

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Faculdade de Educação – FaE

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais - CECIMIG

ENCI – Especialização em Ciências por Investigação

**UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA COM ÊNFASE EM QUESTÕES
CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS E SOCIAIS (CTS) DO TEMA
TRANSGÊNICOS EM AULAS DE CIÊNCIAS**

Noemia Rodrigues de Andrade Carvalho

Belo Horizonte

Dezembro de 2012

Noemia Rodrigues de Andrade Carvalho

**UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA COM ÊNFASE EM QUESTÕES
CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS E SOCIAIS (CTS) DO TEMA
TRANSGÊNICOS EM AULAS DE CIÊNCIAS**

**Monografia apresentada ao Curso de
Especialização em Ciências por
Investigação, do Centro de Ensino de
Ciências e Matemática de Minas Gerais,
como requisito parcial à obtenção de título
de Especialista em ensino de Ciências por
investigação. Linha de Pesquisa: Educação
e Ciências.**

Orientadora: Profa Dra Marina de Lima Tavares

Belo Horizonte
Dezembro de 2012

Dedico
À minha família!

Agradecimentos

A Deus, pela saúde, força e perseverança,
com as quais me susteve até aqui.

À minha família, em todos os momentos.

Ao CECIMIG, por oportunizar a realização do curso ENCI.

À professora Dra. Marina de Lima Tavares, que com atenção,
cuidado e zelo me orientou, com tanto carinho!

Aos tutores do ENCI IV, pelo incentivo em cada etapa do curso.

Aos colegas de trabalho e amigos.

E, em especial, à minha amada filha Ana Carolina,
que, com dedicação, sem medir esforços
e com muito carinho me apoiou desde
o início da realização desse curso.

Obrigada!

Resumo

Essa pesquisa tem por objetivo desenvolver atividades de investigação, discussão e análise crítica sobre o assunto transgênicos, no contexto de ciência, tecnologia e sociedade, a partir, da identificação de conhecimentos, que alunos do último ano do ensino fundamental apresentam sobre genética e transgênicos. Procura-se fazer uma reflexão sobre a aprendizagem, interesse e envolvimento dos alunos, decorrentes da utilização dessa estratégia de ensino. A unidade de ensino iniciou-se com a aplicação de um pré-teste para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos. Na sequência, desenvolveram-se aulas: de apresentação das propostas da atividade investigativa e construção de modelos da molécula de DNA; de revisão sobre conceitos básicos de genética; de desenvolvimento da atividade investigativa, de apresentação de seminários, de preparo para debate; aula para o debate sobre transgênicos e aula para realização do pós-teste. As observações das atividades desenvolvidas foram registradas em anotações e os resultados dos testes foram tabulados e apresentados em tabelas. A avaliação da aprendizagem se deu principalmente pela análise das discussões e observação do envolvimento dos alunos durante as atividades. Como resultado desse trabalho verificou-se que, a abordagem investigativa, com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade envolvendo os transgênicos, permitiu aos alunos a participação em importantes discussões, que transcorreram nos seminários e debate. Os alunos puderam fazer análises críticas e manifestaram seus posicionamentos, sobre esse assunto polêmico. A construção de modelos da molécula de DNA contribuiu para aumentar a compreensão dos alunos, sobre essa estrutura. E, principalmente, os momentos de diálogo, interação e discussão, foram enriquecedores, tanto no que diz respeito à formação social e cognitiva dos alunos, quanto em relação ao desenvolvimento profissional da docente e pesquisadora, que é autora desse trabalho.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Atividades Investigativas; Transgênicos; DNA

Sumário

1 – INTRODUÇÃO	7
2 – OBJETIVO GERAL.....	15
3 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4 – JUSTIFICATIVA	16
5 – METODOLOGIA	17
5.1 – Caracterização da escola e das turmas acompanhadas.....	17
5.2 – Planejamento das aulas.....	18
5.3 – O Questionário.....	19
5.4 – Proposta de Atividade Investigativa.....	20
6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
6.1 – Pré-Teste.....	23
6.2 – Atividade Investigativa.....	24
6.3 – Apresentação dos Seminários.....	25
6.4 – Debate sobre os Transgênicos.....	34
6.5 – Pós-Teste.....	37
6.6 – Avaliação do trabalho realizado com as turmas.....	41
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
8 – APÊNDICE 1.....	45
9 – APÊNDICE 2.....	48
10 – REFERÊNCIAS.....	49

1. Introdução

Em sua edição do dia 07 de Julho de 2012, caderno cotidiano, o Jornal Folha de São Paulo noticiou: “Bahia abre fábrica de *Aedes* transgênico”.

A reportagem divulga a inauguração de uma nova fábrica de mosquitos geneticamente modificados em Juazeiro, cidade do estado da Bahia. O inseto está sendo usado em experimentos pioneiros, para substituir o mosquito selvagem e reduzir a dengue, doença epidêmica que, segundo o ministro da Saúde, Alexandre Padilha “é a principal epidemia urbana do país”. “Os machos do mosquito são modificados para transmitir genes letais à sua prole. O *Aedes* acaba morrendo ainda na fase de larva, diminuindo a população do mosquito, que é vetor da dengue”.

Assim, os transgênicos, assunto atual, polêmico e que envolve setores diferentes da sociedade, vêm sendo apresentados pela mídia e, de uma ou de outra forma, se faz presente no cotidiano das pessoas.

Sabendo-se que conhecimentos sobre os produtos transgênicos estão relacionados aos conteúdos de Genética e Biotecnologia, os quais fazem parte do currículo do Ensino Fundamental, é importante que projetos e propostas educacionais nessa área, sejam realizados. Diante disso, como docente interessada no desenvolvimento e preparo de meus alunos em relação às questões do mundo atual, proponho nesse trabalho propor, avaliar e discutir como uma abordagem investigativa desses assuntos pode colaborar para a melhoria da aprendizagem de conceitos ligados a esses temas.

Organismos Geneticamente Modificados (OGMs)

Vivemos num momento histórico pós-moderno em que, cotidianamente, das mais simples às mais complexas inovações tecnológicas, nos são apresentadas. Uma dessas inovações, de grande interesse econômico, tecnológico e social são os transgênicos ou organismos geneticamente modificados – OGMs, que são produtos do desenvolvimento da engenharia genética.

A expressão 'engenharia genética' surgiu nos anos 70 do século passado, quando foram descobertas as enzimas de restrição. Estas, são capazes de reconhecer uma pequena sequência de pares de bases e então cortar o DNA neste sítio de reconhecimento ou de corte. Como

existem outras enzimas (ex: ligases) capazes de ligar dois fragmentos de DNA, surgiu a possibilidade de se recombinar fragmentos de DNA. Assim, o “DNA de uma espécie pode ser cortado e ligado ao DNA da mesma ou de outra espécie” (GUERRA; NODARI, 2001).

...Todos os ingredientes para produzir DNA recombinante já existiam. Primeiro, podíamos clivar moléculas de DNA usando enzimas de restrição e isolar as sequências (genes) que nos interessassem. Segundo, usando a ligase, podíamos “colar” essa sequência num plasmídeo (que, por sua vez, podia servir como uma espécie de disquete contendo a sequência desejada). Por fim, podíamos copiar um pedaço de DNA inserindo esse mesmo plasmídeo numa célula bacteriana – a divisão celular bacteriana normal cuidaria de replicar o plasmídeo com nosso pedaço de DNA, da mesma maneira como faria com materiais genéticos herdados da própria célula. Assim, partindo de um único plasmídeo transplantado para uma única célula bacteriana, a reprodução bacteriana podia produzir quantidades enormes da sequência desejada de DNA. Se deixássemos essa célula se reproduzir continuamente, acabaríamos com uma gigantesca colônia bacteriana de bilhões de bactérias, ao mesmo tempo em que criaríamos bilhões de cópias de nosso pedaço de DNA. A colônia era, portanto, uma verdadeira fábrica de DNA. (WATSON, 2003, p.104)

Para resumir estes procedimentos surgiram duas expressões: Engenharia Genética ou Tecnologia do DNA Recombinante, e seus produtos passaram a ser denominados, Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), dos quais as plantas transgênicas passaram a ser um de seus elementos de maior impacto.

Em decorrência disso, o advento das chamadas 'novas biotecnologias' pode possibilitar, entre outras, a reprogramação da vida, inclusive a do ser humano. Organismos, antes sensíveis a determinados herbicidas ou insetos, se tornaram resistentes aos mesmos. Proteínas utilizadas na área da saúde, como a insulina, no tratamento do diabetes, passaram a ser produzidas, mediante a sequência idêntica dos aminoácidos humanos. Os diabéticos passaram a obter para seu tratamento o “produto autêntico, a própria insulina humana” (WATSON, 2003). Até então, obtinha-se insulina a partir dos organismos de outros mamíferos, como o porco. A insulina do porco difere da insulina humana, em um aminoácido.

Além da insulina e de outras proteínas humanas, segundo Watson (2003) a busca de terapias para o câncer se tornou a grande força propulsora da indústria biotecnológica. Com as novas metodologias que utilizam o DNA, os pesquisadores estão, enfim, começando a encontrar drogas capazes de visar apenas, as proteínas que promovem a divisão e proliferação de células cancerosas. O que será de extrema importância, no tratamento da doença, sabendo-

se que os quimioterápicos atuais atuam, não somente nas células cancerosas, mas em outras células saudáveis, do organismo.

Adicionalmente a esses eventos, ocorreu a valoração econômica das tecnologias e dos produtos e as tentativas de apropriação dos conhecimentos gerados. Essas, mediadas por acordos internacionais de propriedade intelectual, e de acesso aos recursos genéticos, provocaram em vários países, inclusive no Brasil, mudanças na legislação incidente sobre este tema. (GUERRA; NODARI, 2001)

No Brasil, definindo as diretrizes para o controle das atividades e dos produtos originados pela biotecnologia moderna ou tecnologia do DNA recombinante existe a Lei de Biossegurança (Lei 11.105/05). Essa lei estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização no uso das técnicas de engenharia genética na construção, cultivo, manipulação, transporte, comercialização, consumo, liberação e descarte de organismo geneticamente modificado (OGM), visando proteger a vida e a saúde do homem, dos animais e das plantas, bem como o meio ambiente.

Os investimentos na produção dos transgênicos estão ocorrendo. Segundo Lacey (2007):

A biotecnologia tornou-se um fator decisivo para a trajetória da economia internacional. Esse cenário é bem recebido pelas instituições científicas, porque asseguram financiamentos para pesquisas e empregos para cientistas, numa época em que o apoio governamental à ciência é cada vez menor. O mesmo acontece com as instituições comerciais, uma vez que, o desenvolvimento de inovações biotecnológicas voltadas para o mercado (como a tecnologia dos transgênicos) é dotado de uma aura científica, o que torna possível minar a credibilidade dos seus críticos.

A produção de transgênicos no Brasil aumentou 8% no ano de 2011. De acordo com o Jornal Folha de São Paulo, na edição de 07 de fevereiro de 2012, “o Brasil liderou esse avanço pelo terceiro ano consecutivo, com uma expansão de 20% em relação a 2010 na área, que chegou a 30,3 milhões de hectares com soja, milho e algodão geneticamente modificados”.

Conhecer esses produtos e a forma como são produzidos, assim como, os demais aspectos relacionados a eles, torna-se necessário aos cidadãos, que são consumidores desses produtos e constituem uma parte responsável pelo ambiente em que vivem.

Ensino de Ciências por Investigação

Há discussões sobre a importância de aproximar a ciência dos cientistas da ciência escolar. No entanto, muitos aspectos relevantes da ciência são deixados de lado no ensino de ciências. De acordo com Munford & Lima (2007):

(...) o ensino de ciências tem se realizado por meio de proposições científicas, apresentadas na forma de definições, leis e princípios e tomados como verdade de fato, sem maior problematização e sem que se promova um diálogo mais estreito entre teorias e evidências do mundo real. Em tal modo de ensino, as oportunidades, de se realizar investigações e de argumentar acerca dos temas e fenômenos em estudo, são poucas. O resultado é que alunos não aprendem conteúdos das Ciências e constroem representações inadequadas sobre a ciência como empreendimento cultural e social.

Nesse contexto, surgem novas perspectivas para o ensino de Ciências, sendo o desenvolvimento de atividades investigativas, um dos focos de maior interesse.

