecida através da análise de composição de nutrientes,

⁵ O conceito de equivalência substancial (ES) foi introduzido para se comparar alimentos derivados dos recentes avanços da biotecnologia com seus análogos convencionais. Este conceito é amplamente utilizado nos procedimentos de avaliação de segurança de alimentos derivados de organismos geneticamente modificados (OGM) (BELEM et al., 2010).

desempenho de crescimento e indicadores de saúde do animal (VASCONCELOS; CARNEIRO; VALICENTE, 2011).

No Quadro 6, a seguir, observaremos os resultados de uma série de estudos sobre alimentos GM, destacados por Vasconcelos, Carneiro e Valicente (2011, p. 167-168):

PESQUISADORES	RESULTADOS
Rhee et al. (2005)	Estudos com ratos sugerem que os alimentos geneticamente modificados até o presente, desenvolvidos e liberados comercialmente não possuem efeitos adversos sobre a capacidade reprodutiva e de desenvolvimento durante diversas gerações.
Hamond et al. (2006); Hamond et al. (2004)	Outros estudos com milho GM resistente a insetos e com milho GM tolerante a herbicida produziram resultados que mostraram inexistência de efeitos adversos.
Mackenzie et al. (2007)	Mais recentemente, análises atestaram a ausência de efeitos tóxicos em ratos após o consumo de milho transgênico.
Sakamoto et al. (2007)	Análises atestaram a ausência de efeitos tóxicos em ratos após o consumo de soja GM em um nível de 30% na dieta.
Ipharraguerre et al. (2003)	Um estudo com vacas foi utilizado para avaliar os efeitos da dieta com alimentos GM sobre o desempenho da alimentação animal. Tanto a planta inteira quanto a silagem de grãos de uma variedade de milho tolerante a glifosato, de um milho híbrido controle não transgênico e de dois híbridos comerciais não transgênicos, foram comparadas. A silagem de grãos e os quatro milhos híbridos foram produzidos utilizando as mesmas práticas agrônomicas. A composição química dos grãos e

	silagens produzidas a partir dos diferentes alimentos foi substancialmente equivalente.
Donkin et al. (2003); Phipps et al. (2005)	Resultados similares aos de Ipharraguerre et al. (2003) foram obtidos com outras variedades de milho GM resistente a insetos e tolerantes a herbicidas.
Taylor et al. (2003a, 2003b, 2003c, 2005a, 2005b).	Em uma série de trabalhos com frangos alimentados com rações contendo milho GM com genes <i>cry</i> para resistência a insetos e o gene EPSPS para tolerância a herbicida glifosato, em comparação com as rações contendo milho equivalente não transgênico, indicaram que os animais tiveram rendimentos similares de carcaça e composição da carne.
Cromwell et al. (2002).	Com suínos, os animais alimentados com soja GM tolerante a glifosato e aqueles nutridos com soja equivalente convencional não diferiram quanto ao crescimento e terminação.
Cromwell et al. (2005); Hyun et al. (2005).	Resultados similares aos de Cromwell et al. (2002) foram obtidos com suínos alimentados com arroz GM tolerante ao herbicida glufosinato de amônio e com milho GM contendo gene <i>Bt</i> .

Quadro 6 – Resultados de estudos sobre alimentos transgênicos.

Fonte: Adaptado de Vasconcelos, Carneiro e Valicente (2011, p. 167-168).

Nestes termos, encontramos na literatura que, até o presente momento, as avaliações de mais de 50 variedades de OGM aprovadas em vários países permitem concluir que alimentos e rações derivados de cultivos GM são tão seguros e nutritivos quanto aqueles derivados de cultivos tradicionais (VASCONCELOS; CARNEIRO; VALICENTE, 2011). A ausência de problemas de segurança alimentar resultante do consumo de alimentos produzidos a partir de mais de 134 milhões de hectares de plantas GM cultivadas em 14 anos de adoção da tecnologia dão suporte para essa conclusão (JAMES, 2010). Desta forma, percebemos que muitos autores defendem que até o momento não se tem conhecimento de nenhum produto

agrícola ou alimento geneticamente modificado aprovado que tenha causado alergias ou intoxicações no homem (PEREIRA; MOURA; CONSTANT, 2008).

Por outro lado, destacamos que apesar dos estudos mencionados na literatura,

Existem opiniões diferentes sobre alimentos transgênicos e nossa saúde. Alguns cientistas acham que testes mais aprofundados são necessários. Se os transgênicos realmente fazem com que as pessoas adoçam, é possível que leve muitos anos até que venhamos a saber o motivo. É mais seguro realizar testes durante um período prolongado (GREEN, 2008, p. 24).

Assim, “[...] para os consumidores, os OGM apresentam risco, tendo em vista que não há ainda estudos suficientes e consistentes sobre os efeitos de seu uso prolongado sobre o organismo humano” (ALMEIDA; LAMOUNIER, 2005, p. 352).

Enquanto formadores não devemos nos lançar ao comodismo de pensar na segurança alimentar dos transgênicos como uma verdade absoluta, pois nosso papel é também questionar e, por isso, o ensino de ciências deve ser problematizador, capaz de suscitar discussões mais abrangentes sobre a temática. É nesses termos que, a literatura vem corroborando que no ensino de Ciências há ainda muitos problemas em relação à discussão da temática, como evidenciado mais recentemente por Pedrancini et al. (2007, 2008) e em estudo anterior, por Silva e Calsa (2003, p. 3), que mostraram que

Os resultados sugerem que a grande maioria dos alunos não tem uma idéia [sic] sólida sobre transgênicos, um tema tão polêmico e atual que deveria ser mais discutido nas escolas. É possível observar também uma forte influência da mídia nos conceitos dos alunos. Isso não é desejável, pois, esses conhecimentos devem subsidiar cientificamente o julgamento de questões polêmicas que dizem respeito ao desenvolvimento, ao aproveitamento de recursos naturais e à utilização de tecnologias que implicam intensa intervenção humana.

Notamos, assim, que a preocupação dos alunos aqui pesquisados mostra-se pertinente com relação aos riscos do consumo de AT para a saúde. Mesmo porque a literatura aponta a importância da realização de estudos mais aprofundados e de longo prazo, como imprescindível para a comercialização dos AT (PEDRANCINI et al., 2007; 2008; ALVES, 2004; GUERRANTE, 2003; NODARI; GUERRA, 2003). Nesses termos, sentimo-nos responsáveis, enquanto docentes, pela formação do aluno cidadão, crítico e que pensa na coletividade. Mas muitas vezes, acabamos por nos fazer continuadas interrogações, como: “[...] quais as contribuições, ou mais precisamente, as responsabilidades que temos como educadores na construção da cidadania?” (CHASSOT, 2003, p. 49-50). O autor responde que “A cidadania só

pode ser exercida plenamente se o cidadão [...] tiver acesso ao conhecimento (e isto não significa apenas informações) e aos educadores cabe então fazer esta educação científica” (CHASSOT, 2003, p. 49-50). Ainda,

[...] a nossa responsabilidade maior no ensinar Ciências: procurar que nossos alunos e alunas se tornem, com o ensino que fazemos, homens e mulheres mais críticos. Sonhamos que, com o nosso fazer Educação, os estudantes possam tornar-se agentes de transformações – para melhor – do mundo em que vivemos (CHASSOT, 2003, p. 52).

Desta maneira, entendemos que se torna essencial ao aluno a orientação em situações concretas da vida cotidiana. Que este sujeito seja capaz de entender o relacionamento da ciência com as questões sociais e tecnológicas, bem como o desenvolvimento da alfabetização científica, no que tange a inserção em uma cidadania livre e responsável. A ele também deve ser evidenciada a promoção da ciência como fenômeno cultural, a garantia de que a ciência esteja mais orientada para a pessoa – e não apenas para os cientistas que conduzem pesquisas em seus laboratórios –. A percepção dos conhecimentos e experiências prévias dos estudantes deverá ser valorizada, assim como a utilização de atividades coletivas para a solução de problemas e a tomada de decisões, tendo em vista o desenvolvimento da criatividade e das capacitações sociais, culturais, e porque não dizer, científicas dos estudantes. Assim,

O processo de ensino e aprendizado das ciências, levando em conta esta perspectiva da alfabetização científica, deve ser um bom instrumento para contribuir à participação cidadã na compreensão dos problemas e das atuações requeridas, com propostas que permitirão as necessárias transformações da sociedade (BRASIL, 2003, p. 126).

É nos termos que dizem respeito às necessárias transformações sociais - por meio da participação cidadã - na compreensão dos problemas, que a temática dos AT - assim como inúmeros outros temas relevantes e controversos no ensino de ciências - deve ser tratada. Isso porque “Enquanto para alguns a nova tecnologia é uma certeza de desenvolvimento, para outros muito ainda deve ser esclarecido sobre os reais impactos no meio ambiente, na saúde, política, economia e bioética de cada país” (ALVES, 2004, p. 1).

5.6 AS JUSTIFICATIVAS CONHECIDAS PELOS EDUCANDOS QUE APOIAM O CONSUMO DE ALIMENTOS TRANSGÊNICOS.

Na presente seção apresentamos às respostas a seguinte questão: Quais as justificativas que você conhece que apoiam o consumo de alimentos transgênicos? Muitas foram as justificativas apontadas pelos alunos para o apoio ao consumo deste tipo de alimentos (Quadro 6). Entre as respostas destacamos algumas que foram muito mencionadas pelos educandos. **O combate à fome:** “[...] ajudaria a reduzir a fome” (MS); “Que esses alimentos poderiam solucionar problemas como a fome mundial [...]” (BR). **Preços mais acessíveis:** “Diminuição dos custos desses alimentos [...]” (LL); “Muita gente apoia por conta dos preços serem menores, e então acessíveis a grande maioria das pessoas [...]” (TP); “[...] Podem ser mais baratos” (OS); “[...] Os alimentos transgênicos são mais baratos [...]” (RC).

Outras justificativas mencionadas pelos alunos são **maior qualidade, durabilidade, maior teor de vitaminas, melhoria na qualidade nutricional**, como observamos nas falas a seguir: “Maior durabilidade de frutas e legumes” (JA); “Maior produção, maior fonte de vitaminas” (AC); “Durabilidade, [...] melhora do sabor e do aspecto visual, etc.” (JM). “Resistência, menor tempo de maturação, maior peso/volume, sabor melhorado” (LF). “[...] Os alimentos transgênicos [...] demoram mais para estragar são fortes aliados contra o desperdício” (RC). Outro aspecto mencionado dizia respeito aos benefícios **econômicos**: “Talvez somente no que tange o ramo econômico” (YM). Notamos, portanto, um diversificado repertório nas respostas dos sujeitos pesquisados.