No início do século XX, o educador estadunidense John Dewey propôs a perspectiva investigativa na escola, a partir do método científico. Tal perspectiva “(...) consistia em: definição do problema, sugestão de uma solução, desenvolvimento e aplicação do teste experimental e formulação da conclusão.” (ANDRADE, 2011, p.124). Apesar de instrumentalista, o método científico proposto por Dewey, trazia para a sala de aula a investigação científica.

Os trabalhos do biólogo Joseph Schwabm, em 1960, constituem-se, também, marco no ensino de ciências por investigação. Neles, Schwabm considerou que, o conhecimento científico se dividiria em duas categorias: o substantivo e o sintático. O substantivo representaria os significados partilhados, como os conceitos, teorias, modelos. O sintático envolveria os procedimentos e práticas aceitos entre os cientistas como válidas para a construção de modelos. Schwam propôs, em novos trabalhos realizados, que os currículos de ciências deveriam refletir aspectos do conhecimento sintático, utilizado para chegar aos conhecimentos científicos. Isto significa que:

Os aprendizes têm de adquirir conhecimentos e experiências nas ciências naturais através de investigações adotando procedimentos similares àqueles que cientistas adotam e, os aprendizes têm de estar cientes de que o conhecimento a ser adquirido a partir das investigações está sujeito a mudanças. (DUSCHL, 1994, p.449 apud MUNFORD & LIMA, 2007, p.122-172)

A adoção das ideias de Schwam no contexto escolar implica em mudanças, tanto no que diz respeito à organização estrutural da escola, quanto em relação à formação e capacitação dos professores, que, precisam conhecer sobre essa estratégia de ensino e adequá-la aos conteúdos do currículo de ciências.

Entretanto, existem pareceres diferentes para o que seja o Ensino de Ciências por Investigação. Discussões e pesquisas têm sido realizadas sobre os tipos e características das atividades investigativas praticadas nas escolas e sobre as possibilidades existentes, nesse contexto, de aproximá-las do real fazer científico.

Carvalho (2006) refere-se às atividades investigativas como “atividades que devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, envolvendo a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos para que os alunos possam construir seu conhecimento.”

Nas atividades investigativas os alunos devem participar ativamente, agindo de forma reflexiva diante da situação problemática, devem buscar explicações, formular hipóteses, relatar sobre os fenômenos envolvidos, durante a realização da atividade. “Só haverá a aprendizagem (...) se houver a ação do estudante durante a resolução de um problema.” (CARVALHO, 2006)

Alguns exemplos de atividades investigativas são as demonstrações investigativas, laboratório aberto, questões abertas, problemas abertos.

Segundo Carvalho (2006), “as demonstrações de experimentos em Ciências são feitas com objetivo de ilustrar uma teoria” e se tornam investigativas quando envolvem investigações dos fenômenos estudados.

A atividade chamada laboratório aberto “busca (...) a solução de uma questão, que no caso, será respondida por uma experiência” (CARVALHO, 2006). As etapas de proposta do problema, levantamento de hipóteses, elaboração do plano de trabalho, montagem do arranjo experimental e coleta de dados, análise dos dados e conclusão fazem parte de seu desenvolvimento.

As questões abertas são “aquelas em que procuramos propor para os alunos fatos relacionados ao seu dia-a-dia, e cuja explicação estivesse ligada ao conceito discutido e construído nas aulas anteriores.” (CARVALHO, 2006). Essas atividades têm importância no “desenvolvimento da argumentação dos alunos e da redação.” (CARVALHO, 2006).

Os problemas abertos, tipo que se aproxima ao desenvolvido na atividade investigativa sobre transgênicos e apresentada nesse trabalho, de acordo com Carvalho (2006):

São situações gerais, apresentadas aos grupos ou à classe, nas quais, se discute desde as condições de contorno até as possíveis soluções para a situação apresentada.(...) A situação problemática deve ser interessante para o aluno, e de preferência envolver a relação Ciência/Tecnologia/Sociedade.” (...) Os alunos vão enfrentar essa situação problemática aberta, primeiro de uma forma qualitativa, buscando elaborar hipóteses, identificar situações de contorno e limites de suas hipóteses.

Ensino de Ciências com enfoque em aspectos sociais e tecnológicos

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia permeia a sociedade contemporânea. Avanços, dos mais simples aos mais notáveis, se incorporam ao dia a dia das pessoas, transformando o modo de viver e pensar dos indivíduos, de maneiras diversas. Produtos, equipamentos e técnicas, antes inexistentes, hoje, se incorporaram ao modo de vida das pessoas, que não se imaginam mais vivendo sem essas novas tecnologias.

Diante disso, estudar e compreender, de forma geral, as interferências e consequências do avanço científico e tecnológico torna-se necessário, no mundo atual. De acordo com Santos & Mortimer (2002) “ciência e tecnologia têm interferido no ambiente e suas aplicações têm sido objeto de muitos debates éticos, o que torna inconcebível a idéia de uma ciência pela ciência, sem consideração de seus efeitos e aplicações“. Assim, a utilização do espaço escolar, como ambiente favorável à comunicação, diálogo e construção dos saberes e a incorporação da perspectiva de ensino envolvendo as áreas de Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS nas estratégias de ensino do professor são condições que predisõem à capacitação dos indivíduos para interagir com o que ocorre no mundo atual.

Para Cruz (2001); Santos (2000); Schnetzler (1997); Teixeira (2003) apud Santos (2007) o objetivo do ensino CTS na educação básica é: “promover a educação científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões.” Esse objetivo incorpora o desenvolvimento de valores. De acordo com Santos (2007):

“Esses valores estão vinculados aos interesses coletivos, como os de solidariedade, de fraternidade, de consciência do compromisso social, de reciprocidade, de respeito ao próximo e de generosidade. Tais valores, na perspectiva desses movimentos, se relacionam às

necessidades humanas, em uma perspectiva de questionamento à ordem capitalista, na qual os valores econômicos se impõem aos demais citados.”

Os currículos que apresentam uma proposta CTS podem ser vistos como “... integração entre educação científica, tecnológica e social, em que conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos.” (LÓPEZ; CERESO, 1996 apud SANTOS, 2007).

O ensino de ciências com enfoque em aspectos sociais e tecnológicos requer, inicialmente, que o professor tenha uma visão crítica de sua realidade, demonstrada através de sua postura consciente diante de causas e consequências de diferentes fatos. É necessário, também, que o professor interesse em desenvolver tais atitudes críticas, responsáveis e construtivas com seus alunos.

Para isso, é necessário que sejam criadas oportunidades para que os alunos conheçam e identifiquem aspectos contrários e favoráveis ao desenvolvimento tecnológico, assim como, entendam que existem forças políticas e sociais que orientam esse desenvolvimento. Essas metas podem ser alcançadas através de debates, reflexões e análises dos assuntos de interesse da sociedade e que os alunos precisam conhecer.

Alguns assuntos de maior destaque são as patentes de medicamentos, os produtos transgênicos, a utilização de células-tronco, o uso da energia nuclear, os aparelhos eletroeletrônicos, dentre outros. Destaca-se, especialmente, o caso dos transgênicos, que vêm sendo produzidos e as pessoas, em geral, estão consumindo e utilizando esses produtos, na maioria das vezes, sem conhecê-los ou compreendê-los e sem dimensionar seus efeitos, tanto no presente quanto no futuro, sobre os seres vivos e sobre o meio-ambiente.

Apesar da relevância dos fatores mencionados sobre os transgênicos, existe ainda muito para se conhecer. Para que isso ocorra, são necessários os devidos investimentos em pesquisas, que tenham como objetivo responder aos diferentes questionamentos que incidem sobre o assunto.

A Ciência ainda não tem respostas para questões, como aquelas relacionadas aos riscos à saúde humana e ao ambiente pela produção e ou utilização desses produtos. Pois, para alguns cientistas, a Ciência deve agir de forma descontextualizada do aspecto social e ecológico, que possam estar atrelados, ao que se pesquisa. Nesse caso, os pareceres da

sociedade são ignorados e, caso sejam contrários a algum processo técnico-científico, em desenvolvimento, implantação ou comercialização, aqueles não são levados em consideração.

Segundo Lacey (2007):

A não realização de pesquisas relevantes sobre os riscos indiretos repercute essa convicção, comum no meio científico, de que a investigação se torna "menos científica" caso não seja redutível a pesquisas que adotam a abordagem descontextualizada. Tal perspectiva, porém, não cumpre plenamente, as finalidades da ciência.

E, nesse caso, o que poderia contribuir para se cumprir as finalidades da Ciência?

Promover-se a participação cidadã nas decisões mais importantes sobre as controvérsias relacionadas à ciência e tecnologia. Pinheiro; Silveira & Bazzo (2009) consideram necessário desmitificar o espírito da neutralidade da ciência e da tecnologia e encarar a responsabilidade política das mesmas. E para haver participação dos cidadãos é necessário que eles estejam preparados para as decisões que lhe couberem. E o preparo se adquire com a busca do conhecimento.

Por isso, pesquisas que possam responder sobre os possíveis riscos aos seres vivos e ao ambiente, precisam ser incentivadas pelos governantes de cada país, pelas instituições de pesquisas científicas e pelos demais setores envolvidos. Assim como, a criação e a execução de políticas relacionadas aos produtos transgênicos, que sejam eficazes, democráticas e compatíveis com os princípios éticos, da sociedade.

Como parte consumidora dos produtos transgênicos, a sociedade tem o direito de conhecer os aspectos apontados como positivos e os negativos associados à produção, comercialização e ao consumo dos mesmos. Assim como, de ter condições de opinar sobre as diferentes questões e possíveis riscos associados a esses produtos. Segundo Guivant (2004):

Esta abrangência imprevista dos riscos alimentares tem ocasionado nos setores corporativos e governamentais a surpresa de que as percepções dos consumidores não podem simplesmente ser consideradas como erradas e suscetíveis de correção científica, mas que devem ser tomadas em conta como "reais" e importantes no processo decisório sobre como lidar com os riscos tecnológicos e ambientais.

É necessário, portanto, que as pessoas apropriem-se dos conhecimentos relacionados ao assunto e saibam conduzir-se, diante deles.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais, um dos objetivos do Ensino Fundamental é que "os alunos sejam capazes de posicionar-se de maneira crítica, responsável e construtiva nas diferentes situações sociais, utilizando o diálogo como forma de mediar

conflitos e de tomar decisões coletivas” (BRASIL, 1998). Assim, um dos meios em que se pode contribuir, para a construção de conhecimentos sobre os transgênicos e a formação de sujeitos críticos, que sejam capazes de posicionarem-se diante de assuntos controversos como esse, é na escola. Nesse ambiente, encontram-se alunos que, enquanto cidadãos, farão a diferença no futuro, ao tomarem decisões que representem o bem estar da maioria. Dessa forma, sendo participantes de uma sociedade mais consciente e que preserve e respeite o meio em que vive.

Portanto, verifica-se a importância que o assunto transgênico tem para toda a sociedade e cabe, fundamentalmente, aos educadores, propiciarem aos alunos a oportunidade de conhecerem esse assunto.

Diante disso, pergunta-se: Como preparar-se para as discussões e para a construção de opiniões sobre os transgênicos? Como associar-se um tema que apresenta controvérsias, a conteúdos básicos de Genética e Biotecnologia, conteúdos inclusos no currículo do Ensino Fundamental, tornando-os assim, mais atrativos e interessantes aos alunos?

Assuntos como os transgênicos norteiam aspectos que despertam o interesse e a curiosidade das pessoas. A partir deles, aspectos políticos, econômicos e sociais podem ser enfocados sob diferentes pontos de vista e interesses, como o desenvolvimento desses organismos, implantação, comercialização, fiscalização, consumo, dentre outros.

Além disso, esses temas são capazes de gerar várias discussões e debates, o que possibilita momentos de reflexão, análise e a adoção de posturas críticas, diante deles. E, como consequência, a possibilidade de se evoluir enquanto cidadãos críticos, sujeitos a deveres e direitos, autores da própria formação, bem como, da sociedade, em que participam.

2. Objetivo geral

Essa pesquisa, de natureza empírica, buscou, a partir da identificação de conhecimentos que alunos do último ano do ensino fundamental apresentam sobre genética e transgênicos, desenvolver atividades de investigação, discussão e análise crítica sobre o assunto transgênicos, no contexto de ciência, tecnologia e sociedade.

3. Objetivos específicos

- Analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre transgênicos, a partir de suas respostas a um questionário elaborado pela professora¹.
- Propor e orientar o desenvolvimento de atividades investigativas sobre transgênicos a partir da análise dos conhecimentos prévios dos alunos.
- Orientar e participar de momentos de discussões e debates sobre os transgênicos, enfocando aspectos relacionados à Ciência, Tecnologia e Sociedade, visando incentivar o desenvolvimento da análise crítica, dos alunos.
- Orientar a produção de modelos de DNA utilizando-se, preferencialmente, materiais recicláveis, com intuito de simular a estrutura dessa molécula.
- Avaliar a aprendizagem dos alunos sobre transgênicos e conceitos básicos relacionados à Genética, como DNA, genes, função dos genes, com base em suas respostas ao pré-teste e pós-teste, assim como na participação desses alunos nas atividades realizadas durante as aulas.

4. Justificativa

Atividades de caráter investigativo caracterizam-se por serem centradas no aluno, cuja ação é fundamental no processo de ensino-aprendizagem. De acordo com o tipo de atividade, habilidades como aprender a observar, planejar, levantar hipóteses, refletir, são trabalhadas e desenvolvidas.

Ao abordar o tema, transgênicos, através de abordagem investigativa, os alunos são conduzidos a pensar, interagir, dialogar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos. Assim, têm a possibilidade de desenvolverem autonomia, de avaliarem diferentes aspectos da questão e de posicionarem-se sobre o assunto, como sujeitos ativos, construindo conhecimentos e atitudes de cidadania.

¹ É importante ressaltar que a professora em questão é a autora dessa monografia e a desenvolveu a partir de sua prática pedagógica em sala de aula. A autora atuou, assim, como professora e também como pesquisadora.

A realização de atividades didáticas investigativas constitui-se um estímulo ao exercício de uma prática pedagógica desafiadora e gratificante. Carvalho (2006) considera que o professor que se propõe a desenvolver atividades investigativas, em suas aulas deve, além de conhecer os conteúdos, “ser questionador, que argumente, saiba conduzir perguntas, estimular seus alunos, propor desafios, ou seja, passe de simples expositor a orientador, do processo de ensino.”

5. Metodologia

Essa pesquisa, de natureza empírica, buscou, a partir da identificação de conhecimentos que alunos do último ano do ensino fundamental apresentam sobre genética e transgênicos, desenvolver atividades de investigação, discussão e análise crítica sobre o assunto transgênicos, no contexto de ciência, tecnologia e sociedade.

Para avaliar a aprendizagem dos alunos nesse processo, foi desenvolvido um teste escrito, com questões abertas a respeito de conceitos básicos sobre os organismos geneticamente modificados, cujos resultados foram analisados e comparados com os obtidos, com a aplicação inicial de um pré-teste. Também foram considerados o envolvimento e a participação dos alunos nas atividades desenvolvidas, registrados através de anotações em caderno de bordo, durante o transcorrer de cada etapa do trabalho.

Para a realização desse trabalho, foi desenvolvida e aplicada uma atividade investigativa sobre transgênicos em três turmas do nono ano do Ensino Fundamental de uma escola pública da cidade de Betim, Minas Gerais. Depois da qual, seguiram-se aulas, em que os alunos, em grupos, fizeram seminários para desenvolverem discussões e reflexões sobre os questionamentos da atividade e apresentarem os modelos da molécula de DNA, que construíram, também, como parte das atividades dessa unidade de ensino.

5.1. Caracterização da escola e das turmas acompanhadas

A escola situa-se na periferia da cidade, região em que se concentra uma população, em geral, de classe sócio-econômica baixa. A escola tem porte médio e atende 950 alunos, distribuídos em dois turnos. O sistema de ensino é baseado nos Ciclos de Formação Humana, sendo que, estudam no turno da manhã, os alunos do 3º e 4º Ciclos e no turno da tarde, os do

1º e 2º Ciclos. Muitos alunos apresentam diversas dificuldades, tanto a nível cognitivo quanto ao nível de suas relações sociais, dentre as quais, podemos citar o fato de alguns alunos viverem em condições precárias de moradia, a falta de apoio dos pais em relação ao acompanhamento escolar de seus filhos, dificuldades de aprendizagem, desinteresse com os estudos e o envolvimento com drogas.

As turmas de nono ano são: Turma X, Turma Y e Turma Z. A turma X é formada por 30 alunos, com faixa etária entre 14 e 17 anos de idade, sendo 15 meninas e 15 meninos. Dentre esses, existem 3 alunos com necessidades especiais: um com problema motor e doença progressiva, necessitando utilizar cadeira de rodas; outro, com dificuldade na fala; e outro com problema psíquico-mental, ora com manifestações agressivas, ora mais amáveis. Esse último aluno não é alfabetizado. Nessa turma, as aulas de Ciências ocorrem, uma na segunda-feira, no terceiro horário e outra, na quinta-feira, no último horário. A turma Y é formada por 31 alunos, com faixa etária entre 14 e 17 anos de idade. Nessa turma, são 19 meninas e 12 meninos. Há um aluno com problema psíquico-mental que frequenta a escola, esporadicamente. As aulas de Ciências nessa turma ocorrem, uma na segunda-feira, no segundo horário e outra, na terça-feira, no primeiro horário, semanalmente. A turma Z é formada por 30 alunos, com faixa etária entre os 14 e 17 anos de idade. São 14 meninas e 16 meninos. Há um aluno com paralisia mental, com baixa frequência. Nessa turma as aulas de Ciências ocorrem, também, às segundas-feiras e terças-feiras, no último e segundo horários, respectivamente. Em todas as turmas as aulas são de sessenta minutos.

Nesse contexto, e apesar de todas as dificuldades, cotidianamente vivenciadas na escola, existem grupos de alunos, em cada turma, interessados, que manifestam desejo de estudar e buscam melhor formação e preparo para a vida.

5.2. Planejamento das aulas

Dentro da carga horária de ciências de cada turma foram disponibilizadas 14 aulas para o desenvolvimento de todo o trabalho. As atividades foram planejadas para acontecerem ao longo das 14 aulas. As aulas foram planejadas da seguinte forma:

Quadro 1: Cronograma de desenvolvimento das atividades

1ª aula	• Aplicação do questionário (pré-teste).
---------	--

2ª aula	<p>I Momento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação das propostas de atividade investigativa e de construção dos modelos de DNA. • Reunião dos grupos para exposição das ideias ou respostas iniciais aos questionamentos da atividade investigativa.
3ª e 4ª aulas	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão de conteúdos da Genética, abordando os temas: Estrutura do DNA, Genes, Função gênica, Genótipo e Fenótipo (Abordagem adequada ao nível dos alunos).
5ª a 8ª aulas	<p>II Momento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento da atividade investigativa, proposta na 2ª aula.
9ª a 12ª aulas	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos trabalhos e dos modelos de DNA produzidos pelos grupos. • Discussões e análises críticas.
13ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Debate entre as turmas
14ª aula	<ul style="list-style-type: none"> • Pós-teste (Avaliação final)

5.3. O Questionário

Como atividade inicial, propôs-se a aplicação de um questionário aos alunos, para verificação dos seus conhecimentos prévios sobre transgênicos e sobre conceitos básicos relacionados à Genética. Esse questionário apresentou sete questões:

- 1) O que são genes?;
- 2) Qual a função dos genes?;
- 3) Você já ouviu falar sobre os transgênicos?;
- 4) O que é um transgênico?;
- 5) Como são produzidos os transgênicos?;
- 6) Você conhece e/ou consome algum transgênico?;
- 7) Qual a importância dos transgênicos para a economia, para a sociedade e para o meio ambiente?

Esse questionário foi aplicado aos alunos, para avaliar os seus conhecimentos prévios, sobre temas relacionados à genética e aos transgênicos e, foi reaplicado, ao término deste trabalho, com objetivo de verificar os conhecimentos adquiridos, e/ou reconstruídos pelos

alunos. As respostas relativas às questões 1, 2, 4 e 5 foram analisadas de acordo com as respostas esperadas, incluídas no quadro, a seguir.

Respostas esperadas*, de acordo com o nível escolar do estudante, em relação às questões 1, 2, 4 e 5 do Pré-Teste:

Questões	Respostas esperadas
1) O são os genes?	• Fatores ou estruturas presentes no interior das células; Unidade hereditária ou genética, situada no cromossomo.
2) Qual a função dos genes?	Determinam as características hereditárias.
4) O que é um transgênico?	Organismo geneticamente modificado; Organismo que teve incorporado, em seu genoma, ou em seu conjunto de genes, ou em seu DNA, gene(s) de outra espécie.
5) Como são produzidos os transgênicos?	Através da manipulação do material genético dos seres vivos. Para isso, técnicas especiais são utilizadas (biotecnologia). Ocorre a seleção de um gene de uma determinada espécie. Esse gene é inserido em outra espécie.

*Baseadas em definições/conceitos clássicos, apresentados nos livros didáticos utilizados, comumente, no Ensino Fundamental.

5.4. Proposta de Atividade Investigativa

Após a realização do pré-teste, propôs-se que os alunos de cada turma se dividissem em grupos de cinco alunos e fizessem uma atividade investigativa sobre os transgênicos. Essa atividade consistiu em questões, para as quais, os alunos deveriam buscar respostas.

A primeira questão trazia um trecho de uma notícia de jornal, que fazia referência ao aumento da produção de transgênicos no Brasil, destacando o caso da soja e milho

transgênicos. Os questionamentos apresentados foram: Como a soja e o milho, em questão, se tornaram transgênicos? Por que a produção destes transgênicos vem crescendo? Quais as consequências do uso dos transgênicos para a saúde humana e para o meio ambiente?

A segunda questão apresentou uma charge, cujo teor era a rotulagem de transgênicos, seguida dos questionamentos: Quais são os alimentos transgênicos comercializados, atualmente, no Brasil? Eles são rotulados? Se não, qual seria, em termos de mercado, a justificativa para a não rotulagem de tais alimentos? Nos estabelecimentos comerciais, existe a opção em se consumir ou não um produto transgênico? Quais são as justificativas para se produzirem alimentos transgênicos?

A terceira questão apresentou três termos de uso comum na Genética e foi pedido que os alunos fizessem a relação com os transgênicos. Qual a relação existente entre genótipo, fenótipo e os transgênicos?

A quarta questão proposta solicita do aluno que busque informações sobre os posicionamentos políticos e econômicos, em relação aos transgênicos. Qual a posição dos produtores tradicionais de grãos quanto aos transgênicos? Quais os argumentos que eles utilizam para sustentar tal posição, em especial os pequenos produtores agrícolas?

A quinta questão apresentou o trecho de um artigo de revista, sobre a produção de mosquito transgênico, para combater a dengue. Os questionamentos apresentados foram: Com base no texto e em seus conhecimentos, qual vem a ser um ponto positivo da produção de mosquitos geneticamente modificados? Justifique sua resposta. Existem riscos biológicos? Em caso afirmativo, exponha-os. Elabore hipóteses a respeito de outros possíveis organismos, que modificados, poderiam trazer contribuições para a sociedade, de uma forma geral.

A sexta questão referiu-se à insulina transgênica. Ao responder, o aluno deveria explicar, de forma simples e sem a necessidade da exposição de detalhes mais complexos, como a insulina transgênica é produzida e a importância desse produto para as pessoas: Explique, de forma simples, como a insulina transgênica é produzida e como tem contribuído para salvar vidas.

A sétima e última questão requereu do aluno que se posicionasse em relação aos transgênicos, manifestando a sua opinião sobre eles: Como você se posiciona em relação aos transgênicos? (Ver atividade investigativa no Apêndice 1).

Foram organizadas quatro aulas para a realização dessa atividade. Na primeira aula, em cada turma, os grupos deveriam se reunir e discutir as questões, propondo explicações e

elaborando as possíveis hipóteses, para cada uma delas. Nas aulas subsequentes, fariam pesquisas, para a confirmação ou não das hipóteses levantadas por cada grupo e para a obtenção de maiores esclarecimentos, quanto a cada questionamento da atividade. Na segunda aula, metade dos alunos faria pesquisas na biblioteca da escola, tendo apoio da bibliotecária e a outra metade, faria pesquisas na sala de informática, tendo o apoio e orientação da professora. Na terceira aula, seria feito o revezamento. O grupo que pesquisou na biblioteca iria para a sala de informática e o que pesquisou na sala de informática, iria para a biblioteca. Na quarta aula, todos fariam pesquisas na Internet, utilizando os recursos da sala de informática.

Os resultados da atividade investigativa seriam apresentados e discutidos pelos grupos, durante as apresentações de seus trabalhos e modelos de DNA, os quais fariam nas aulas subsequentes.