QUESTÃO 6 – Quais as justificativas que você conhece que apoiam o consumo de alimentos transgênicos?	
Resposta do aluno	Citação na literatura científica
<p><u>“O fato de poucos casos de anormalidades registrados devido à ingestão de alimentos transgênicos terem ocorrido, isso mostra que muitos deles podem ser comercializados, além disso, devemos lembrar que somos geneticamente diferentes entre si, e por isso, os efeitos resultantes da ingestão de alimentos transgênicos pode ser diferente de pessoa para pessoa”</u> (AW).</p>	<p><u>“Os defensores dos transgênicos, no Brasil, apontam o fato que estes produtos, estudados caso a caso, foram liberados pelos rigorosos órgãos governamentais [...] e estariam presentes nas mesas de milhões de consumidores, há alguns anos, sem que tenha sido registrado problema que implicasse uma revisão da política”</u> (FREIXO; ABREU; SIQUEIRA, 2005, p. 11).</p> <p>O parecer técnico-científico da CTNBio à produção em escala comercial da semente de soja transgênica <i>Roundup Ready</i> resistente à aplicação de herbicida à base de Glifosate, baseia-se na conclusão de que a soja geneticamente modificada não oferece riscos a saúde humana ou animal, e nem ao meio ambiente (COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA, 1999).</p>
<p>“A mais popular é que <u>ajudaria a reduzir a fome</u>”. (MS)</p>	<p>“Mesmo com o sucesso da expansão da produção agrícola recente, existem hoje no mundo cerca de 800 milhões de pessoas morrendo de fome. Sabe-se que se nada for feito em curto prazo, o número de pessoas pobres e famintas gerará um aumento na pressão sobre o meio ambiente, em busca de alimentos e atingindo patamares irreversíveis de degradação ambiental. Nesse sentido, novas tecnologias, capazes de proporcionar uma redução das áreas</p>

	plantadas, reduzindo a devastação ambiental e aumentando a produção de alimentos agrícolas, tornam-se extremamente importantes nesse contexto”. (ALMEIDA; LAMOUIER, 2005, p. 349).
“ <u>Que esses alimentos poderiam solucionar problemas como a fome mundial [...]</u> ” (BR).	“[...] <u>os transgênicos podem vir a ser a chave para resolver os problemas da fome e da desnutrição</u> ” (LACEY, 2006, p. 91).
“ <u>Diminuição dos custos</u> desses alimentos que no caso são repassados para o consumidor” (LL).	“[...] defensores e adeptos da implementação da Biotecnologia na agricultura têm a visão positiva de que <u>alimentos geneticamente transformados</u> aumentam a produtividade agrícola, <u>reduzindo o preço final</u> e, assim, <u>contribuindo para o bem da sociedade por meio da redução da fome e garantia de abastecimento</u> ” (ALMEIDA; LAMOUNIER, 2005, p. 346).
“ <u>Muita gente apoia por conta dos preços serem menores, e então acessíveis a grande maioria das pessoas.</u> Também devido a grande distribuição que o mesmo possui” (TP).	
“ <u>Maior durabilidade de frutas e legumes</u> ” (JA).	“Pesquisas estão sendo desenvolvidas e em breve deverão estar disponíveis no mercado plantas [<i>transgênicas</i>] <u>com maior teor de óleo, de proteínas e vitaminas.</u> Há também pesquisas que possibilitarão, no futuro, que as plantas sejam utilizadas como biofábricas de medicamentos e vacinas” (COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA, 1999).
“[...] <u>maior fonte de vitaminas</u> ” (AC).	
“ <u>Pode ser mais rico em vitaminas, proteínas, etc.</u> São alimentos quase perfeitos; São <u>mais resistentes</u> de que um alimento natural; [...]; Podem ser <u>mais baratos</u> ” (OS).	“[...] fica claro que a <u>transgênese</u> <u>poderá trazer muitos benefícios, [...],</u> o que permitirá um <u>aumento da produtividade global de alimentos mais saudáveis,</u> bem como a produção de compostos químicos e fármacos em maior quantidade”

	(VANZELA; SOUZA, 2009, p. 105).
“Maior qualidade do produto, principalmente em relação ao <u>sabor e ao aspecto visual</u> ”. (CS)	“As culturas transgênicas manifestarão os seguintes tipos de ‘características desejadas’: maiores rendimentos; grãos mais nutritivos; resistência a doenças bacterianas e virais, a pestes e a produtos químicos [...]; <u>‘intensificações’ do apelo estético dos alimentos (sabor, textura, aparência) ou de exigências do mercado (maior longevidade dos produtos)</u> ” (LACEY, 2006, p. 99).
“[...] <u>melhora do sabor e do aspecto visual</u> , etc.” (JM).	
“ <u>Resistência</u> , menor tempo de maturação, maior peso/volume, sabor melhorado” (LF).	
“[...] <u>Os alimentos transgênicos são mais baratos, e como demoram mais para estragar são fortes aliados contra o desperdício</u> ”. (RC)	

Quadro 7 – Matriz de Cognição Comparada para as justificativas conhecidas pelos alunos que apoiam o consumo de alimentos transgênicos.

Os conhecimentos expressos pelos discentes sobre as justificativas para apoiar o consumo dos AT são muito semelhantes aos argumentos dos proponentes, ou seja, dos grupos defensores dos AT, bem como dos estudiosos do assunto (VASCONCELOS; CARNEIRO; VALICIENTE, 2011; BORÉM; DIOLA, 2011; DUARTE; GARCIA, 2011; ALMEIDA; SALGADO; BORÉM, 2011; ALMEIDA et al., 2011; NEPOMUCENO et al., 2011). Esses conhecimentos expressos pelos sujeitos referem-se aos aspectos que tangem aos benefícios desses alimentos, como o combate à fome, preços mais acessíveis aos consumidores, maior qualidade, durabilidade, maior teor de vitaminas e melhoria na qualidade nutricional.

Foi mencionado o fato dos mesmos apresentarem potencial para resolverem a situação da fome, tal como aponta a seguinte assertiva: “A mais popular é que ajudaria a reduzir a fome” (MS). Acreditamos nos benefícios advindos da tecnologia aqui discutida [transgenia], mas não podemos apoiar esta justificativa, de que os AT resolverão o problema da fome mundial. Até porque o problema da fome é uma questão multifatorial, ou seja, vinculada aos problemas de ordem financeira, econômica e social como os conflitos, a dívida externa, as graves desigualdades

sociais e, especialmente a má distribuição de renda. Conforme se pode constatar na literatura, a principal causa da fome não é a superpopulação - até porque existem alimentos suficientes para alimentar toda a população mundial - no entanto existe um grave problema de distribuição de bens e riquezas que está longe de ser resolvido (VALENTE, 1989; BRANDÃO, 2005; BETTO, 2004).

Desta maneira, acreditamos que enquanto persistir falta de vontade por parte dos países desenvolvidos e o conflito de interesses pelo qual é regido o sistema político econômico capitalista, no qual estamos imersos, jamais será possível resolver o problema da fome. Isto porque existirão sempre dois mundos: aquele dos que possuem todos os avanços da ciência e da tecnologia ao seu dispor para seu desenvolvimento e aquele dos que quase nada têm e ficam dependentes das “migalhas” do primeiro. Nessa perspectiva, pensamos na formação do aluno cidadão, crítico e consistente, capaz de se responsabilizar por suas decisões, incluindo, no que diz respeito aos transgênicos. Mas para que o aluno chegue a ter uma posição crítica, não alienada e baseada em preceitos científicos e não apenas no senso comum, ele precisa estar alfabetizado cientificamente e, no contexto da discussão precedente, uma alfabetização científica que contemple a perspectiva social, em todas as suas dimensões, como também a ambiental.

Neste ponto, retomamos nossa discussão relativa à alfabetização científica. Para Leite (2000), a população, em geral, encontra-se cientificamente despreparada para participar, de modo crítico e democrático, em debates sobre os avanços biotecnológicos (incluindo a questão dos transgênicos). Sobre esta questão, o autor salienta ainda o seguinte:

[...] é mínima a condição do público brasileiro participar, de maneira informada e democrática, de um debate como o dos alimentos transgênicos, ou das implicações da pesquisa genômica [...] esse estado de coisas cria uma obrigação para todos os autores do processo, fornecer informação compreensível, qualificada e contextualizada sobre as biotecnologias, da engenharia genética à transgenia, da genômica à eugenia (LEITE, 2000, p. 45).

Nesse contexto, cabe, principalmente, à escola – e aos futuros professores que dela farão parte, como é o caso dos sujeitos da presente pesquisa – abordar a Ciência de forma sistêmica e contextualizada, promovendo, por conseguinte, uma educação que permita aos cidadãos se apropriarem de conhecimentos com base nos quais sejam capazes de tomar decisões conscientes e esclarecidas sobre os aspectos

relacionados aos avanços científicos e tecnológicos como aqueles que estamos discutindo neste texto, ou seja, os AT.

Um questionamento feito por Chassot (2003, p. 45), nos inquietou: “Como tornar efetiva a alfabetização científica de nossos alunos?”

Primeiro, é oportuno dizer que esta alfabetização científica não ocorre em uma disciplina. [...] É o ensino médio e o ensino fundamental o *locus* para a realização de uma alfabetização científica. Os estudantes durante três anos no ensino médio estudam Biologia, Física, Química... [...] Como, com os conteúdos estabelecidos historicamente e definidos como importantes, se pode dar aos estudantes uma incipiente alfabetização científica? Parece ser indiscutível que devemos buscar novas alternativas para o ensino anterior à Universidade (CHASSOT, 2003, p. 45-46).

De fato,

Sabemos que há muito a mudar. [...] O importante é a nossa coragem de mudar. [...] a busca de alternativas para oferecer uma alfabetização científica aos homens para fazê-los cidadãos [...] mais críticos é nosso continuado, mas aparentemente novo desafio (CHASSOT, 2003, p. 46).