6. Resultados e discussões

O desenvolvimento da pesquisa e das atividades investigativas ocorreu ao longo de 15 aulas. Uma aula foi acrescentada para reunião e preparo dos alunos para o debate. Houve algumas alterações em datas de aulas devido a questões de ordem administrativa da escola. O quadro 2 mostra a organização das 15 aulas, com datas de ocorrência e atividades desenvolvidas. Os resultados e discussão de cada uma das etapas desse trabalho serão apresentados a seguir.

Quadro 2: Atividades desenvolvidas em sala de aula

Aula	Data	Atividade desenvolvida
1ª aula	13/8	• Aplicação do questionário (pré-teste).
2ª aula	14/8 e 16/8	I Momento • Apresentação das propostas de atividade investigativa e de construção dos modelos de DNA. • Reunião dos grupos para exposição das ideias ou respostas iniciais aos questionamentos da atividade investigativa.
3ª e 4ª aulas	20/8, 21/8 e 23/8	• Revisão de conteúdos da Genética, abordando os temas: Estrutura do DNA, Genes, Função gênica, Genótipo e Fenótipo (Abordagem adequada ao nível dos alunos).

5ª a 8ª aulas	27/8, 28/8, 30/8, 3/9, 4/9, 6/9	II Momento • Desenvolvimento da atividade investigativa, proposta na 2ª aula.
9ª a 12ª aulas	10/9, 11/9, 13/9, 24/9, 25/9, 27/9	• Apresentação dos trabalhos e dos modelos de DNA produzidos pelos grupos. • Discussões e análises críticas.
13ª e 14ª aulas	2/10	• Preparo das turmas para o debate. • Debate entre as turmas
15ª aula	15/10	• Pós-teste (Avaliação final)

6.1. Pré-Teste

Para análise dos resultados do Pré-Teste, as questões foram divididas em “questões que envolvem conteúdos de Genética”, que correspondem as de números 1, 2, 4 e 5 e, em “questões que relacionam conceitos de genética com situações do cotidiano e sociais”, correspondentes as de número 3, 6 e 7. Os dados mostraram que, em relação às questões de conteúdo, que envolveram algum tipo de conhecimento relacionado aos conceitos de genes, DNA, função dos genes e transgênicos a maior parte, 71% a 76% dos alunos, não conseguiu responder corretamente, considerando-se as quatro questões, como pode ser visto no Gráfico 1. As questões que os alunos menos acertaram foram as relacionadas aos conceitos de gene, DNA e função dos genes, questões 1 e 2. Apesar da maioria dos alunos já ter ouvido falar dos transgênicos, eles não souberam dizer o que são, como são produzidos ou, até mesmo, se consomem esses organismos.

Em relação à questão 7, a maioria dos alunos não apresentou opiniões sobre as possíveis interferências dos transgênicos no ambiente, na economia e em relação à sociedade. Entretanto, dos que responderam, a maioria em ambas as turmas considerou que os transgênicos apresentam impactos negativos à sociedade, embora considerassem pontos positivos para a economia e para o meio ambiente, como pode ser visto através dos gráficos 2 e 3.

Verifica-se assim que, apesar da divisão das questões em questões de “conteúdo” e questões “que relacionam conceitos de genética com situações do cotidiano, e sociais”, todas

elas demandam algum conhecimento relacionado à genética e o desconhecimento de conceitos básicos desse assunto pode inviabilizar as respostas corretas pelos alunos.

Outro aspecto a ser destacado no resultado do pré-teste é o fato de o desenvolvimento desse trabalho ter sido discutido em reunião de professores e ter despertado o interesse da professora de ensino religioso, que abordou o tema transgênico em uma aula antes da aplicação do pré-teste. Esse fato interferiu na resposta dos alunos à questão 3 (Você já ouviu falar em transgênicos?), visto que, ao discutirem o pré-teste, muitos deles citaram ter ouvido sobre transgênico nessa aula.

Gráfico 1: Percentual de Respostas conforme o esperado

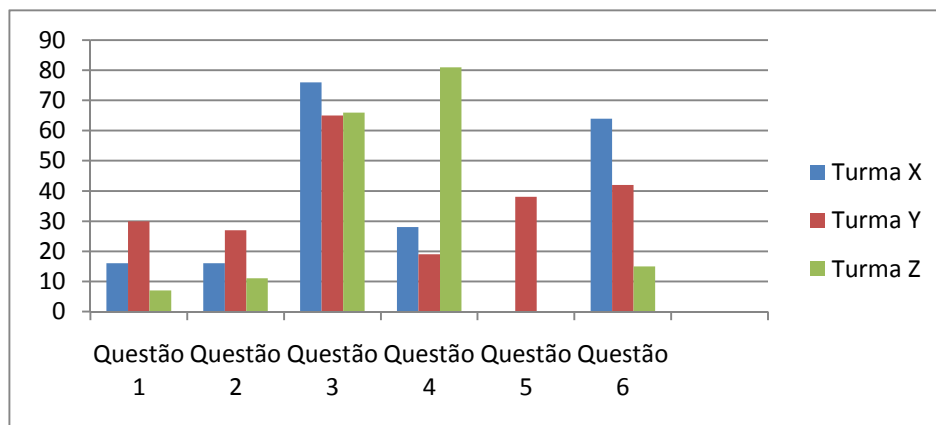


Gráfico 2: Percentual de respostas à Questão 7 que consideravam que os transgênicos seriam positivos para a Sociedade, Economia e Meio Ambiente

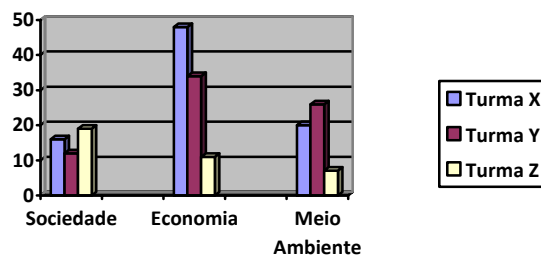
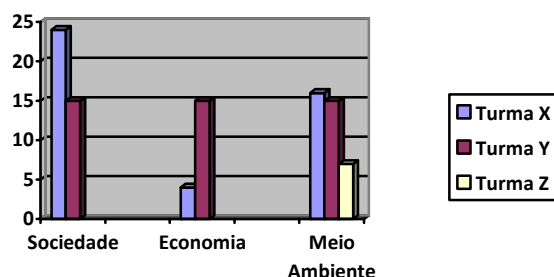


Gráfico 3. Percentual de respostas à Questão 7 que consideravam que os transgênicos seriam negativos para a Sociedade, Economia e Meio Ambiente



6.2. Atividade Investigativa

Para a atividade investigativa (ver atividade no **apêndice 1**), foram organizados grupos de cinco ou seis alunos, de forma livre. Na turma X foram cinco grupos denominados X1, X2, X3, X4 e X5. Na turma Y foram organizados 5 grupos e, de igual forma, foram denominados Y1, Y2, Y3, Y4, Y5 e, na Z, 6 grupos: Z1, Z2, Z3, Z4 e Z5 e Z6.

Primeiro Momento

No primeiro momento, reunir os alunos, em grupos, em torno de uma atividade sobre um assunto, praticamente desconhecido, não foi uma tarefa muito fácil. Os alunos demoraram muito para se concentrarem e a euforia e a conversação foram intensas. Ao lerem os textos e questões, eles manifestaram surpresa diante das informações que traziam.

Destacam-se a seguir, algumas considerações e falas dos alunos durante a discussão das questões propostas na atividade.

Com relação ao aumento da produção de transgênicos, um dos alunos do grupo X2 se pronunciou: “*A produção de transgênico aumentou e eu nem sei o que é um transgênico.*” Um aluno do grupo X1 perguntou: “*Mas, por que aumentou? Eles são melhores para as pessoas? Eles rendem mais?*”. Aluno do grupo Y1: “*Os transgênicos devem dar mais lucro, por isso estão aumentando a produção do milho, da soja e de outras coisas*”. Alunos do grupo Y3: “*Os transgênicos estão crescendo porque são mais fáceis de serem cultivados*”. Aluno do Grupo Z3: “*Quer dizer que lá em casa tem essas coisas de transgênicos?*”.

Sobre os alimentos transgênicos produzidos no Brasil, a maioria dos alunos citou milho e soja, provavelmente, por aparecerem na própria atividade. Apenas dois grupos, X1 e Y3, incluíram “verduras” nessa resposta.

Sobre a rotulagem dos produtos transgênicos, a maioria dos grupos disse que não sabia se os produtos eram rotulados. Alunos do grupo Y3 disseram: “*Eles devem ser rotulados, mas nunca vimos.*”. Grupo X2: “*São rotulados, porque todo produto tem rótulo*”.

Sobre a opção de escolha em se consumir ou não um produto transgênico, a maioria dos grupos, disse não saber. Alguns, X1 e Z1, disseram que deveria ter essa opção, mas que nunca viram.

Nenhum dos grupos conseguiu propor uma relação entre fenótipo, genótipo e transgênico.

Quanto à posição dos produtores de grãos sobre os transgênicos, apenas dois grupos expuseram suas ideias: Grupo X1: “*Eles devem gostar porque a produção está aumentando no Brasil e eles devem vender mais.*”. Grupo Y2: “*Eles querem produzir mais para exportar.*”

Sobre a produção de mosquitos transgênicos para combate à Dengue, os alunos responderam que um ponto positivo é a diminuição da doença, porque diminuem os mosquitos, mas não souberam falar dos riscos biológicos, se existem, ou não. Apenas um grupo sugeriu: “*Eles poderiam transformar os mosquitos que transmitem a leishmaniose, porque meu cachorro morreu com essa doença e eu sei que ela passa para os humanos.*”

Em relação à insulina transgênica apenas um grupo apresentou sua ideia, o grupo X1: “*Essa insulina deve durar mais no sangue ou fazer bem pra pessoa, porque minha vó toma e precisa tomar todos os dias.*”

Por fim, sobre as justificativas para a produção de alimentos transgênicos, a maioria dos alunos, respondeu que esses alimentos deveriam ser mais baratos e um grupo sugeriu também que, esses alimentos eram mais fáceis de serem produzidos. Três grupos, X5, Z4 e Z5, não conseguiram sugerir respostas para nenhuma questão.

Percebeu-se que os alunos, na maioria das vezes, responderam aos questionamentos de forma intuitiva, baseando-se nos conhecimentos que têm através de seus cotidianos. Em nenhum caso, relacionaram os transgênicos com qualquer conteúdo de Genética, demonstrando que os conhecimentos ou conceitos básicos referentes a essa unidade de ensino, ainda não tinham sido assimilados. Em nenhuma resposta observou-se fundamentação teórico-científica. Apesar disso, os alunos conseguiram interpretar as informações

apresentadas, relacionar algumas informações com situações do cotidiano, alguns grupos propuseram hipóteses, tais como, *“Os transgênicos devem dar mais lucro, por isso estão aumentando a produção”* e fizeram reflexões como: *“A produção de transgênicos aumentou e eu nem sei o que é um transgênico”*. Em alguns casos, os alunos fizeram novos questionamentos, como: *“Mas, por que aumentou? Eles são melhores para as pessoas?”*

Ao finalizar esse primeiro momento, constatou-se que os alunos se conscientizaram da necessidade de compreender mais sobre os transgênicos e ficaram estimulados a buscarem as respostas para as questões da atividade. Além disso, eles manifestaram o desejo de confrontarem as suas respostas com as possíveis descobertas que fariam, posteriormente.

Nas duas aulas subsequentes a esse momento, foram feitas revisões de conteúdos da Genética. Considerou-se essa parte como revisão, apesar de que, para muitos alunos, essas aulas não se constituíram dessa forma, pois, eles estavam tendo a oportunidade de estudar o tema pela primeira vez. A professora utilizou-se de esquemas feitos no quadro, de imagens e desenhos representando células, as partes do DNA e fórmulas estruturais das substâncias envolvidas em sua estrutura, as quais foram obtidas, através de sites da internet e mostradas em um power-point. Os temas Célula Procaríota e Eucariota, Ácidos Nucléicos, DNA e RNA, foram enfocados chamando-se a atenção dos alunos para as substâncias que constituem o DNA e o RNA e em que se diferenciam. Para melhor entendimento dos alunos, comparou-se a molécula de DNA a uma escada com formato helicoidal, onde os corrimões seriam as moléculas de desoxirribose e de fosfatos e os degraus, as bases nitrogenadas. Como os alunos do nono ano do ensino fundamental ainda não tiveram estudos mais aprofundados nas áreas de Química e Biologia procurou-se desenvolver a abordagem desses assuntos da forma menos complexa possível, para que os alunos aprendessem os conhecimentos pertinentes, de acordo com o nível de ensino em que se encontram. Foram citadas as partes do DNA: Bases nitrogenadas: Adenina, Timina, Citosina e Guanina, o açúcar desoxirribose e o grupo fosfato, estruturas essas que se repetem variadas vezes, ao longo de toda a molécula, que se apresenta em dupla fita, existindo sempre a ligação da base adenina de uma fita, com a timina da outra fita e da citosina de uma fita com a guanina da outra fita. Essas duplas de bases nitrogenadas vão se repetindo de várias formas e em número, ao longo da molécula de DNA. Sobre o DNA se apresentar com formato helicoidal, falou-se sobre as ligações, chamadas *“pontes de hidrogênio”* existentes entre as bases de uma e de outra fita e que devido a essas ligações, a molécula assumia seu formato característico.