Por isso, só poderemos esperar uma postura crítica dos nossos alunos, se formos capazes de implementar

[...] um ensino de ciências para a formação da cidadania, evidenciando que ele precisa ser socialmente contextualizado, destacando o papel social da Ciência e suas interações multidisciplinares com os aspectos sociais, políticos, históricos, econômicos e éticos, diferentemente do modismo do ensino do cotidiano que reproduz uma concepção de Ciência pura e neutra (CHASSOT, 2003, p. 48).

Assim, os avanços da ciência, vistos muitas vezes como panacéia para a resolução dos problemas mundiais, podem, ou melhor, devem ser discutidos, questionados, não apenas no âmbito das universidades e congressos, simpósios e encontros das áreas científicas, mas anteriormente, nas escolas, preparando os alunos pra não terem essa visão “cega” sobre a ciência, de que ela é neutra, imparcial, dotada de qualidades que não podem ser refutadas.

Nos termos de visão “salvadora” dos avanços feitos pela ciência, Almeida, Salgado e Borém (2011, p. 70) entendem que

A arte e ciência de modificar as plantas e torná-las mais úteis à humanidade são a principal estratégia do homem no combate de diversos males que o afetam. Nesse contexto, a manipulação direta do DNA torna-se importante ferramenta dessa estratégia, que tem permitido grandes progressos, pois permite a utilização de genes que estão fora dos limites impostos pelas barreiras de isolamento reprodutivo das espécies. Dessa forma, a transformação de plantas continuará sendo cada vez mais importante como instrumento do melhorista de plantas do século 21 em que a obtenção de variedades melhoradas é realizada com base, principalmente, na ciência e não apenas nas habilidades do melhorista em identificar indivíduos superiores.

É por esses e outros motivos (como entender, conhecer e possuir argumentos para a discussão da ciência) que se torna essencial o entendimento dos conceitos científicos e das implicações tecnológicas que nos circundam, para assim, não ficarmos à margem dos problemas de ordem social, éticos, políticos e econômicos que advém dos aspectos relacionados às tecnologias produzidas pela ciência, incluindo, os AT.

Outras questões mencionadas pelos sujeitos desta pesquisa, como as que dizem respeito à redução dos preços desses alimentos, assim como as de ordem econômica, também foram apontadas pelos alunos como justificativas para apoio ao consumo de AT. “Diminuição dos custos desses alimentos [...]” (LL); “Muita gente apoia por conta dos preços serem menores, e então acessíveis a grande maioria das pessoas [...]” (TP); “[...] Podem ser mais baratos” (OS); “[...] Os alimentos transgênicos são mais baratos [...]” (RC). “Talvez somente no que tange o ramo econômico” (YM). Nesses termos,

A teoria econômica preconiza que há pelo menos três tipos de efeitos causados pelas tecnologias na produção de determinado bem. O primeiro efeito está relacionado com o **aumento da produtividade dos fatores de produção, gerando adicional de renda para o produtor e para o consumidor, pois eleva o nível de produção do produto, aumentando a oferta e, conseqüentemente, reduzindo seu preço de mercado**. O segundo efeito está associado à **diminuição dos custos de produção**, o que no primeiro momento eleva a renda do produtor e a partir daí pode resultar em queda no preço de mercado, beneficiando os consumidores. E o terceiro efeito diz respeito ao **aumento da produção por diminuição das perdas causadas no processo de produção**, o que resulta também em acréscimo de renda para o produtor, uma vez que há diminuição dos custos unitários dos produtos e aumento da renda pela maior quantidade ofertada, e isso também beneficiará os consumidores (DUARTE; GARCIA, 2011, p. 285-286, grifo nosso).

Os autores apontam ainda que “[...] a produção de novos cultivares a partir de transformações genéticas tem efeitos. O primeiro está relacionado com a redução dos custos de produção e o segundo, à diminuição das perdas causadas por estresses bióticos”. Assim, podemos observar que as justificativas mencionadas por esses alunos, no que tangem aos aspectos econômicos, estão em consonância com o discurso de pesquisadores da área.

5.7 TOMADA DE DECISÃO SOBRE A LIBERAÇÃO DA PRODUÇÃO E DA COMERCIALIZAÇÃO DOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS.

Na presente seção apresentamos às respostas a seguinte questão: “Se você fosse convidado para participar de uma audiência pública para decidir sobre a liberação da produção e da comercialização dos alimentos transgênicos, qual seria sua opinião, você seria contrário ou favorável? Justifique sua resposta”. Para esta questão, as respostas foram organizadas em contrárias, favoráveis e outras respostas (QUADRO 8).

As justificativas foram variadas. Para os alunos que se manifestaram favoráveis destacamos algumas justificativas, tais como: “Seria favorável desde que houvesse os devidos esclarecimentos sobre os benefícios e os prováveis riscos [...] de se consumir alimentos transgênicos, bem como a identificação nos supermercados que se trata de um alimento transgênico” (AC); “Seria favorável, desde que [...] antes de ser lançado no mercado, passasse por uma triagem rigorosa, com o objetivo de verificar possíveis danos a saúde humana” (BR); “Favorável. Alimentos transgênicos [...] podem sim beneficiar a população mundial, principalmente no combate a fome” (JA); “Favorável. Pois creio na melhoria dos alimentos [...]” (LL); “Seria a favor desde que tivessem um controle para evitar a perda da variabilidade genética da espécie” (TP).

Em relação aos alunos que se manifestaram contrários à liberação da produção da comercialização dos AT, destacamos as justificativas a seguir: “Seria contra. [...] penso: será que não existiria outra forma de melhorar a produção natural de produtos, como o maior incentivo ao pequeno produtor, por exemplo” (AW); “Seria contra [...] e acho muito mais benéfico para a população o incentivo a produção de alimentos sem esses mecanismos e sem o uso de pesticidas, já que causam um grande dano ambiental”(JM); “Eu seria contrária. Acredito que os alimentos naturais são sempre a melhor alternativa” (RC).

E quanto aos alunos que apresentaram outras respostas, algumas delas são: “[...] é difícil de dizer sem estar envolvida na situação” (AR); “[...] não teria uma opinião formada a este respeito sem tomar conhecimento do “para quê” e do “por que” da situação” (LF); “Não sei, depende. Acho que nem tudo deve ser aceito e questionado e sim colocado limite, para que seja utilizado com fins éticos” (MS);

“Dependendo dos argumentos apresentados pelos dois lados, eu poderia ser contrária ou a favor” (OS). Estas respostas foram classificadas em uma categoria separada, pois se tratam de respostas vagas, com pouca ou nenhuma relevância no trato do tema.

QUESTÃO 7- Se você fosse convidado para participar de uma audiência pública para decidir sobre a liberação da produção e da comercialização dos alimentos transgênicos, qual seria sua opinião, você seria contrário ou favorável? Justifique sua resposta.		
Favoráveis	Contrários	Outras respostas
Seria favorável desde que houvesse os devidos esclarecimentos sobre os benefícios e os prováveis riscos, caso houver, de se consumir alimentos transgênicos, bem como a identificação nos supermercados que se trata de um alimento transgênico. (AC)	Seria contra. [...] penso: será que não existiria outra forma de melhorar a produção natural de produtos, como o maior incentivo ao pequeno produtor, por exemplo. (AW)	Primeiro eu iria ver se existe pesquisa para aquele produto em relação às consequências do mesmo para o consumidor. Caso ainda houvesse dúvidas, acho que eu seria contrária, mas é difícil de dizer sem estar envolvida na situação. (AR)
Seria favorável, desde que fosse mantido o compromisso de que todo alimento transgênico, antes de ser lançado no mercado, passasse por uma triagem rigorosa, com o objetivo de verificar possíveis danos a saúde humana. (BR)	Contrário, usaria argumentos que descrevi nas respostas anteriores [<i>os transgênicos podem causar, [...] doenças futuras</i>] e outro nos quais ainda não tenho conhecimento, onde buscaria estudar sobre estes. (CS)	Primeiramente analisam o porquê de modificá-lo, não é porque se consegue modificar que isso será feito, buscaria analisar as vantagens que isso traria, portanto não teria uma opinião formada a este respeito sem tomar conhecimento do “para quê” e do “por que” da situação. (LF)

<p>A favor desde que os estudos sejam realizados e atendam a necessidade de famílias carentes, que o consumo destes produtos possam estar disponíveis. (FC)</p>	<p>Seria contra pelos motivos que já mencionei anteriormente “[...] <i>medo, ou risco de alterações genéticas em quem consome esses alimentos</i>”], e acho muito mais benéfico para a população o incentivo a produção de alimentos sem esses mecanismos e sem o uso de pesticidas, já que causam um grande dano ambiental. (JM)</p>	<p>Não sei, depende. Acho que nem tudo deve ser aceito e questionado e sim colocado limite, para que seja utilizado com fins éticos. (MS)</p>
<p>Favorável. Alimentos transgênicos são resultado de pesquisas científicas que, se usadas de forma correta, podem sim beneficiar a população mundial, principalmente no combate a fome. (JA)</p>	<p>Eu seria contrária. Acredito que os alimentos naturais são sempre a melhor alternativa. (RC)</p>	<p>Dependendo dos argumentos apresentados pelos dois lados, eu poderia ser contrária ou a favor. (OS)</p>
<p>Favorável. Pois creio na melhoria dos alimentos, o que seria benefício para a população. (LL)</p>		
<p>Seria a favor desde que tivessem um controle para evitar a perda da variabilidade genética da espécie. (TP)</p>		

Quadro 8 – Tomada de decisão sobre a liberação da produção e da comercialização dos alimentos transgênicos.

Trazemos para a discussão, a seguir, algumas justificativas favoráveis a produção e a comercialização dos AT, quais sejam: “Seria favorável desde que houvesse os devidos esclarecimentos sobre os benefícios e os prováveis riscos [...] de se consumir alimentos transgênicos [...]” (AC). Fica claro que o aluno anseia por esclarecimentos sobre os prováveis riscos para o consumo desses alimentos, aspecto importante, pois implica dizer que o mesmo demonstra interesse em possuir mais conhecimentos pertinentes a temática.

Ainda o mesmo aluno refere à importância da “[...] identificação nos supermercados que se trata de um alimento transgênico” (AC). Neste aspecto, não podemos deixar de mencionar a questão da rotulagem dos AT. Essa informação é obrigatória no Brasil desde 2001; anteriormente eram rotulados os “[...] produtos que contivessem mais de 4% de transgênicos” (GRECO, 2009, p. 59). Hoje, sabe-se que “As normas de rotulagem foram mudadas em 2003, e o percentual obrigatório para rotulagem foi para 1% - a identificação é feita por um triângulo amarelo com um “T” no meio” (GRECO, 2009, p. 59). Deduzimos que esta é uma informação que o aluno já deveria saber, logo a sua abordagem não se mostra pertinente. Por outro lado,

A rotulagem de produtos alimentícios oriundos de animais ou plantas geneticamente modificados é apontada como uma alternativa para maior aceitação desses alimentos. Ademais, a omissão de informação é antiética e antidemocrática, sendo a todos os cidadãos assegurado o direito à informação e à escolha (LEITE, 2003, p. 29).

Acreditamos que a rotulagem desses alimentos possibilite a redução da resistência aos mesmos, pois isto possibilita a liberdade de escolha a quem vai ou não consumi-los. Mesmo assim, não seria ético disponibilizar para a sociedade alimentos que serão consumidos, sem prestar os devidos esclarecimentos para que haja a livre escolha por parte do consumidor. Assim sendo, por mais que os transgênicos sejam considerados benéficos (ou não), quem deverá decidir sobre o seu consumo é o cidadão, o público em geral, por isso é importante que ele esteja apto a tomar esta decisão de forma clara, concisa, baseado em conhecimentos construídos e acumulados ao longo de sua experiência enquanto ser humano.

O sujeito BR “Seria favorável, desde que [...] antes de ser lançado no mercado, passasse por uma triagem rigorosa, com o objetivo de verificar possíveis danos à saúde humana”. A literatura aponta que antes de irem para as prateleiras dos supermercados os AT passam por inúmeros testes. No Brasil, os AT devem ter

a aprovação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), órgão redefinido pela Lei nº 11.105 de março de 2005. A CTNBio é a

[...] responsável pela realização das análises de risco prévias relativas às atividades e projetos que envolvam OGMs e seus derivados [a pesquisa é] [...] regulada passo a passo, desde a clonagem do gene até a obtenção do novo cultivar, havendo todo um arcabouço legal que regulamenta a matéria, incluindo questões relacionadas à segurança ambiental e alimentar (VASCONCELOS; CARNEIRO; VALICENTE, 2011, p. 172).

Temos a destacar aqui, que isso já é feito e o aluno desconhece, inclusive, trata-se de um aspecto já discutido anteriormente (QUADRO 6).

O aluno TP “Seria a favor desde que tivessem um controle para evitar a perda da variabilidade genética da espécie”. Esta é uma questão importante, muito discutida na literatura, que diz respeito ao fluxo gênico. Sobre o fluxo gênico,

[...] também denominado como escape gênico ou dispersão gênica, que, no contexto de biossegurança, pode ser entendido como a troca de alelos ou genes entre populações ou espécies. De outra forma **é a transferência de material genético de uma população/espécie para outra, com a permanência deste material exógeno na população receptora nas gerações seguintes à transferência**. A possibilidade de ocorrência de dispersão de transgenes para espécies silvestres tem recebido grande atenção na análise de biossegurança, porque, segundo alguns ambientalistas, **esse fato poderia mudar as propriedades genéticas das espécies nativas, com prejuízo para a biodiversidade** (BORÉM; CARNEIRO, 2008, p. 406, grifo nosso).

De fato, o escape gênico pode se constituir um aspecto importante no campo ecológico. No entanto, a literatura disponível sobre o assunto, aponta que “[...] o fluxo gênico por si não é fator de risco. O risco existe quando o gene transferido confere algum perigo à população receptora, alterando sua adaptabilidade ou capacidade de sobrevivência” (BORÉM; CARNEIRO, 2008, p. 407). Nessa perspectiva, os referidos autores apontam que “Se o gene transferido for neutro com relação à capacidade de sobrevivência da população, ele não oferecerá risco ambiental. Entretanto, se o gene reduzir a capacidade de sobrevivência da população, ela poderá ser eventualmente eliminada” (BORÉM; CARNEIRO, 2008, p. 407). Certamente, poderia ocasionar perda da biodiversidade, uma questão importante a ser considerada. Ademais,

O risco de escape gênico de plantas geneticamente modificadas para os parentes silvestres sexualmente compatíveis é, apesar de baixa probabilidade de ocorrência e fixação, uma possibilidade. Porém, o fluxo gênico entre plantas GMs e não GMs pode ser diminuído ou evitado pelo uso de estratégias de contenção e monitoramento. A análise desse risco deve ser realizada caso a caso, pois muitos fatores estão direta e indiretamente envolvidos nesse processo. Somente os condicionantes físicos e naturais, como distância do isolamento geográfico e espacial, caracterização reprodutiva e fitogeografia não são barreiras efetivas para

diminuir o fluxo gênico. As metodologias moleculares [...] contribuem efetivamente para restringir a dispersão gênica, devido ao fato de promover a dispersão via semente e não via pólen. As técnicas de monitoramento precisam ser adequadas a cada caso. [...] em se tratando de OGMs, é preciso antes da liberação para o cultivo comercial, amplo estudo, que possibilite identificar formas preventivas [...] e de contenção do fluxo gênico, prioritariamente ao escape gênico (BORÉM; DIOLA, 2011, p. 260-261, grifo nosso).

Desta forma, assim como já foi referido por alguns dos sujeitos desta pesquisa em outros momentos, a necessidade de mais estudos no que diz respeito à temática dos transgênicos se faz presente, inclusive esse fator foi mencionado pelos autores acima citados, que apontaram a importância destes estudos como formas preventivas e de contenção do fluxo gênico.

O sujeito JA se manifesta “Favorável. Alimentos transgênicos [...] podem sim beneficiar a população mundial, principalmente no combate a fome”. Esta é também uma questão já mencionada anteriormente, mas retomando a discussão, encontramos na literatura a seguinte afirmativa:

Sabe-se que a fome não seria erradicada pela alimentação transgênica seja animal ou vegetal, pois, se assim fosse, não se precisaria de alimentação com manipulação genética, e sim da boa vontade política em empregar as condições necessárias na cultura de cereais e na pecuária, como também em resolver o impasse da Reforma Agrária, a qual traria uma distribuição de terras mais adequada, uma melhoria no escoamento da produção, e inúmeros pequenos agricultores poderiam abastecer diversas comunidades (LEITE, 2003, p. 72).

Nesses termos, novamente destacamos que o problema da fome mundial apresenta causas multifatoriais com destaque por Valente (1989), Brandão (2005) e Betto (2004). Acordamos com o fato de que os transgênicos (produto da inovação tecnológica) vêm contribuindo de forma positiva para a humanidade. Entretanto não apoiamos à justificativa, de que os AT possam se constituir solução para o problema da fome mundial.

Outra justificativa utilizada: “[...] creio na melhoria dos alimentos [...]” (LL). De fato, a literatura aponta que “As culturas transgênicas manifestarão os seguintes tipos de ‘características desejadas’: [...] grãos mais nutritivos; [...] ‘intensificações’ do apelo estético dos alimentos (sabor, textura, aparência) ou de exigências do mercado” (LACEY, 2006, p. 99). Essas características conferidas aos transgênicos são também apontadas por Green (2008, p. 17): “Modificações genéticas podem produzir morangos mais doces”; “A ciência da manipulação genética pode criar tomates mais suculentos” (GREEN, 2008, p. 7); “O milho transgênico apresenta sementes grandes e suculentas” e “O trigo transgênico produzido atualmente

apresenta grãos maiores” (GREEN, 2008, p. 10); “Cientistas estão usando transgenia para fazer os animais crescer mais e com mais rapidez [...] genes são adicionados para produzir animais com menos gordura e mais carne” (GREEN, 2008, p. 21). Assim, observamos na literatura uma vasta gama de melhorias apontadas na qualidade da alimentação derivada de transgênicos, corroborando com a justificativa do sujeito pesquisado.

Em relação aos sujeitos que manifestaram opinião contrária, destacamos a seguinte fala, qual seja: “Seria contra. [...] penso: será que não existiria outra forma de melhorar a produção natural de produtos [...]” (AW). O pai da revolução verde (Norman Borlaug) diz que não há saída para a agricultura fora dos transgênicos.

Na década de 1960, o cientista e agrônomo americano Norman Borlaug despertou a ira dos ambientalistas ao pregar o uso de inseticidas e fertilizantes químicos nas lavouras como forma de aumentar a produção de alimentos. Por meio de novas técnicas de plantio, defensivos agrícolas e sementes selecionadas, ele conseguiu transformar imensas áreas inóspitas da Ásia em grandes produtoras de alimentos [...]. Com esse feito, ficou conhecido como o pai da revolução verde e, em 1970, foi agraciado com o Premio Nobel da Paz. Hoje, aos 90 anos, em plena atividade, como professor de agricultura internacional da Texas A&M University, nos Estados Unidos, Borlaug continua bom de briga. Anda novamente as turras com ecologistas, agora por defender o uso de organismos geneticamente modificados, os populares transgênicos. “A salvação das futuras gerações está na biotecnologia” ensina (EDWARD, 2004).

Como contraponto as concepções de Borlaug, encontramos na literatura a agroecologia. De acordo com Lacey (2006, p. 151) “Há ampla evidência de que as práticas de plantio agroecológicas podem ser efetivas em todas as quatro dimensões da “sustentabilidade”: capacidade produtiva, integridade ecológica, saúde social e identidade cultural”. O mesmo autor acrescenta que

O desafio colocado pela agroecologia (e outros cultivos alternativos) à rápida e generalizada utilização de transgênicos possui quatro componentes. Primeiro, representa uma forma alternativa de agricultura, produtiva e sustentável, e reativamente livre de riscos diretos à saúde humana e ao ambiente. Segundo, a agroecologia possui raízes profundas nas práticas contemporâneas ligadas aos movimentos que incorporam valores (por exemplo, os da sustentabilidade [...]) que conflitam com a visão moral dominante do neoliberalismo e da valorização moderna do controle. [...] Terceiro, sugere que talvez o maior risco da implementação dos transgênicos seja a destruição de formas alternativas de agricultura que teriam o potencial de alimentar e nutrir camponeses pobres, ou impedindo-os de receber os recursos necessários ao seu desenvolvimento futuro. [...] (LACEY, 2006, p. 160).