Na segunda aula, abordou-se os assuntos Genes, Função gênica, Genótipo e Fenótipo. Para isso, utilizou-se quatro vídeos: (1) Novo Telecurso, Biologia, aula 44, parte 1 (disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=9oqTEjsQK5s>>), com duração de 6 minutos e 30 segundos; (2) Novo Telecurso, Biologia, aula 44, parte 2 (disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=qAeq3aA6IWM>>), com duração de 6 minutos e 19 segundos; (3) Novo Telecurso, Biologia, aula 43, parte 1 (disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=KK6j09ptD18>>), duração de 7 minutos e 45 segundos e; (4) Novo Telecurso, Biologia, aula 43, parte 2 (disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=XElyHbPYHZs>>), duração de 6 minutos e 53 segundos. Para a exibição desses vídeos, os alunos foram conduzidos ao auditório da escola, que possui data-show e computador com acesso à internet, que foram utilizados. Entre a apresentação de um e outro vídeo e, conduzindo-se a aula de forma dialógica e interativa, os alunos tiveram oportunidades para fazerem comentários e discutirem sobre os assuntos que estavam sendo abordados.

Segundo Momento

Esse momento foi destinado às pesquisas e respostas aos questionamentos da atividade investigativa pelos alunos. Das quatro aulas destinadas a esse momento, utilizamos, plenamente, três aulas. Na última aula, houve falha no sistema de acesso à Internet e os alunos tiveram que concluir suas pesquisas, em suas casas. Com isso, essa aula foi utilizada para que os alunos, em cada grupo, discutissem sobre o modelo de DNA que estavam preparando e sobre a apresentação do seminário, que estava planejada. Situações inesperadas, como essa, ocorrem no dia-a-dia dos profissionais de ensino e, cabe a cada um de nós, enquanto educadores, aproveitarmos a situação para que a mesma não sirva de desestímulo, mas uma oportunidade para desenvolvermos nossa capacidade de lidarmos com situações semelhantes, entendendo que os problemas podem surgir e, precisamos aprender a superá-los, sem perder o foco em nossos objetivos.

6.3. Apresentação dos Seminários sobre as pesquisas da atividade investigativa

Dos 16 grupos que foram formados, 9 apresentaram seminários e os modelos de molécula de DNA e, 4 apresentaram apenas os seminários.

Em suas apresentações, os alunos se preocuparam em falar sobre o DNA, sua estrutura e conformação molecular, citaram os genes como partes do DNA que codificam proteínas, determinando as características dos seres vivos, que são transmitidas hereditariamente, responderam aos questionamentos da atividade investigativa, de acordo com o que conseguiram pesquisar e, apresentaram os modelos da molécula de DNA.

Sobre o que faz com que soja e milho se tornem transgênicos, a maioria dos grupos demonstrou algum entendimento. O Grupo Z1 disse que *“Eles escolheram o que queriam mudar no milho e na soja, tiraram o gene de um ser que tem a característica escolhida e colocaram esse gene no DNA do milho e fizeram igual com a soja.”*... Grupo X1: *“O que faz com que a soja e o milho se tornem transgênicos é muito simples. É retirado o gene do milho ou da soja e com ele é feita uma alteração, mudando o seu código genético.”*... Grupo X2: *“Um gene que faz com que apareça uma característica num ser vivo é retirado dele e transferido para outro ser vivo, no caso, o milho e a soja receberam genes de outros seres e, assim, se tornaram transgênicos.”* Já alguns grupos, confundiram gene com característica, como o caso do Grupo X3. Um dos alunos desse grupo disse: *“Você pega o milho comum e escolhe qual característica você deseja que ele tenha. Escolha outro ser, que tenha essa característica, retire ela do seu DNA e coloque no seu milho, transformando-o em transgênico”*. A professora fez uma intervenção, perguntando para os alunos se eram as características, que eram retiradas de um ser e colocadas em outro. Os alunos discutiram e responderam, corrigindo as próprias falas, dizendo que, não são as características, mas sim, o(s) gene(s) que é (são) transferido(s), de um ser para outro. *“É que ouvimos falar tanto de características que eles (genes) determinam que a gente acabou, confundindo.”*

Sobre a crescente produção de transgênicos e as consequências, desse aumento, em relação ao meio ambiente, o grupo Z1 pronunciou-se dizendo que: *“O aumento da produção dos transgênicos é devido ao interesse nas exportações e ao lucro que as empresas ganham com isso. Para o meio ambiente, existem ameaças em relação à biodiversidade, porque a adição de um novo genótipo numa comunidade de plantas pode proporcionar vários efeitos indesejáveis, como o deslocamento ou a eliminação de espécies não domesticadas, a*

exposição de espécies a novos patógenos ou agentes tóxicos, a geração de plantas daninhas ou pragas resistentes, a interrupção da reciclagem de nutrientes e energia. Antes da liberação, em larga escala de uma cultura transgênica, deve ser feito um estudo de impacto ambiental que inclua a avaliação de riscos, em cada etapa da produção.”

Sobre os alimentos transgênicos comercializados no Brasil, se são rotulados e se existem opções de se consumir ou não um produto transgênico, todos os grupos que se apresentaram, apontaram milho (fubá), soja (óleo), tomate, algodão, feijão, ração para cachorro, salgadinhos e biscoitos industrializados, como exemplos de produtos geneticamente modificados oferecidos à população, na atualidade. Disseram também que, existe uma lei que protege o consumidor e, de acordo com ela, todos os produtos industrializados com ingredientes geneticamente modificados devem ser devidamente rotulados com o símbolo transgênico (um triângulo, colorido de amarelo e com uma letra T, em seu interior). Nenhum grupo citou o número da lei.

Sobre a possibilidade do consumidor, escolher adquirir ou não um produto transgênico, um aluno do grupo Z1 disse: *“Depende do alimento, porque o óleo, por exemplo, não tem como a gente escolher. Na prateleira do supermercado que eu fui, só tinha transgênico.”* Uma aluna do grupo Z1 disse: *“Sim. Há algumas possibilidades. Mas, normalmente, as pessoas não lêem o rótulo, só olham a data de validade do produto e vão comprando.”* Outro grupo, X1, falou: *“Não. Eles ficam junto com os produtos tradicionais e a população não conhece os transgênicos. Então, para eles não faz diferença em consumir ou não um produto transgênico.”*

A relação existente entre genótipo, fenótipo e os transgênicos não foi citada por todos os grupos, provavelmente, por ainda terem alguma dúvida com relação ao assunto. Alguns grupos “pularam”, literalmente, essa questão ou responderam, parcialmente. Aluna do Grupo X3: *“Fenótipo é o resultado da interação do genótipo mais a influência do meio ambiente e, transgênicos são clones que afetam o meio ambiente.”* Isso indica que, um estudo mais detalhado e aprofundado necessita ser feito, no sentido de proporcionar maiores entendimentos desses conceitos e das relações existentes entre eles, por parte dos alunos, principalmente pelos alunos que não tiveram oportunidade de estudar Genética em nenhuma das etapas do ensino fundamental. Nesse trabalho, esse conteúdo foi abordado em apenas uma aula de revisão, utilizando-se os vídeos mencionados, anteriormente. Seria necessário um

maior número de aulas e abordagens diferentes, para que o assunto fosse mais amplamente, discutido pelos alunos.

Porém, outros grupos conseguiram relacionar bem esses conceitos. O grupo X1 disse: *“Fenótipo é a característica original da pessoa, ou de qualquer ser vivo, como também é o genótipo. Os transgênicos não têm o fenótipo e nem o genótipo originais, “eles” (cientistas) modificam essas características.* Grupo X2: *“O genótipo é o conjunto dos genes que tem o ser vivo. Esses genes são responsáveis por todas as características que o ser vivo tem, por dentro dele e por fora, e isso, é o fenótipo, ou seja, o que o genótipo dele faz aparecer no organismo. Quando eles fazem um transgênico, significa que eles mudaram uma parte do genótipo do ser vivo, colocando um gene de outro ser vivo. Assim, o fenótipo desse ser vivo vai ficar diferente, também. Por isso a gente fala que é organismo geneticamente modificado.”*. Grupo Z2: *“ Um tem a ver com o outro, porque o genótipo é o material hereditário herdado dos pais, é o conjunto de genes. Os genes fazem surgir as características do ser, que é o fenótipo, se o genótipo for alterado, colocando nele um gene de outro ser, será formado um organismo transgênico, outras características vão aparecer e assim, será outro fenótipo.”*

Alguns grupos não conseguiram falar sobre a posição dos produtores tradicionais de grãos sobre os transgênicos. Esses grupos justificaram dizendo que se concentraram em outras questões e essa, ficou sem as suas conclusões. Contudo, os grupos que conseguiram pesquisar sobre a questão disseram, no geral, que esses produtores são contrários e querem continuar produzindo os grãos tradicionais. Mas, têm medo de que suas plantações sejam contaminadas pelas sementes transgênicas. Uma aluna do grupo X1 disse: *“Tem produtor que reclama que os grandes produtores de transgênicos colocam os preços muito altos. Isso prejudica os que não produzem os transgênicos. Além disso, as sementes transgênicas são caras.”*. Aluna do grupo X2: *“Mas, o pessoal da Europa não quer comprar transgênico, não. Eles estão pagando mais pelo que não é transgênico.”*

Todos os grupos apontaram a diminuição da dengue como um ponto positivo da produção de mosquitos, transmissores da doença, geneticamente modificados. Mas, não apontaram os riscos biológicos relacionados ao fato. Provavelmente, por ser uma alternativa recente, no controle da doença e, por não encontrarem informações sobre esse assunto. Contudo, vários grupos citaram a possibilidade de desequilíbrio na cadeia alimentar, em que esses mosquitos fazem parte.

Em relação a outros possíveis organismos modificados geneticamente e que poderiam trazer contribuições para a medicina, ocorreram algumas propostas. Grupo Y1: *“A nossa opinião é que os cientistas deveriam fazer remédios ou vacinas para prevenir ou ajudar a curar doenças, como o câncer que, hoje em dia, está cada vez mais presente.”*. Grupo X2: *“Poderiam produzir as “taruiras” (lagartixas) geneticamente modificadas, lançadas nos esgotos das cidades, para irem comendo baratas, assim que saírem do esgoto e antes que elas cheguem às casas. Assim, a população não vai sofrer com as baratas, terá mais saúde.”* A professora perguntou aos alunos o que poderia ser modificado nessas taruiras e, o aluno que apresentou a proposta disse que, as taruiras modificadas comeriam só baratas e nenhum outro alimento. Outro grupo sugeriu: *“Os cientistas poderiam criar barbeiros geneticamente modificados para ajudar a combater a Doença de Chagas.”*

Sobre a insulina transgênica alguns grupos disseram que é uma insulina que não causa alergia no organismo da pessoa que a utiliza, ou seja, não apresenta os efeitos colaterais de outros tipos de insulina, o que é um fator positivo, em relação a esse produto. Outro grupo, o Z1 explicou: *“A produção de insulina a partir do pâncreas do boi e do porco não pode suprir a demanda e o produto obtido pela transferência do gene humano para uma bactéria permite produzir a insulina humana em grande quantidade, a preços mais baixos. E os diabéticos não reclamam da insulina transgênica, que salva suas vidas.”*

Em relação às justificativas para se produzirem alimentos transgênicos, o grupo Y1 disse: *“Eles são mais resistentes, duráveis, têm mais valor nutricional, podem acabar com a fome e outros motivos.”*. Grupo Z1: *“São mais baratos, podem ajudar na saúde das pessoas.”*. Grupo X2: *“Os alimentos transgênicos têm como finalidade tornarem-se mais resistentes a pragas ou herbicidas. Podem ser solução para acabar com a fome no mundo.”*. Grupo Z2: *“Os transgênicos aumentam a produção e em alguns casos, também podem ser a solução para a cura de doenças.”*

Dando mais ênfase a algumas questões do que a outras, percebeu-se que os alunos conseguiram responder a maioria das questões da atividade investigativa, passaram a compreender o que é um organismo transgênico e em que estrutura orgânica ocorre a interferência humana, que é feita, utilizando-se técnicas modernas, para que organismos desse tipo sejam produzidos.