Também, autores como Altieri (1987, 1998) e Grassi (2003) apontam em suas publicações, existência de projetos agroecológicos de sucesso. Nesses termos, acreditamos que tanto a agroecologia como a utilização de biotecnologias para a

produção de AT podem coexistir, e isso não deverá implicar na completa substituição de uma por outra, mas no diálogo entre esses dois meios de produção de alimentos.

Borém (2008, p. 9) defende que “É impossível o estudo, a preservação e a exploração do meio ambiente de forma autossustentável sem o uso de técnicas de biotecnologia”. O referido autor defende ainda que “Por outro lado é impossível pensar na biotecnologia dissociada da biodiversidade, fonte de matéria prima para uso racional na biotecnologia”. Nesses termos, Lopes, Nass e Melo (2008) descrevem o potencial do meio ambiente como fonte de matéria-prima de genes para uso agropecuário e industrial. Também, como provedora de serviços e informações estratégicas para o uso sustentável pela sociedade.

O sujeito CS, manifestou preocupações em relação à possibilidade destes alimentos causarem doenças. Novamente mencionamos aqui, que muitos estudos já foram realizados em relação ao consumo de AT (QUADRO 6), inclusive com autores que afirmam que não há comprovação dos malefícios destes alimentos para a saúde humana, e que até o presente momento não se tem conhecimento de nenhum alimento geneticamente modificado aprovado para consumo que tenha causado alergias ou intoxicações aos seres humanos (VASCONCELOS; CARNEIRO; VALICENTE, 2011; JAMES, 2010; PEREIRA; MOURA; CONSTANT, 2008).

Já os sujeitos JM e RC se manifestam contrários, por considerarem, respectivamente “[...] muito mais benéfico para a população o incentivo a produção de alimentos sem esses mecanismos e sem o uso de pesticidas, já que causam um grande dano ambiental” (JM) e “Eu seria contrária, “Acredito que os alimentos naturais são sempre a melhor alternativa”” (RC). A literatura aponta que uma das principais questões ligadas à degradação do nosso planeta é o uso de pesticidas químicos, o que tem contribuído para uma maior produção de alimentos, mas que, no entanto, tem tido efeitos importantes sobre o meio ambiente e a saúde humana (AAFC, 2007). Desta forma, entendemos que estes sujeitos são favoráveis à agricultura orgânica, que “[...] busca o equilíbrio e o desenvolvimento sustentável do meio ambiente, fauna, flora e ser humano [...]. Alimentos orgânicos são aqueles cultivados sem insumos químicos, respeitando o meio ambiente e as relações sociais” (AFFONSO, 2007, p. 87). Então, temos que

[...] a produção orgânica objetiva a realização de processos produtivos em equilíbrio com o ambiente, no cultivo estão proibidos agrotóxicos sintéticos, adubos químicos e sementes transgênicas. Os animais são criados sem uso

de hormônios de crescimento, anabolizantes ou antibióticos, e de rações comerciais (AFFONSO, 2007, p. 88).

Em relação às vantagens nutricionais dos alimentos orgânicos “Há quem questione [...] porque, em termos de macronutrientes (carboidratos, proteínas e gorduras), praticamente não há diferenças entre eles e os convencionais” (AFFONSO, 2007, p. 89). Entretanto, a autora aponta que “[...] como os vegetais cultivados sem agrotóxicos desenvolvem mais defesas naturais, os orgânicos possuem mais micronutrientes [...] sintetizados como defesa natural contra os insetos e plantas competitivas” (AFFONSO, 2007, p. 89).

Como desvantagens da produção deste tipo de alimentos, temos as justificativas a seguir:

Para evitar o uso dos pesticidas, a produção orgânica busca criar outros mecanismos de controle das pragas, como o cuidado com a plantação e o reforço na adubação por esterco, gerando um modelo de produção mais dispendioso. E o processo de conversão para o modelo orgânico de cultivo ou de criação de animais exige providências como adaptações materiais, melhor remuneração do trabalhador e outros fatores que encarecem os produtos (AFFONSO, 2007, p. 89).

Nas questões anteriormente analisadas, destacamos a tomada de decisão por parte do aluno, como algo importante, tanto nos processos formativos quanto nas questões reais do cotidiano deste educando. A decisão de apoiar ou não o consumo e a comercialização de AT, deve ser baseada em uma formação científica, com conhecimentos científicos pertinentes, formulados a partir da capacidade crítica por parte do sujeito, e não impregnada de deduções que tem como base o senso comum ou informações apreendidas em discursos midiáticos. Deste modo,

Para tomar decisão, o cidadão precisa ter informações e a capacidade crítica de analisá-las para buscar alternativas para a decisão, avaliando os custos e benefícios. A resolução de um problema que se insere na vida do cidadão é diferente das soluções dos problemas acadêmicos, geralmente colocados na escola. Para a solução de um problema escolar, tem-se uma definição completa do problema, cujo resultado já esperado e cuja solução é tomada sob o foco disciplinar, usando-se muitas vezes algoritmos, e uma consequente avaliação como certo ou errado. Já a tomada de decisões de problemas concretos do cidadão é feita a partir de uma questão não exatamente definida, cujo resultado é previsto com alternativas múltiplas e cuja solução é tomada sob o foco multidisciplinar, por meio de discussões, sendo avaliada pela análise de custos/benefícios. Ou seja, enquanto o problema escolar tem caráter bastante objetivo, a tomada de decisão tem caráter muito subjetivo (SANTOS; SCHNETZLER, 1998, p. 263).

Nestes termos, não podemos deixar de mencionar a questão da importância para o ensino de Ciências, notadamente da argumentação qualificada a partir do conhecimento de conteúdos científicos e com desdobramento para a tomada de

decisão. Os alunos devem ser portadores da capacidade de reflexão acerca de seus pensamentos, aprendendo a reformulá-los a partir das vivências de sala de aula e das leituras de material científico, realizadas em espaços intra e extraescolares. Assim, estes poderão mediar conflitos por meio do diálogo e da tomada de decisão baseada em argumentos qualificados, com base em seus conhecimentos científicos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas sociedades contemporâneas é notória a centralidade dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Tais conhecimentos são fundamentais para a inserção social, em seu sentido *lato*, e para um efetivo exercício da cidadania. Certamente, permitindo compreender a complexidade do mundo em que vivemos e instrumentalizando para tomarmos decisões que afetam nossas vidas.

A presente pesquisa proporciona, em seu âmbito, discussões acerca dos AT. É bem verdade, que o tema polariza opiniões. As discussões que se processam envolvem, principalmente, as implicações de ordem ambiental e aspectos relativos à saúde. Trata-se de um tema controverso por si só, e presente no cotidiano das sociedades atuais. Sua importância se dá também por envolver as relações CTSA, possibilitando uma reflexão necessária para orientar uma tomada de decisão quanto à produção, à comercialização e ao consumo (ou não) de AT. Características, estas, importantes para a formação cidadã, tão discutidas nos últimos anos do ensino de Ciências, na educação básica. Esses aspectos foram considerados ao empreendermos a presente pesquisa.

De um modo geral, podemos referir que a maioria dos discentes apropriou-se dos conhecimentos científicos sobre AT, garantindo o seu entendimento segundo os critérios apontados por Smith e Siegel (2004), que inclusive se sobrepõem, quais sejam: (1) “conectividade” – ou seja, as conexões e as inter-relações de ideias, as quais foram evidenciadas, por exemplo, quando do destaque das implicações ambientais e para a saúde da produção dos AT. Segundo este mesmo autor, tais conexões e inter-relações de ideias podem ser facilmente reconhecidos na teoria da aprendizagem significativa, nos termos de Ausubel (2003); (2) “fazer sentido” – o que significa dizer que os conhecimentos científicos apropriados pelos discentes podem explicar como eles são utilizados em uma variedade de situações, isso pode ser evidenciado, por exemplo, no nível de descrição da técnica de “construção” de um AT, a qual se mostrou bastante técnico; (3) “aplicação” – evidenciamos que o entendimento apropriado pelos discentes foram aplicados em situações acadêmicas, precisamente em resposta as questões formuladas sobre o tema e o “chamamento” a tomada de decisão e (4) “justificação”, quando os discentes foram capazes de

julgar a adequação das evidências que suportam uma determinada ideia, notadamente quanto aos benefícios e aos malefícios dos AT.

Outro aspecto a ser destacado, diz respeito aos graus de apreensão desses conhecimentos, nos termos de Gilbert, Boulter e Rutherford (2000). É apropriado? É relevante? É de qualidade adequada? Podemos referir que as respostas as três indagações são afirmativas, ou seja, os conhecimentos científicos apresentados pela maioria dos alunos assim se caracterizaram, posto que tais conhecimentos têm ancoragem na literatura da área e, ainda, mostrou-se multidimensional.

Neste ponto, destacamos a importância de não perdermos de vista a necessidade de abordar temas sociocientíficos, notadamente sobre transgênicos e, especificamente, sobre AT, um tema controverso que divide opiniões de governos, de nações, da população e, inclusive, de cientistas. Neste sentido, é fundamental que as pessoas sejam instrumentalizadas para que possam tomar decisões qualificadas, tanto no âmbito coletivo como individual. Ademais, preparar para a tomada de decisão é um propósito educativo de importância basilar para uma formação cidadã, capaz de responder aos desafios da atual sociedade.

Temos a destacar que essa tarefa se constitui um desafio, também, para os atuais e futuros professores, notadamente na identificação da melhor abordagem às questões sociotécnicas. Certamente, as discussões devem refletir as necessidades das sociedades, no presente e no futuro. É nesses termos que reforçamos o papel da alfabetização científica no ensino de Ciências, na perspectiva de garantir a autonomia e a postura crítica dos sujeitos, fundamental na constituição de cidadãos cômicos.

REFERÊNCIAS

AAFC. **Agriculture in Harmony with Nature**: Strategy for Environmentally Sustainable Agriculture and Agri-food Development in Canada. Minister of Public Works and Government Services, Canada. 1997. Disponível em: <http://www.agr.ca/policy/envharmon/docs/strat_e.pdf>. Acesso em: jan., 2012.

AFFONSO, Christianne de Vasconcelos. Alimentos do Futuro: Orgânicos, Funcionais e Transgênicos. In: VILARTA, Roberto; SONATI, Jaqueline Girnos (Orgs). **Diagnóstico da alimentação saudável e atividade física na Fundação de Desenvolvimento da UNICAMP**. Campinas: IPES Editorial, 2007. p. 87-96.

ALMEIDA, Gustavo Calixto Scoralick de; LAMOUNIER, Wagner Moura. Os alimentos transgênicos na agricultura brasileira: evolução e perspectivas. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 3, p. 345-355, 2005.

ALMEIDA, Gustavo Dias et al. Plantas Geneticamente Modificadas no manejo integrado de pragas. In: BORÉM, Aluízio; ALMEIDA, Gustavo Dias de (orgs). **Plantas Geneticamente Modificadas**: Desafios e oportunidades para regiões tropicais. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. p. 73-93.

_____; SALGADO, Caio César; BORÉM, Aluízio. Transformação Gênica: A obtenção de Plantas Geneticamente Modificadas. In: BORÉM, Aluízio; ALMEIDA, Gustavo Dias de (orgs). **Plantas Geneticamente Modificadas**: Desafios e oportunidades para regiões tropicais. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. p. 47-72.

ALTIERI, Miguel A. **Agroecology**: the scientific basis of alternative agricultures. Boulder: Westview, 1987. 227p.

_____. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998. 120p.

ALVES, Gilcean Silva. A biotecnologia dos transgênicos: precaução é a palavra de ordem. **Holos**, Rio Grande do Norte, ano 20, v. 2, p. 1-10, out., 2004.

ANDRIOLI, Antônio Inácio. Os efeitos dos transgênicos sobre a saúde – Parte 2. **Revista Espaço Acadêmico**, Maringá, n. 88, p. 1-5, set., 2008.

ARAGÃO, Francisco José Lima. **Organismos transgênicos**. Barueri: Manole, 2002. 115 p.

AULER, Decio; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, jun., 2001.

BARBOSA, Roberta Sá Leitão. **Interface conhecimento tradicional-conhecimento científico: um olhar interdisciplinar da etnobiologia na pesca artesanal em Ajuruteua, Bragança-Pará**. 114f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental. Universidade Federal do Pará. Bragança-PA, 2006.

BAZZO, Walter Antonio. **Ciência, Tecnologia e Sociedade**: contexto da educação tecnológica. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998. 400p.

BELÉM, Márcio A. F. et al. Equivalência substancial da composição de alimentos derivados de plantas geneticamente modificadas (PGM): Procedimentos propostos para o Brasil. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento** - Encarte Especial. p. 140-149. 2010.

BENEDITO, Vagner Augusto; FIGUEIRA, Antonio Vargas de Oliveira. Segurança Ambiental. In: BORÉM, Aluízio; GIÚDICE, Marcos del (Orgs). **Biotecnologia e Meio Ambiente**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p. 167-198.

BETTO, Frei. **A fome como questão política**. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, jan., 2004. (caderno de estudos, 02)

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994. 336 p.

BORÉM, Aluízio; CARNEIRO, José Eustáquio de Souza. Fluxo gênico. In: BORÉM, Aluízio; GIÚDICE, Marcos del (Org.). **Biotecnologia e Meio Ambiente**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p. 405-419.

_____; DIOLA, Valdir. Fluxo Gênico. In: BORÉM, Aluízio; ALMEIDA, Gustavo Dias de (orgs). **Plantas Geneticamente Modificadas**: Desafios e oportunidades para regiões tropicais. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. p. 237-263.

_____; GIÚDICE, Marcos P. del. Biodiversidade e Biotecnologia. In: BORÉM, Aluízio; GIÚDICE, Marcos del (Orgs). **Biotecnologia e Meio Ambiente**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p. 57-76.

BOSSOLAN, Nelma Regina Segnini. O tema biotecnologia no manual do professor: leituras e atividades adicionais para a formação docente. In: PAVÃO, Antonio Carlos; FREITAS, Denise de. (Org.). **Quanta ciência há no ensino de ciências**. São Carlos: Ed. UFSCar. 2008. p. 301-308.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

- _____. **Cultura científica: um direito de todos.** Brasília: UNESCO, 2003. 172p.
- _____. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, v. 2.** Brasília: MEC. 135 p, 2006.
- _____. São Paulo (SP). Secretaria Municipal de Educação. Diretoria de Orientação Técnica. **Orientações curriculares e proposição de expectativas de aprendizagem para o Ensino Fundamental: ciclo II: Ciências Naturais / Secretaria Municipal de Educação – São Paulo: SME / DOT, 2007. 160p.**
- _____. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais (5^a a 8^a séries) / Secretaria de Educação Fundamental.** Brasília: MEC/ SEF, 1998.
- BRANDÃO, Selma Maria de Oliveira. A fome como uma expressão da questão social: indicações para o debate. **II Jornada Internacional de Políticas Públicas. Mundialização e Estados Nacionais: a questão da Emancipação e da Soberania.** São Luís – MA, 23 a 26 de agosto 2005, p. 1-7.
- BRANDI, Arlete Terezinha Esteves; GURGEL, Célia Margutti do Amaral. A Alfabetização Científica e o Processo de Ler e Escrever em Séries Iniciais: Emergências de um Estudo de Investigação-Ação. **Ciência & Educação**, Baurú, v. 8, n. 1, p. 13-125, 2002.
- CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. Critérios estruturantes para o ensino das Ciências. In: CARVALHO, Ana Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a Pesquisa e Prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 1-17.
- CACHAPUZ, Antonio et al. (Org.). **A necessária renovação do ensino das ciências.** São Paulo: Cortez, 2011. 263 p.
- CALÓ, Camilla Fahning Ferreira. **Conhecimento ecológico local e taxonômico dos peixes “vermelhos” (Actinopterygii, Teleostei) pelos pescadores de Ilhéus, Bahia.** 83f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Zoologia. Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus-BA, 2007.
- CAMARGO, Solange Soares; INFANTE-MALACHIAS, Maria Elena; AMABIS, José Mariano. O ensino de biologia molecular em faculdades e escolas médias de São Paulo. **Revista Brasileira do Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, Campinas, v. 5, n. 1, p.1-14, 2007.
- CARDOSO, Fátima. **Transgênicos são do bem, transgênicos são do mal: entenda de uma vez essa questão.** São Paulo: Terceiro Nome. 2005. 86 p.
- CARLETTO, Marcia Regina; PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel. Subsídios para uma prática pedagógica transformadora: contribuições do enfoque CTS. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 507-525, 2010.

CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria. Regulamentação de organismos geneticamente modificados: desafios e oportunidades para a biotecnologia. In: CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria (Org). **Culturas transgênicas**: uma abordagem de benefícios e riscos. Londrina: EDUEL, 2009. p. 301-320.

_____; MARASCHIN, Marcelo. Segurança dos alimentos transgênicos: novas possibilidades alimentícias na detecção de OGMs em alimentos. In: _____. (Org.). **Culturas transgênicas**: uma abordagem de benefícios e riscos. Londrina: EDUEL, 2009. p. 229-264.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de; TINOCO, Sandra Carpinetti. O Ensino de Ciências como 'enculturação'. In: CATANI, Denice Bárbara; VICENTINI, Paula Perin. (Org.). **Formação e autoformação**: saberes e práticas nas experiências dos professores. São Paulo: Escrituras. 2006.

CERDEIRA, Antônio et al. Plantas transgênicas resistentes a herbicidas e interações com o meio ambiente. In: CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria (org). **Culturas transgênicas**: uma abordagem de benefícios e riscos. Londrina: EDUEL, 2009. p. 153-172.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização Científica**: questões e desafios para a educação. 3 ed. Ijuí: Unijuí, 2003. 440p.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. **Legislação e Documentos**. 2009. Disponível em: <www.met.gov.br/ctnbio/leisedocs>. Acesso em: dez. 2011.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **O que você precisa saber sobre transgênicos**. maio, 2009. p. 1-20. Disponível em: <www.cib.org.br>. Acesso em: jun., 2011.

CRAIG, Wendy; DEGRASSI, Giuliano; RIPANDELLI, Decio. Rumo ao uso seguro da biotecnologia moderna: uma avaliação dos impactos negativos potenciais das culturas transgênicas e de seus produtos e derivados. In: CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria (org). **Culturas Transgênicas**: uma abordagem de benefícios e riscos. Londrina: EDUEL, 2009. p. 27-66.

_____; TEPFER, Mark. Introdução à avaliação de segurança/risco de culturas GM. In: CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria (org). **Culturas transgênicas**: uma abordagem de benefícios e riscos. Londrina: EDUEL, 2009. p. 67-87.

CUSTÓDIO, José Francisco; CRUZ, Frederico Firmo de Souza; PIETROCOLA, Maurício. Explicações Científicas, Explicações Escolares e Entendimento. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 179-204, 2011.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências**: Fundamentos e Métodos. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2011. 366p.

DUARTE, Jason de Oliveira; GARCIA, João Carlos. Aspectos Econômicos das Plantas Geneticamente Modificadas. In: BORÉM, Aluísio; ALMEIDA, Gustavo Dias de (Org.). **Plantas Geneticamente Modificadas**: Desafios e oportunidades para regiões tropicais. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. p. 285-310.

DURBANO, João Paulo De Monaco et al. Percepção do conhecimento dos alunos de ensino médio do município de João Pessoa-PB sobre temas emergentes em biotecnologia. In: Congresso Brasileiro de Genética, LIV **Anais...** Salvador, 2008.

EDWARD, José. **A salvação da lavoura**. Revista Veja, Edição Especial Agronegócio. 2004. Disponível em: <www.fealq.org.br/arquigos/salvacao.pdf>. Acesso em: 20 fev., 2012.

FABRÍCIO, Maria de Fátima Lima et al. A compreensão das Leis de Mendel por alunos de Biologia na Educação Básica Secundária. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p. 1-21, 2006.

FINARDI, Flávio. **O que você precisa saber sobre transgênicos**. Conselho de Informações sobre Biotecnologia. p. 1-20, maio, 2009.

FINARDI, Flávio. Plantas transgênicas e a segurança alimentar. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 51. 1999, Porto Alegre. Palestra apresentada no Simpósio: **Plantas Transgênicas: da Genética aos Alimentos**. Porto Alegre: SBPC, 1999. 8 p.