Modelos da Molécula de DNA

Nove grupos apresentaram modelos, representando a molécula de DNA. Para a construção dos modelos, os alunos utilizaram fios finos de cobre, balas jujuba de cores diferentes, palitos de dente, arames, tubinhos de plástico de cores diferentes e placas de madeira e isopor, como suporte. O grupo Y1 utilizou fios finos de cobre para representar o grupo fosfato e a desoxirribose e balas jujuba, de quatro cores diferentes, cada cor representando uma base nitrogenada. Combinaram adenina e citosina, de uma fita de DNA, com a timina e guanina, da outra fita de DNA, respectivamente. Para representar as duplas pontes de hidrogênio entre adenina e timina e as triplas pontes de hidrogênio entre citosina e guanina foram utilizados palitos de dente, que ligaram as bases (balas) de uma com a outra fita. Os grupos X1 e X3 utilizaram o mesmo material, mas não detalharam tanto. Um deles, não diferenciou com cores diferentes as bases nitrogenadas e o outro, não representou o número correto de pontes de hidrogênio, existentes entre elas. O grupo Y2 utilizou apenas arame para a construção do modelo. Pedacos de arame, mais longos, para representar os “corrimões”, grupo fosfato e desoxirribose. As partes menores de arame foram colocadas na posição horizontal, ligando as duas partes, mais longas. Cada parte menor foi pintada com duas cores. Perguntei ao grupo por que utilizaram apenas duas cores para representar as bases. Um dos alunos respondeu que eles se esqueceram de destacar as quatro bases, de forma diferente. Mas, outro aluno do grupo, de forma pertinente, perguntou e, em seguida, propôs uma justificativa para o modelo construído: *“Professora, então nosso modelo está errado? Como o DNA é longo, pode ser que tenha uma parte dele que apareça apenas dois tipos de base, do jeitinho que nós fizemos.”* Uma discussão foi feita e, tanto professora quanto alunos, concordaram com a justificativa apresentada pelo colega. Percebeu-se que os alunos haviam compreendido a forma como a molécula de DNA se organiza, ou seja, repetindo e variando em número e em diferentes sequências, os nucleotídeos que o constituem.

Houve um grupo que, apenas utilizou dois pedacos de fios metálicos retorcidos e unidos, representando as duplas fitas de DNA, em espiral. Outro grupo, para representar as bases nitrogenadas, utilizou pedacos de tubinhos plásticos de quatro cores diferentes, unidos por fios e ligados a outros fios mais longos, que representaram os “corrimões” da molécula de DNA.

Apesar dos materiais utilizados pelos grupos, para a construção dos modelos da molécula de DNA terem sido, praticamente, os mesmos, nenhum modelo foi idêntico ao outro, indicando que, os alunos procuraram representá-los, de acordo com o que compreenderam sobre a estrutura do DNA e com os recursos materiais de que dispunham.

Alguns modelos representaram a molécula com mais detalhes, outros não. Porém, a ideia de como é a estrutura molecular do DNA e a sua função parece ter ficado clara, para a maioria dos alunos, pelo que foi apresentado pelos grupos.

6.4. Debate sobre os Transgênicos

O debate sobre Transgênicos foi realizado conforme planejado com a colaboração dos professores de Português e Inglês que também estariam com as turmas envolvidas, nos horários planejados para a realização dessa atividade.

Durante o primeiro horário, cada grupo formado por alunos das três turmas se encontrou, em salas separadas. A professora de Português acompanhou um dos grupos. Como o professor de Inglês faltou nesse dia, o outro grupo se organizou sozinho, mas com apoio da professora de Ciências que, também aproveitou o momento para organizar a sala onde aconteceria o debate e para orientar os grupos, em separado.

Apesar dos alunos, a princípio, demonstrarem certa dificuldade para interagirem uns com os outros, devido à mistura das turmas para a formação dos respectivos grupos, acabaram se organizando e conseguiram estabelecer os pontos que apresentariam no debate, assim como selecionar aqueles que dariam início ao mesmo. Instantes antes do término desse primeiro horário de preparação, os grupos foram conduzidos pela professora coordenadora para a sala previamente organizada.

De um lado, posicionou-se o grupo que representou os ambientalistas e do outro, o grupo que representou a empresa produtora de transgênicos. A sala ficou bem cheia. O debate poderia ter sido realizado no auditório, que é mais amplo. Porém, o espaço (menor) da sala de aula foi preferido, pensando-se em ser mais fácil para se controlar e evitar possíveis dispersões e propiciar melhores escutas das falas dos alunos, por todos.

Houve uma grande euforia, por parte dos alunos, pois, a experiência de um debate ainda não tinha sido vivenciada por eles. Nos dois grupos, alguns alunos destacaram-se com suas falas. O grupo que representou a empresa iniciou o debate: “*Produzimos transgênicos*

que são produtos que trazem muitos benefícios para a sociedade.”. “Transgênicos são organismos geneticamente modificados.”. “Eles são capazes de produzir coisas que não produziam antes de serem modificados.”. “Estamos produzindo uma maçã que recebeu um gene que faz com que ela fique mais docinha e com mais vitamina. Essa maçã agora é vermelha e doce. Muito mais gostosa. As pessoas preferem, mais.”. “Isso é bom para as pessoas, porque conseguem um produto melhor e com mais qualidade. Podem produzir mais, gastando menos.”. “Por exemplo, esse produto que a nossa empresa faz, é um alimento. Mais pessoas terão mais vitaminas na sua alimentação, mais pessoas, também, terão mais trabalho, porque todos vão querer essa maçã.”

O grupo que representou os ambientalistas se manifestou, com as seguintes falas: *“A maioria das pessoas não conhece o que são transgênicos. Não sabe que está consumindo. Não sabe se faz bem ou se faz mal para a saúde.”. “Por que não tem propagandas falando sobre o que é e o que não é transgênico?”. “Quando produz transgênico surge um novo ser vivo. Se, só for produzido esse transgênico, que vocês estão dizendo que é melhor essa maçã aí, a antiga, vai sumir. Porque as pessoas só vão preferir a maçã que é melhor.”. “Mas, não existem pesquisas que falam sobre se eles são bons ou não, para as pessoas.”. “As empresas querem ganhar muito dinheiro, é por isso que eles não falam muito.”. “Se eles descobrirem que faz mal eles vão perder dinheiro, não vão falar para a população.”* Depois que falaram do seu produto, os alunos do grupo que representava a empresa, mencionou a insulina transgênica, que está sendo utilizada, atualmente, pelas pessoas diabéticas: *“Antigamente, as pessoas que precisavam de injetar insulina no organismo, usavam um tipo que causava mais alergias nas pessoas e agora, com a insulina transgênica, as pessoas estão tendo menos reações ruins e, isso só foi possível, porque foi produzida a insulina que é transgênica.* Um aluno disse: *“Além disso, muitas coisas boas podem ser produzidas para as pessoas. Por exemplo, já não tem os mosquitos transgênicos, contra a dengue? O que é preferível: a doença ou o mosquito transgênico?”.* Outro aluno, do mesmo grupo, disse: *“Já estão produzindo alimentos que duram mais e, que têm mais vitaminas.”* Uma aluna do grupo dos ambientalistas, falou: *“Mas, os mosquitos morrem. E os outros animais que comem esses mosquitos? Vão ficar com menos comida e vão morrer, também. Eles não são da natureza? Precisam ser preservados.”*

Outras falas, enfatizando a necessidade de serem feitas mais estudos sobre os efeitos dos transgênicos nos organismos e no meio ambiente foram feitas. Alguns alunos falaram

também, sobre a falta de informação nos supermercados, sobre o que é e o que não é transgênico. Um aluno do grupo dos ambientalistas disse: *“Alguns alimentos possuem no rótulo a identificação do triângulo, com o T de transgênico, mas outros, não. Um aluno perguntou: “No supermercado, qual verdura ou legume que é transgênico? A gente já sabe que eles já existem. Mas, qual que está lá, que é? Por que eles não informam? Nem o pessoal do supermercado sabe falar, pra gente.”* A professora fez uma intervenção dizendo que, à medida que as pessoas forem tendo conhecimentos sobre os transgênicos e buscarem mais informações sobre eles, poderão ter melhores condições para se manifestarem sobre o assunto e, com isso, criar condições em sociedade, para que os responsáveis envolvidos na produção, comercialização, fiscalização e manutenção desses organismos tragam as respostas para as questões que envolvam esses produtos, tanto no que se refere a seus aspectos positivos quanto aos possíveis riscos ou aspectos negativos da sua existência no ambiente, nos organismos dos seres vivos e sobre a economia do país.

Um aluno, do grupo dos ambientalistas, observou: *“As pessoas não sabem sobre os transgênicos, estão consumindo sem saber e, também, não estão tendo opção de escolher se querem ou não os transgênicos. Daqui pra frente, só vai ter transgênico.”* Certo ou não, e ao fazer essa análise crítica sobre a atual condição do consumo e comercialização dos transgênicos, o aluno demonstrou compreender que, os organismos geneticamente modificados estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, mesmo sem elas saberem, indicando que, continuarão a fazer parte de forma crescente, da vida de todos nós. Um futuro onde não existam transgênicos parece ser improvável. E, completando a fala do colega, outro aluno disse: *“É preciso que façam mais pesquisas relacionadas aos transgênicos, as pessoas também têm que procurar saber mais. Se as pessoas procurarem saber mais e começarem a fazer algum movimento, o governo e as empresas vão ter que promover mais informação para as pessoas.”* Com essa fala, o aluno demonstrou compreender a complexidade do assunto, que requer mais estudos e pesquisas e, para que aconteçam, é necessário a influência e o interesse das pessoas em querer saber, assim como o interesse dos governantes e empresários no apoio às pesquisas e divulgação de seus resultados sobre os transgênicos à população.

No final, os alunos dos dois grupos concordaram que existem os pontos positivos com o desenvolvimento dos transgênicos. Mas, as dúvidas quanto aos possíveis riscos existem e precisam ser esclarecidas. Pois, na maioria dos sites da Internet pesquisados por eles, não

havia essas informações, a não ser, problemas relacionados à perda da biodiversidade. Entenderam que, somente com investimentos em pesquisas científicas é que esse assunto polêmico pode se tornar mais esclarecido para a população.

O tempo de uma hora para o desenvolvimento desse debate foi insuficiente, pois, entre uma e outra fala, os alunos se agitavam, manifestando satisfação com as respostas que os seus colegas davam e, às vezes, por isso, repetiam os mesmos argumentos. Percebeu-se que os aspectos econômicos e a falta de informação das pessoas sobre os transgênicos, em geral, foram ressaltados, diversas vezes, pelos alunos. Em alguns momentos, lembraram que eles próprios, os alunos, consumiam esses produtos sem nenhum conhecimento sobre eles.

De acordo com as falas, ficou nítido que os alunos entenderam que os transgênicos, em especial os alimentos transgênicos, são produtos que geram mais lucros para as empresas que os produzem, na medida em que, gastam menos recursos financeiros com produtos, como os herbicidas, que normalmente são utilizados em cultivos de plantas tradicionais ou naturais.

Nenhum grupo abordou a questão ética que está envolvida na produção dos transgênicos.

Em atividades como essa, é natural que alguns alunos se manifestem mais, principalmente aqueles que se envolveram com mais dedicação, buscando desenvolver as atividades propostas. Contudo, é natural também, que outros alunos participem menos ou, apenas, ouçam as discussões. Porém, considera-se que, a dinâmica do debate tenha sido proveitosa para todos aqueles que estiveram presentes, os mais e os menos participativos. Os alunos tiveram oportunidade para falarem e para ouvirem seus colegas se pronunciando sobre o assunto que estava sendo estudado. Nesse diálogo, conhecimentos que os alunos adquiriram, ao longo do desenvolvimento deste trabalho, puderam ser observados e, viabilizaram o pensamento e a fala dos alunos que, demonstraram, também, posicionamentos críticos diante do assunto.