FREIXO, Amanda Batista; ABREU, Juliana Ceciliano; SIQUEIRA, Benjamim de Souza. Produtos Transgênicos – aceitá-los ou não? **Revista da FAE**. jun., 2005. Disponível em: <www.fae.edu/publicacoes/pdf/art_cie/art_31.pdf>. Acesso em 30 jul. 2011.

GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. Educación, ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 42, p. 31-53, 2006.

GRECO, Alessandro. **Transgênicos, o avanço da Biotecnologia**. São Paulo: Oirã, 2009. 93p.

GREEN, Jen. **Alimentos Transgênicos**. São Paulo: DCL, 2008. 31 p.

GRAVINA, Marcelo. **Transgênicos**: 14 anos de contribuições para o meio ambiente. Conselho de informações sobre Biotecnologia. 2010. Disponível em: <http://www.cib.org.br/pdf/artigomarcelo_abril10.pdf>. Acesso em 30 jul. 2011.

GRASSI, Aaron di. **Genetically modified crops and sustainable poverty alleviation in sub-Saharan Africa**: an assessment of current evidence. Third World Network – Africa, 2003. Disponível em: <<http://www.eldis.org/static/DOC12623.htm>>. Acesso em: 25 mar. 2012.

GALLI; Antonio J. B.; MONTEZUMA, Marcelo C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. São Paulo: ACADCOM Gráfica e Editora Ltda, 2005. 67p.

GUERRANTE, Rafaela Di Sabato. **Transgênicos**: uma visão estratégica. Rio de Janeiro: Interciência. 2003. 173 p.

HURD, Paul DeHart. Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. **Science Education**, v. 82, n. 3, 407-416, 1998.

INSUMOS. Alimentos Geneticamente Modificados. **Revista Aditivos & Ingredientes**, n. 69, mai., p 28-38, 2010. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/179.pdf>. Acesso em: 20 jan., 2011.

JAMES, Clive. A global overview of biotech (GM) crops adoption, impact and future prospects. **GM Crops**, v. 1, p. 8-12, jan./feb., 2010.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, Maria Pilar. Nuevas técnicas biológicas, antiguas explicaciones. **Alambique**, v. 25, p. 5-8, 2000.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, Maria Pilar. La Catástrofe del Prestige: Racionalidad Crítica versus Racionalidad Instrumental, **Cultura y Educación**, España, v. 16, n. 3, p. 305-319, 2004.

KRASILCHIK, Myriam; MARANDINO, Martha. **Ensino de Ciências e Cidadania**. São Paulo: Moderna. 2004, 88p.

KACZEWER, Jorge. Toxicología del glifosato: riesgos para la salud humana. **La Producción Orgánica Argentina**, Argentina, v. 60, p. 553-561, 2002.

KREUZER, Helen; MASSEY, Adrienne. **Recombinant DNA and Biotechnology**: a guide for teachers. 8. ed. Washington: ASM Press, 2008. 704 p.

LACEY, Hugh. **A controvérsia sobre os Transgênicos**: questões científicas e éticas. 1 ed. Aparecida, São Paulo: Ideias e Letras, 2006. 239 p.

LEITE, Marcelo. Biotecnologias, clones e quimeras sob controle social: missão urgente para a divulgação científica. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 40-46, 2000.

LEITE, Margarida Cardoso. **A necessidade de identificação e rotulagem dos alimentos geneticamente modificados**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. 2003. 142 p.

LEÓN, Maria Josefa Guerrero. La biología en el nuevo bachillerato. **Alambique**, v. 36, p. 76-81, 2003.

LIMA, Pedro Jorge B. F. **Transgênicos ameaçam a sua saúde**. Jornal dos Trabalhadores Rurais, [S.I.], abr. 2001. Edição especial.

LOPES, Nataly Carvalho et al. Tendências do movimento CTS em dois eventos nacionais da área de Ensino de Ciências. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física** (SNEF). Vitória, ES, 26 a 30 de Janeiro de 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/>>. Acesso em jul., 2011.

LOPES, Mauricio Antonio; NASS, Luciano Lourenço; MELO, Itamar Soares de. Bioprospecção. In: BORÉM, Aluízio; DEL GIÚDICE, Marcos (Orgs). **Biotecnologia e Meio Ambiente**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p. 77-106.

LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, jun., p. 1-17, 2001.

MALAJOVICH, Maria Antonia. **Biotecnologia Fundamentos**. Rio de Janeiro: ORT, 2009. 104 p.

MAMEDE, Maíra; ZIMMERMANN, Erica. Letramento Científico e CTS na Formação de Professores para o Ensino de Física. XVI SNEF – **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, São Luís, 2007.

MARCELINO, Francismar Corrêa et al. Detecção e quantificação de grãos e alimentos transgênicos: o panorama brasileiro. In: CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria (org). **Culturas transgênicas: uma abordagem de benefícios e riscos**. Londrina: EDUEL, 2009. p. 265-288.

MARCHANT, Robert; MARCHANT, Elizabeth M. GM plants: concepts and issues. **Journal of Biological Education**, v. 34, n. 1, p. 5-11, 1999.

MARQUES, José Geraldo W. **Pescando pescadores: Ciência e Etnociência em uma perspectiva ecológica**. 2 ed. São Paulo: Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas Brasileiras (NUPAUB) – USP, 2001. 258 p.

MARTÍN-DÍAZ, Maria Jesús. Enseñanza de las ciencias. Para qué? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, n. 2, p. 57-63, 2002. Versão electrónica: Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero2/Art1.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

MARTÍNEZ-GRACÍA, María Victoria; GIL-QUÍLEZ, María José; OSADA, Jesus. Genetic engineering: a matter that requires further refinement in Spanish secondary school textbooks. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 9, p. 1147-1168, 2003.

MARTINS, Viviane Souza. **Uma abordagem etnoecológica abrangente da pesca de polvos (*Octopus sp.*) na comunidade de Coroa Vermelha (Santa Cruz Cabrália, Bahia)**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais. Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus-BA, 2008. 112 p.

MINAYO, Maria Celília de Souza. **O Desafio do Conhecimento - Pesquisa Qualitativa em Saúde**. São Paulo: Hucitec, 2008. 269p.

MILLER, Jon D. The development of civic scientific literacy in the United States. In: KUMAR, David; CHUBIN Daryl E. (Org.), **Science, Technology and Society: a sourcebook on research and practice**. New York: Kluwer Academy/Plenum. 2000a. p. 21-47.

MILLER, Jon D. Scientific literacy and citizenship in the 21st century. In: SCHIELE, B.; KOSTER, E. (Org). **Science centers for this century**. Quebec: Multimondes, 2000b. p. 369-411.

MILLER, Jon D. Scientific literacy: a conceptual and empirical review. **Daedalus**, Cambridge, v. 112, n. 2, p. 29-48, 1983.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. A Linguagem em uma Aula de Ciências. **Presença Pedagógica**, Belo Horizonte, v. 2, n. 11, p. 49-57, 1996.

NAVAS, Ana Maria; CONTIER, Djana; MARANDINO, Martha. Controvérsia científica, comunicação pública da ciência e museus no bojo do movimento CTS. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. especial, p. 1-12, nov., 2007.

NEPOMUCENO, Alexandre L. et al. Plantas geneticamente modificadas para tolerância a estresses abióticos. In: BORÉM, Aluizio; ALMEIDA, Gustavo Dias de (Org.). **Plantas Geneticamente Modificadas: Desafios e oportunidades para regiões tropicais**. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. p. 119-138.

NEVES, Frederico Monteiro; BARBOSA, Luciano Celso Brandão Guerreiro. Homogeneização da Biodiversidade Global: o caso das espécies invasoras. In: V Encontro Associação Nacional de pós Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS). **Resumos...** Florianópolis, Santa Catarina, 2010. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT14-727-757-20100903192043.pdf>>. Acesso em 12 set., 2011.

GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn J.; RUTHERFORD, Margaret. Explanations with models in science education. In: GILBERT, John K; BOULTER, Carolyn J. (Orgs). **Developing models in science education**. Dordrecht: Kluwer, 2000, p. 193-208.

NODARI, Rubens Onofre; GUERRA, Miguel Pedro. Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 1, p.105-116, jan./mar., 2003.

NORDLEE, Julie A. et al. Identification of a Brazil-Nut Allergen in Transgenic Soybeans. **The New England Journal of Medicine**, England, v. 334, n. 11, p. 688-692, 1996.

ODA, Leila Macedo; SOUZA, Lucia de; BORGES, Kelly C. Almeida de Souza. Percepção pública e seus impactos na regulamentação e no desenvolvimento da biotecnologia agrícola. In: CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria (Org.). **Culturas transgênicas: uma abordagem de benefícios e riscos**. Londrina: EDUEL, 2009. p. 355-378.

OLIVEIRA, Cláudio Roberto Cordovil. **Transgênicos, mídia impressa e divulgação científica: conflitos entre a incerteza e o fato**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Cultura, Escola de Comunicação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: UFRJ, 2004. 159 p.

OLIVEIRA, Marcos Barbosa de. Tecnociência, ecologia e capitalismo. In: LOUREIRO, Isabel; CEVASCO, Maria Elisa; LEITE, José Correa. (Ed). **O espírito de Porto Alegre**. São Paulo: Paz e Terra, 2002. p. 109-113.

OMOTO, Celso; MARTINELLI, Samuel. Resistência de insetos a plantas GM. In: BORÉM, Aluizio; DEL GIÚDICE, Marcos (Org.). **Biotecnologia e Meio Ambiente**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p. 311-354.

PAIVA, Ana Luiza Bittencourt; MARTINS, Carmen Maria De Caro. Concepções prévias a respeito de Genética em alunos de terceiro ano do Ensino Médio. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 3, 2005.

PATERNIANI, Maria Lidia Stip. Culturas transgênicas e a conservação da biodiversidade. In: CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria (Org.). **Culturas transgênicas: uma abordagem de benefícios e riscos**. Londrina: EDUEL, 2009. p. 131-152.

PEDRANCINI, Vanessa Daiana et al. Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. **Ciência & Educação**, Baurú, v. 14, n. 1, p. 135-146, 2008.

PEDRANCINI, Vanessa Daiana et al. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

PEREIRA, Luiz Filipe Protasio; VIEIRA, Luiz Gonzaga Esteves. Biossegurança e novas estratégias para a transformação genética. In: CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria (org). **Culturas transgênicas: uma abordagem de benefícios e riscos**. Londrina: EDUEL, 2009. p. 213-228.

PEREIRA, Ana Carolina da Silva; MOURA, Suelane Medeiros; CONSTANT, Patrícia Beltrão Lessa. Alergia alimentar: sistema imunológico e principais alimentos envolvidos. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 189-200, jul./dez., 2008.

PESSANHA, Lavínia; WILKINSON, John. **Transgênicos, recursos genéticos e segurança alimentar: o que está em jogo nos debates?** Campinas: Armazém do Ipê (Autores Associados), 2005. 132 p.

PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel; SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter Antonio. O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. **Revista Iberoamericana de Educación**. v. 1, n. 49, p. 1-14, mar., 2009.

PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel; SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter Antonio. Ciência, Tecnologia e Sociedade: A relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, Baurú, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de Ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Porto Alegre: Artmed. 2009. 296 p.

PRESTES, Maria Luci de Mesquita. **A pesquisa e a construção do conhecimento científico**: do planejamento aos textos, da escola à academia. 2 ed. São Paulo: Rêspel, 2003. 256 p.

RODRIGUES, Angélica Lúcia Figueiredo. **O boto na verbalização de estudantes ribeirinhos: uma visão etnobiológica**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Teoria de Pesquisa do Comportamento. Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2008. 94p.

RAMALHO, Magno Antônio Patto. Apresentação. In: CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria (org). **Culturas transgênicas**: uma abordagem de benefícios e riscos. Londrina: EDUEL, 2009. p. 21.

SÁ, Patricia Riccelli Galante de. **A difusão de inovações numa sociedade em rede**: o estudo de caso dos alimentos transgênicos no Brasil. Rio de Janeiro. Escola brasileira de administração pública e de empresas Mestrado em Gestão Empresarial. 2002.

SANTOS, Eunice; MARTINS, Isabel P. Ensinar sobre alimentos geneticamente modificados. Contribuições para uma cidadania responsável. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 8, n. 3, p. 834-858, 2009.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Ciência e Educação para a cidadania. p. 255-270. In: CHASSOT, Attico; OLIVEIRA, Renato José (Org.). **Ciência, Ética e Cultura na Educação**. São Leopoldo: Editora Unisinos, 1998.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Tomada de Decisão para Ação Social Responsável no Ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, Baurú, v. 7, n. 1, 95-111. 2001.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 1-23, dez., 2002.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SILVA, Grazielle Baldoni da; FREITAS, Deisi Sangoi. Quando a genética vira notícia: o uso de textos de divulgação científica (TDC) em aulas de biologia. **Revista Didática Sistemática**, Rio Grande, v. 3, p. 41-56, jun., 2006.

SILVA, Rafael Gustavo Rigolon da; CALSA, Geiva Carolina. Estudo sobre os conceitos de alunos do ensino médio sobre plantas transgênicas. In: XI Semana da Pedagogia: formação de professores para o século XXI. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá. 2003.

SIQUEIRA, José Osvaldo; TRANNIN, Isabel Cristina B. Agrossistemas transgênicos. In: BORÉM, Aluizio; DEL GIÚDICE, Marcos (Orgs). **Biotecnologia e Meio Ambiente**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. p. 225-310.

SOARES, Edvaldo. **Metodologia científica: lógica, epistemologia e normas**. São Paulo: Atlas, 2003. 138 p.

SOUZA, Aline Furtuozo de; FARIAS, Gilmar Beserra de. Percepção do conhecimento dos alunos do Ensino Médio sobre Transgênicos: concepções que influenciam na tomada de decisões. **Experiências em Ensino de Ciências**, Mato Grosso, v. 6, n.1, p. 21-32, 2011.

SMITH, Mike U.; SIEGEL, Harvey. Knowing, believing, and understanding: what goals for science education? **Science & Education**, v. 13, n. 6, p. 533-582, 2004.

TAKAHASHI, Jacqueline Aparecida; MARTINS, Polyana Fabrícia Fernandes; QUADROS, Ana Luiza de. Questões tecnológicas permeando o ensino de química: o caso dos transgênicos. **Química nova na escola**. São Paulo, n. 29, p. 3-7, ago., 2008.

THE ROYAL SOCIETY. Genetically modified plants for food use and human health – an update. **Policy Document**. v. 4, n. 2, p-1-19, 2002.

TORRES, Antônio Carlos; CALDAS, Linda Styer; BUZO, José Amauri. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa, 1998. 509 p.

TRIVELATO, Sílvia Luzia Frateschi. O ensino de ciências e as preocupações com as relações CTS. **Educação em foco**, Juíz de Fora, v. 5, n. 1, p. 43-54, 2000.

VALENTE, Flávio Luís. **Fome e desnutrição, determinantes sociais**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1989. 107p.

VALICENTE, Fernando Hercos. Avaliação de risco de culturas transgênicas resistentes a insetos. In: CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria (org). **Culturas transgênicas: uma abordagem de benefícios e riscos**. Londrina: EDUEL, 2009. p. 173-192.

VALICENTE, Fernando Hercos; ANDRADE, Gilberto Santos. Plantas Geneticamente Modificadas e Elementos de Entomofauna Agrícola. In: BORÉM, Aluizio; ALMEIDA, Gustavo Dias de (orgs). **Plantas Geneticamente Modificadas**: Desafios e oportunidades para regiões tropicais. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. p. 205-217.

VANZELA, André Luis Laforga; SOUZA, Rogério Fernandes de. **Avanços da Biologia Celular e da Genética Molecular**. São Paulo: Editora UNESP, 2009. 136p.

VASCONCELOS, Maria José Vilaça de; CARNEIRO, Andrea Almeida; VALICIENTE, Fernando Hercos. Estudo de caso em milho Bt. In: BORÉM, Aluizio; ALMEIDA, Gustavo Dias de (orgs). **Plantas Geneticamente Modificadas**: Desafios e oportunidades para regiões tropicais. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. p. 311-332.

VEIGA, José Eli da (org). **Transgênicos**: sementes da discórdia. São Paulo: Senac. 2007. 176p.

XAVIER, Gustavo Ribeiro et al. Relação entre Plantas Geneticamente Modificadas e Organismos de Solo. In: BORÉM, Aluizio; ALMEIDA, Gustavo Dias de (orgs). **Plantas Geneticamente Modificadas**: Desafios e oportunidades para regiões tropicais. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. p. 219-235.

ZANONI, Magda; FERMENT, Gilles (Orgs). **Transgênicos para quem?** Agricultura, Ciência e Sociedade. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Brasília, 2011. 538 p.

APÊNDICE A

Questões sobre alimentos transgênicos

1. O que você entende por:

Transgênico:

2. Como poderia se produzir um alimento transgênico (geneticamente modificado) para uma dada característica desejável presente em outro organismo?

3. Aponte, se for o caso, os aspectos positivos da produção dos alimentos transgênicos. Comente!

4. Aponte, se for o caso, os aspectos negativos da produção dos alimentos transgênicos. Comente!

5. Quais as justificativas que você conhece para desaprovar o consumo de alimentos transgênicos?

6. Quais as justificativas que você conhece que apoiam o consumo de alimentos transgênicos?

7. Se você fosse convidado para participar de uma audiência pública para decidir sobre a liberação da produção e da comercialização dos alimentos transgênicos, qual seria sua opinião, você seria contrário ou favorável? Justifique sua resposta.

Nome: _____

Assinatura

APÊNDICE C

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a), como voluntário (a), a participar da pesquisa intitulada “**Temas sociocientíficos e o ensino de ciências: o caso simulado do açaí transgênico na Amazônia**”. O objetivo geral desta pesquisa é identificar potencialidades e limitações de uma vivência de aspectos sociocientíficos em uma sala de aula do ensino universitário, especificamente no âmbito de uma disciplina que discute a abordagem Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente (CTSA). A perspectiva é também motivar futuros professores para utilização da abordagem CTSA no ensino de ciências. A presente pesquisa enquadra-se no paradigma qualitativo e recorre ao estudo de caso como estratégia metodológica. Pretendemos investigar um conjunto de atividades que suscitará discussões e argumentações sobre questões sociocientíficas no ensino das ciências, precisamente sobre os alimentos transgênicos, notadamente nos campos social (saúde), econômico e ambiental. No registro do desenvolvimento das atividades utilizaremos o recurso da gravação, da fotografia e da filmagem para garantir maior qualidade na coleta de dados. Como prováveis riscos e desconfortos da pesquisa, destacam-se: o constrangimento em participar das atividades propostas na controvérsia, além do constrangimento de ser filmado (a), fotografado (a), ou ter sua fala gravada. Entretanto, você poderá a qualquer momento se recusar a participar como sujeito da presente pesquisa e, deste modo, as suas intervenções nas atividades não serão consideradas na presente pesquisa. Você será esclarecido (a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. A sua participação é voluntária e a recusa em ter suas intervenções consideradas na pesquisa não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de qualquer natureza. A sua identidade será tratada com padrões profissionais de sigilo. Seu nome ou informação que indique a sua identificação não será liberado. Sua imagem não será utilizada para outro fim que não seja para a coleta de dados e somente os pesquisadores terão acesso à mesma. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Ademais, sua participação nesta pesquisa não acarretará custos para você e, desta forma, não caberá nenhuma compensação financeira. Os benefícios da presente pesquisa estão relacionados aos conhecimentos das contribuições das controvérsias sociocientíficas para o ensino de ciência, no que tange a formação para a cidadania, para a tomada/participação de decisões que são de interesse da sociedade. Espera-se, a partir das reflexões da pesquisa e da divulgação dos seus resultados para as comunidades implicadas, contribuir para a qualificação do ensino de ciências.

Eu, _____
fui informado (a) do objetivo e da metodologia a ser adotada na pesquisa, de maneira clara e detalhada, e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e motivar minha decisão se assim o desejar. Declaro que concordo em participar do estudo em questão e que recebi uma cópia deste Termo e que me foi dado (a) à oportunidade de ler este Termo e esclarecer as minhas dúvidas.

Assinatura do (a) Participante

Assinatura da Pesquisadora Responsável
Gerlany de Fátima dos Santos Pereira

Endereço: Avenida João Paulo II, 1238, Apto. 303
Marco, Belém-PA, CEP 66.095-490 - Contato: (91) 8177 0940