Além disso, considera-se que, essa atividade tenha sido prazerosa para os alunos, pois, eles manifestaram vontade de continuar discutindo e, propuseram a continuidade do debate, nos dois últimos horários, do mesmo dia. Mas, como a professora coordenadora estaria com outras turmas, não houve essa possibilidade.

6.5. Pós-Teste

As questões do pós-teste também foram divididas conforme feito para o pré-teste em, “questões que relacionam conceitos de genética” e, em “questões que relacionam conceitos de genética com situações do cotidiano e, sociais”. Comparando-se o pós-teste com o pré-teste, aumentou o número de alunos que respondeu as questões 1, 2, 4 e 5 conforme o esperado ou de forma parcial. O percentual médio de respostas corretas esperadas para as questões que relacionam conceitos de genética ficou entre 53 a 76%, para as “questões que relacionam conceitos de genética com situações do cotidiano e sociais” ficou entre 90% a 98%, considerando-se as questões 3 e 6. Os resultados demonstraram que a maioria dos alunos entendeu o que são os genes e que o DNA constitui essas estruturas. Assim como, o que são transgênicos e como são produzidos. Porém, os resultados demonstraram também, que ainda existem alunos que não conseguiram compreender ou que ainda se mantêm com dúvidas, sobre os conceitos trabalhados.

O percentual menor de respostas esperadas coube à questão número 5, que requeria do aluno a explicação de como são produzidos os transgênicos. Entende-se que, para um aluno do ensino fundamental, não é uma tarefa simples o entendimento do mecanismo de produção de um transgênico. Aprender conceitos semelhantes a este demanda esforços significativos, por parte do aluno. Exige que o mesmo siga um ritmo de acompanhamento das aulas normal e com efetivo empenho, em relação às atividades propostas, durante o transcorrer de uma unidade de ensino. Considerando-se que, três grupos não participaram efetivamente do trabalho e que, os alunos faltam significativamente, em torno de 20% de ausências, cotidianamente, os resultados obtidos, mesmo assim, superaram as expectativas da professora coordenadora, que constatou a aprendizagem dos conteúdos trabalhados, pela maioria dos alunos.

Destacam-se algumas respostas dos alunos: *“Transgênicos são organismos geneticamente modificados”*. *“Para produzir um transgênico utilizam os genes de outros organismos, em um determinado organismo. Por exemplo: Queremos uma maçã com a cor alaranjada, nós vamos pegar o gene que especifica essa cor em outro organismo e, colocar no lugar do gene que especifica a coloração da maçã”*.

Em relação às “questões que relacionam conceitos de genética com situações do cotidiano e, sociais” o resultado diferenciou-se significativamente e positivamente, em relação

ao pré-teste. O percentual de alunos que respondeu a essas questões aumentou, como pode ser observado, através dos resultados mostrados no Gráfico 4.

A quantidade de alunos, que responderam à questão 7, aumentou significativamente. O percentual dos que responderam que os transgênicos provocam impactos negativos ao meio ambiente aumentou consideravelmente, assim como à sociedade. A turma Z, que antes, havia apresentado uma tímida participação, mostrou-se muito mais engajada e liderou a frente contra os transgênicos, como é possível perceber pelo Gráfico 6. No setor da economia, em média, 70% dos alunos das três turmas consideraram impactos positivos mais relevantes, visível pelo gráfico 5.

Para algumas questões como “Você já ouviu falar dos transgênicos?” ou “Você conhece e/ou consome algum transgênico?”, o resultado ficou entre 83% a 100%, para a resposta “sim”. Considerou-se esse resultado muito bom. Entretanto, por se tratar de uma questão simples e que envolvia um conhecimento, trabalhado intensamente, ao longo de quase dois meses de aulas, esperava-se o resultado igual a 100% para todas as turmas envolvidas. Porém, esse e outros percentuais mais baixos, relativos a outras questões, justificam-se, provavelmente, pelo fato de que vários alunos, principalmente os da turma Z, foram muito faltosos às aulas, inviabilizando o acompanhamento normal das mesmas, ocasionando-se assim, não só suas dificuldades em responder às questões abordadas no pós-teste, mesmo as mais simples, mas também, aquelas que comprometem seus desenvolvimentos plenos, enquanto alunos e cidadãos, em suas diversas áreas de formação e construção do conhecimento.

Destacam-se algumas respostas dos alunos: *“Bom, eu conheço e também, consumo. Todos nós consumimos transgênicos e nem sabemos. Eu mesma não sabia disso. Depois do bate papo na escola, do trabalho é que fui saber o que era isso.”*. *“Alguns transgênicos têm a capacidade de produzir substâncias (...) que podem ajudar no tratamento de algumas doenças.”*. *“É bom, pois, o mercado transgênico move muito dinheiro, o que ajuda a abastecer a economia do país.”*. *“Ainda não se pode provar se os transgênicos fazem mal à sociedade.”*. *“Transgênicos são mais resistentes ao clima, a pragas. O que reduz o uso de agrotóxicos.”*. *“É possível produzir insulina, os alimentos transgênicos podem ser mais nutritivos e saborosos.”*. *“Aumenta a produtividade pelos produtos serem mais resistentes.”*. *“É perigoso para o meio ambiente. Pode prejudicar a biodiversidade, pode haver misturas e virar tudo uma confusão.*

Gráfico 4. Percentual de respostas conforme o esperado Pós Teste

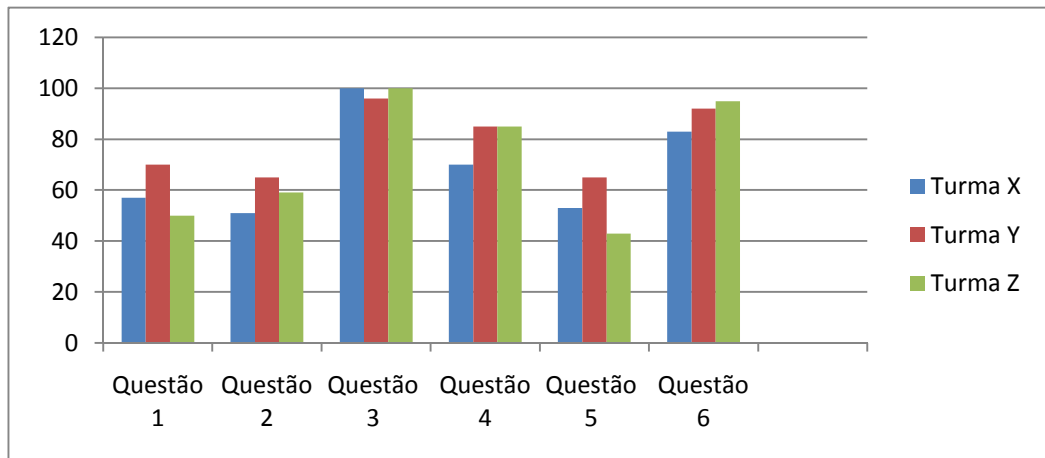


Gráfico 5. Percentual de respostas à Questão 7 que consideravam que os transgênicos seriam positivos para a Sociedade, Economia e Meio Ambiente

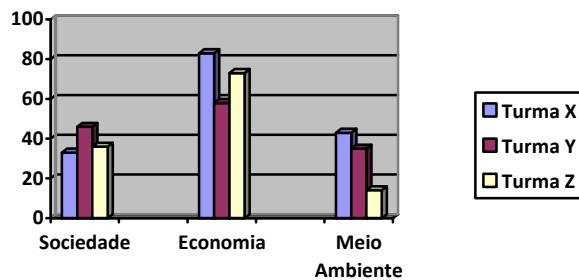
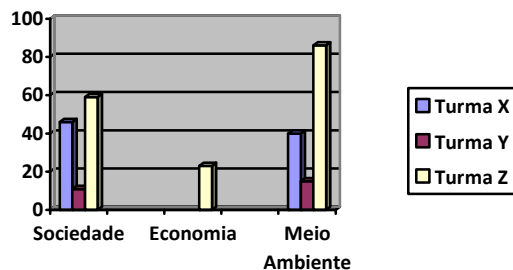


Gráfico 6. Percentual de respostas à Questão 7 que consideravam que os transgênicos seriam negativos para a Sociedade, Economia e Meio Ambiente



6.6. Avaliação do trabalho realizado com as turmas

Realizar esse trabalho com turmas muito heterogêneas e com alunos com dificuldades diversas que vão desde as motoras e cognitivas às psíquico-sociais, foi um grande desafio. O histórico de participação dos alunos nas atividades gerais, até então, não era ideal. Além disso, o tema “transgênico” é amplo, complexo e envolve várias áreas do conhecimento e setores da sociedade e, por isso, requer, para melhor compreensão dele, estudos que envolvam seus diferentes aspectos. Para isso, tempo e dedicação são necessários, por parte daqueles que estão envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Apesar da grande disposição e vontade de desenvolver o assunto com as turmas, considerava que o tempo disponível para fazê-lo era insuficiente, mas não poderia extrapolá-lo e, os envolvidos na realização desse trabalho deveriam se dedicar com afinco, para que os resultados positivos fossem alcançados.

O trabalho foi iniciado e desenvolvido e, mesmo diante das circunstâncias mencionadas, o resultado alcançado extrapolou as expectativas preliminares. A maior parte dos alunos participou desenvolvendo as atividades programadas, desenvolvendo aprendizagens. Partindo-se dos conhecimentos prévios dos alunos, uma atividade investigativa foi proposta e desenvolvida. Ao utilizar essa estratégia, os alunos ficaram curiosos e motivados a buscarem as respostas para os questionamentos da mesma e, posteriormente, em confrontá-los com as suas ideias iniciais, com isso, construindo e reconstruindo seus conhecimentos.

A construção do modelo da molécula de DNA propiciou aos alunos se aproximarem um pouco mais da compreensão do que seja a organização dessa estrutura, cujo nível abstrato de entendimento é difícil para alunos, que ainda estão no ensino fundamental. Em geral, de maneira simples e sem qualquer sofisticação, os alunos conseguiram representar adequadamente a molécula, demonstrando bom entendimento em relação à sua organização.

O debate transcorreu conforme o planejado e causou impacto positivo entre os alunos, que desejaram continuar para além do tempo planejado. Essa atividade possibilitou que os alunos confrontassem entre si as ideias estudadas e que permeiam os transgênicos de forma coletiva, interativa, alegre e descontraída, ocorrendo de forma prazerosa para os mesmos. Os alunos desenvolveram habilidades e competências ao fazerem suas observações, reflexões, e análises críticas sobre os transgênicos e suas possíveis influências em relação ao meio ambiente, economia e sociedade. Assim como, desenvolveram atitudes de cidadania, ao

manifestarem seus posicionamentos ou opiniões e ao ouvirem os posicionamentos ou opiniões dos colegas sobre um tema controverso, na atualidade. No final, os alunos perceberam que, em relação aos aspectos social, econômico e ambiental existem pontos considerados positivos na produção e utilização dos transgênicos. Mas, também existem diversos problemas relacionados a esses organismos que precisam ser estudados e corrigidos e, todos os resultados relativos às pesquisas sobre os transgênicos devem ser divulgados à população.

Os resultados do pós-teste indicaram que a maioria dos alunos alcançou novos conhecimentos, superando as dificuldades apresentadas no pré-teste e que, as estratégias de ensino utilizadas nesse trabalho, favoreceram a ocorrência desses resultados. Contudo, outras estratégias precisam ser desenvolvidas para que sejam alcançados aqueles alunos que, por variados motivos, não conseguiram alcançar o desejado, em seus respectivos processos de aprendizagem.

7. Considerações finais

Ensinar Ciências requer do profissional que ele seja curioso, disposto a conhecer e implementar, em sua prática, novas estratégias de ensino. A valorização dos conhecimentos dos alunos e o reconhecimento da importância que os mesmos têm, no processo ensino-aprendizagem, devem ser premissas em seu trabalho cotidiano. Assim como, o reconhecimento da capacidade que seus alunos possuem, de construir o próprio conhecimento.

Nessa perspectiva, o desenvolvimento de uma proposta pedagógica em que as atividades investigativas e o ensino por CTS estão incluídos possibilita que os alunos deixem de exercer uma postura passiva e aprendam a pensar, desenvolvendo raciocínios, falando, escrevendo, trocando ideias, justificando suas ideias, De fato, sendo autores de sua própria formação.

A realização desse trabalho com as turmas de nono ano fez evidenciar a certeza de que é necessário se pensar e agir de forma a oportunizar aos alunos, em nossa prática pedagógica, a realização de atividades que os predisponham a terem motivação, interesse e prazer em aprender, no trabalho cotidiano na escola. Esses aspectos puderam ser observados, pois, os resultados obtidos em cada etapa do trabalho, mostraram que houve participação, empenho,

interesse, busca em conhecer sobre os assuntos abordados e, sobretudo, a construção de conhecimentos, pela maioria dos alunos envolvidos.

Os alunos passaram a compreender melhor alguns conceitos de genética, como DNA, genes, função dos genes, fenótipo e genótipo e, conseguiram adquirir conhecimentos sobre transgênicos, bem como, uma postura mais crítica, em relação a esse complexo e controverso assunto.

O debate sobre os transgênicos foi uma das partes mais interessantes de todo o trabalho, pois, propiciou momentos em que os alunos tiveram liberdade de confrontarem e defenderem aspectos estudados relacionados a esses organismos, apontando argumentações favoráveis e contrárias aos mesmos. Assim, desenvolvendo suas habilidades e competências cognitivas e sócio-culturais.

Entretanto, algumas dificuldades e situações inesperadas ocorreram, no transcorrer desse trabalho, como a alteração das datas de apresentações dos seminários pelos grupos, extrapolando a data, inicialmente prevista, para essas apresentações. Esse problema ocorreu porque nesse período, houve um campeonato esportivo na escola e os alunos tiveram que ser liberados das aulas para participarem dele. Outro fato ocorrido foi que, das quatro aulas programadas para pesquisa relacionada à atividade investigativa utilizando-se a Internet na sala de informática, apenas três ocorreram conforme o planejado, pois, o sistema falhou em um dos dias, impedindo a realização da atividade.

O tempo destinado ao debate sobre transgênicos, um horário de sessenta minutos, foi pouco. Apesar de ter sido proveitoso, alguns assuntos não foram abordados, como as questões éticas que se relacionam ao assunto. Além dos imprevistos citados, em cada turma havia alunos que não tinham tido nenhuma aula, anteriormente, sobre Genética. E outros, que faltam com frequência às aulas. Por isso, provavelmente, ocorreram as dificuldades que os mesmos tiveram, em relação às suas participações na realização desse trabalho.

Alguns alunos não fizeram a atividade investigativa (três grupos) e continuaram apresentando dificuldades, não conseguindo responder aos questionamentos do pós-teste. Alguns dos possíveis fatores que justifiquem essa ocorrência pode ser o fato desses alunos terem se ausentado em várias aulas, tornando inviável o acompanhamento normal do trabalho. Assim como, dificuldades diversas de aprendizagem que não foram superadas e que se mantêm, determinando, também, os baixos índices de aproveitamento.

Para uma futura realização desse trabalho e, tendo-se a participação de mais de uma turma, sugere-se que o debate sobre transgênicos seja feito em cada turma, separadamente. Dessa forma, com um menor número de alunos, as oportunidades para participação de cada um deles podem ser mais efetivas, assim como as chances de que todos ouçam uns aos outros.

Nesse trabalho, a atividade investigativa foi a mesma, para todos os grupos. Outra sugestão seria manter a divisão das turmas em grupos e propor atividades investigativas diferentes, sobre os transgênicos, para cada um deles. Visando-se assim, que as possibilidades de abrangência, aprofundamento e discussões em mais e diferentes aspectos sobre os transgênicos, sejam maiores.

A realização desse trabalho nos torna, ainda mais convictos, de que é necessário vivenciar o ensino de ciências de maneira que os alunos sejam sujeitos ativos da construção de seus conhecimentos. Entendemos que esse objetivo pode ser alcançado através da utilização de propostas pedagógicas, tais como a CTS e a perspectiva investigativa, como estratégias de ensino.

Nesse sentido, é fundamental desenvolver atividades que partam ou considerem os conhecimentos dos alunos, que os estimulem e que os predisponham a acreditar em suas potencialidades, tomando posturas ativas em relação à própria formação. Dessa forma, adquirindo condições para questionarem diferentes situações e fatos, assim como o desejo de buscarem respostas para os problemas e situações de seus cotidianos, desenvolvendo suas capacidades e a compreensão acerca das ciências e do mundo em que vivem.

Concluindo-se essa reflexão, ressalto como proposta para futuras pesquisas, a partir de perspectivas investigativas e ligadas à CTS, a utilização de filmes que apresentem problemáticas envolvendo temas polêmicos e a criação de jogos que envolvam temáticas relacionadas aos conteúdos das ciências.

8. Apêndice 1

Atividade Investigativa

- 1) Leia o trecho de uma notícia do Jornal Folha de São Paulo e responda ao que se pede.

Plantio de transgênicos aumenta 12% no Brasil

As lavouras transgênicas deverão somar 36,6 milhões de hectares no Brasil.

A maior utilização dessa tecnologia será no plantio de soja, que sobe para 23,9 milhões de hectares em 2012/13. As previsões são da consultoria Céleres, de Uberlândia.

O plantio de milho transgênico sobe para 5,2 milhões de hectares na safra de verão e para 6,9 milhões na de inverno.

Já o algodão utilizará 546 mil hectares, segundo a consultoria.

Fonte: ZAFALON, M. Soja e milho podem colher 158 milhões de toneladas. Site Folha de S. Paulo, 07/08/2012

- a) Como a soja e o milho, em questão, se tornaram transgênicos?
- b) Por que a produção destes transgênicos vem crescendo?
- c) Quais as consequências do uso dos transgênicos para a saúde humana e para o meio ambiente?

- 2) Observe atentamente a charge a seguir e responda ao que se pede.



Charge Rótulos Transgênicos. Disponível em grafar.blogspot.com

- a) Quais são os alimentos transgênicos comercializados, atualmente, no Brasil? Eles são rotulados? Se não, qual seria, em termos de mercado, a justificativa para a não rotulação de tais alimentos?
 - b) Nos estabelecimentos comerciais, existe a opção em se consumir ou não um produto transgênico?
 - c) Quais são as justificativas para se produzirem alimentos transgênicos?
- 3) Qual a relação existente entre genótipo, fenótipo e os transgênicos?
- 4) Qual a posição dos produtores tradicionais de grãos quanto aos transgênicos? Quais os argumentos que eles utilizam para sustentar tal posição, em especial os pequenos produtores agrícolas?
- 5) Leia atentamente o texto abaixo e, em seguida, responda ao que se pede.

Brasil produz mosquito transgênico para combater dengue

Ministério da Saúde inaugura fábrica que vai produzir quatro milhões de mosquitos por semana

No último sábado (7), o Ministério da Saúde inaugurou em Juazeiro, na Bahia, uma fábrica que vai produzir mosquitos geneticamente alterados para combater a dengue. O laboratório será capaz de produzir por semana quatro milhões de machos transgênicos do *Aedes aegypti*. Desse modo, os técnicos esperam diminuir a reprodução do mosquito e a incidência da doença, que atingiu 431.194 pessoas no país desde o começo do ano.

Os machos transgênicos (os cientistas inserem nos ovos do *Aedes aegypti* um gene que o tornará estéril – seus filhos serão incapazes de se desenvolver) se desenvolvem até a fase adulta e são levados até um local com alta incidência da dengue, onde são liberados. Ali, procuram pelas fêmeas da região e cruzam com elas. No entanto, seus filhos nunca chegarão a ultrapassar a fase de larva e causar dano à população. Desse modo, a próxima geração de mosquitos fica comprometida.

Fonte: ROSA, G. Brasil produz mosquito transgênico para combater dengue. Site Veja 09/07/2012.

- a) Com base no texto e em seus conhecimentos, qual vem a ser um ponto positivo da produção de mosquitos geneticamente modificados? Justifique sua resposta.
 - b) Existem riscos biológicos? Em caso afirmativo, exponha-os.
 - c) Elabore hipóteses a respeito de outros possíveis organismos, que modificados, poderiam trazer contribuições para a sociedade, de uma forma geral.
- 6) Explique, de forma simples, como a insulina transgênica é produzida e como tem contribuído para salvar vidas.
- 7) Como você se posiciona em relação aos transgênicos?

9. Apêndice 2

Imagens (apresentações de seminários e modelos de DNA)



10. Referências

ANDRADE, G.T.B. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas, **Ensaio Pesquisa e Educação em Ciências**, v.13, n.1, p.121-137, Belo Horizonte, 2011.

BRASIL, Lei 11.105, de 24 de março de 2005. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança – PNB, revoga a Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, e a Medida Provisória nº 2.191-9, de 23 de agosto de 2001, e os arts. 5º, 6º, 7º, 8º, 9º, 10 e 16 da Lei nº 10.814, de 15 de dezembro de 2003, e dá outras providências, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, 28 de março.

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111105.htm>

Acesso em 21/05/2012

BRASIL, Ministério da Educação Fundamental, Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais, Brasília, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>>

Acesso em 21/06/2012

CAMPOS, L.M.L.; BORTOLOTO, C.M.; FELÍCIO, A.K.C., A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: Uma proposta para favorecer a aprendizagem, Departamento de Educação da Unesp, Botucatu, 2002.

Disponível em: <http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf>.

Acesso em 22/10/2012

CARVALHO, A.M.P. (Org.). **Ensino de Ciências – Unindo a Pesquisa e a Prática**, 2ª ed, São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2006, 156 p.

DEMO, Pedro. Avaliação qualitativa, **Perspectivas**, v.4, n.7, p.106-115, jan/jul 2005

Disponível em: <[http://www.perspectivasonline.com.br/revista/2007vol1n1/volume%201\(1\)%20artigo9.pdf](http://www.perspectivasonline.com.br/revista/2007vol1n1/volume%201(1)%20artigo9.pdf)>

Acesso em 01/07/2012

FREITAS, T. Brasil lidera crescimento em cultivo de transgênicos, **Jornal Folha de São Paulo**, 07 de fev. 2012, Caderno Mercado. Disponível em:

<<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/1045211-brasil-lidera-crescimento-em-cultivo-de-transgenicos.shtml>>

Acesso em 01/07/2012

GUERRA, M.P. & NODARI, R.O., Impactos ambientais das plantas transgênicas: as evidências e as incertezas, **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Emater/RS, v.2, n.3, jul/set 2001. Disponível em:

<http://pvnocampo.com/agroecologia/impactos_ambientais_de_pls_transgenicas.pdf>

Acesso em: 1/ 6 /2012

GUIVANT, J.S. A governança dos riscos e os desafios para a redefinição da arena pública no Brasil, **Ciência, Tecnologia + Sociedade – Novos Modelos de Governança**, Brasília, Dez/2004. Disponível em: <[http://www.iris.ufsc.br/pdf/A%20governa\[1\]...pdf](http://www.iris.ufsc.br/pdf/A%20governa[1]...pdf)>

Acesso em: 21/05/2012

LACEY, H. Há alternativas ao uso dos transgênicos? **Novos Estudos – CEBRAP**, n.78, São Paulo, Julho/2007.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010133002007000200005&script=sci_arttext&tlng=es>

Acesso em: 20/05/2012

MUNFORD, D; LIMA, M.E.C.C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em educação em ciências**, v.9, n.1, Belo Horizonte, 2007

NUBLAT, J. Bahia abre fábrica de *Aedes* transgênico. **Folha de S. Paulo**, 07 jul. 2012. Caderno Cotidiano, p. 07.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 02, n. 2, dez. 2002.

SANTOS, W.L.P., Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica, **Ciência & Ensino**, v.1, número especial, nov.2007 Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/149/120>> Acesso em: 3/10/2012

WATSON, J.D. **DNA O Segredo da Vida**, São Paulo, Editora Companhia das Letras, 2003, 472 p.

Vídeos

Novo telecurso, Biologia, aula 43, Parte 1, Fundação Roberto Marinho, FIESP, SESI, SENAI, IRS, 2008 Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=KK6j09ptD18>> Acesso em: 20/08/2012

Novo telecurso, Biologia, aula 43, parte 2, Fundação Roberto Marinho, FIESP, SESI, IRS, 2008 Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=XElyHbPYHZs>> Acesso em: 20/08/2012

Novo telecurso, Biologia, aula 44, parte 1, Fundação Roberto Marinho, FIESP, SESI, IRS, 2008 Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=9oqTEjsQK5s>> Acesso em: 20/08/2012

Novo telecurso, Biologia, aula 44, parte 2, Fundação Roberto Marinho, FIESP, SESI, IRS, 2008 Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=qAeq3aA6IWM>> Acesso em: 20/08/2012