

# A TOMADA DE CONSCIÊNCIA DA RELAÇÃO ENTRE BIOTECNOLOGIA, ORGANISMOS TRANSGÊNICO E CLONAGEM: APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA ENTRE ALUNOS DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA NO SUDOESTE DA BAHIA

Jerry Adriane Pinto de Andrade<sup>1</sup>  
Reynaldo Josué de Paula<sup>2</sup>

## RESUMO

Esta pesquisa procura acompanhar os processos de tomada de consciência de 12 estudantes durante um semestre. Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa, que utiliza diferentes instrumentos: construção de mapas conceituais, com uso do *Cmap Tools*, e filmagens. Entretanto, os dados apresentados aqui referem-se ao segundo e terceiro momento da pesquisa, na categoria Implicação significativa. O trabalho tem como objetivo acompanhar as transformações das representações dos discentes na construção das relações entre biotecnologia, organismos transgênicos e clonagem, em uma universidade pública no sudoeste da Bahia. O referencial teórico é a tomada de consciência na Epistemologia Genética. A elaboração gradativa das relações entre biotecnologia, organismos transgênicos e Clonagem foi observada em diferentes momentos da atividade pedagógica. Assim, na análise do segundo e terceiro momento pudemos evidenciar níveis, subníveis e intermediários. No nível II, existe tomada de consciência entre biotecnologia e organismos transgênicos, e, biotecnologia e clonagem. Mas ainda há incoordenação entre transgênicos e clonagem, ou seja, para o modelo  $(x \sim y) \vee (\sim xy)$ , a parte comum  $xy$  não tem relação com as outras duas. Por fim, no III nível, os sujeitos constroem a razão de ser da clonagem e transgenia no contexto biotecnológico, chegando a uma tomada de consciência destas relações. Para o modelo  $(x \sim y) \vee (\sim xy)$ , a parte comum  $xy$  tem relação com as outras duas.

**Palavras-chave:** Tomada de consciência. Biotecnologia. Transgênico. Clonagem. Ensino de Ciências.

## INTRODUÇÃO

Na atualidade, temas como biotecnologia, clonagem, organismos transgênicos, já fazem parte do cotidiano. Acompanhar as informações que a mídia transmite para a comunidade sobre determinados assuntos científicos não significa conhecê-los do ponto de vista conceitual. É nesse sentido que a escola precisa criar espaços interativos para que os estudantes possam se apropriar de forma ativa desses conceitos, assegurando uma aprendizagem significativa. Para Piaget (1988), uma apropriação ativa implica um esforço, uma dialética, requer um trabalho pedagógico planejado contínuo e alinhado a toda a escolarização. Segundo os Parâmetros Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), uma educação em ciência e tecnologia de qualidade deverá formar “indivíduos sensíveis e solidários, cidadãos conscientes dos processos e

---

<sup>1</sup> Doutor em Biologia Celular e Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS, jerrypa@uesb

<sup>2</sup> Doutor em administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS, rjpadm@hotmail.com

regularidades de mundo e da vida, capazes assim de realizar ações práticas, de fazer juízos e de tomar decisões” (BRASIL, 1999, p. 44).

A partir das constatações acima, nota-se que, na atualidade, uma Educação em Ciência e tecnologia passa a ser fundamental na vida dos indivíduos. Diante desta necessidade, algumas propostas para melhoria da qualidade do ensino e do ensino de ciências, têm sido defendidas em documentos referência como: Conferência Nacional de Educação (MEC, 2009); Comissão Internacional sobre Educação para século XXI, que elaborou relatório publicado com título Educação : um tesouro a se descobrir (DELORS, 1998), Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999), *Science for All Americans – Projeto 2061* (AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE, 1989) e *Beyond 2000: science education for the future* (MILLAR; OSBORNE, 1998).

Apesar das recomendações destes documentos, os estudantes de escolas brasileiras ainda têm apresentado um baixo desempenho em avaliações nacionais<sup>3</sup> e internacionais<sup>4</sup>, como o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e o Programa Internacional de Avaliações de Estudantes (Pisa), respectivamente. Por exemplo, no ENEM de 2019, a média geral caiu em matemática, linguagens, ciências humanas e da natureza, comparado com 2018. (INEP, 2019). Já na avaliação do Pisa, em 2018, o Brasil apresentou baixa proficiência em leitura, matemática e ciências, quando comparado com os 78% dos países que participaram da avaliação. (ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2018; INEP, 2018).

Por isso, discutir tais conhecimentos sobre o ensino de Ciências é de fundamental importância para que o aluno possa apropriar-se de forma significativa destes e, com isso, ampliar sua compreensão dos processos científicos e tecnológicos, para poder se posicionar de forma autônoma e crítica na sociedade. É neste sentido que esta pesquisa procura trazer uma contribuição para o ensino de Ciências, pois, ao demonstrar as etapas que conduzem a níveis mais complexos de conceituação, estamos fornecendo subsídios para que o professor o utilize no trabalho pedagógico planejado, visto que os significados de biotecnologia que os sujeitos estão construindo e sistematizando durante a trajetória escolar podem não estar constituindo-se

---

<sup>3</sup> Enem – Exame Nacional do Ensino Médio. O Enem é uma prova realizada pelo Ministério da Educação do Brasil. Ela é utilizada para avaliar a qualidade do ensino médio no país e seu resultado serve para acesso ao ensino superior em universidades públicas brasileiras através do SiSU - Sistema de Seleção Unificada. (BRASIL, 1999).

<sup>4</sup> PISA – Programa Internacional de Avaliações de Estudantes. O Pisa é um projeto comparativo de avaliação, desenvolvido pela OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico), destinado à avaliação de estudantes de 15 (quinze) anos de idade, fase em que, na maioria dos países, os jovens terminaram ou estão terminando a escolaridade mínima obrigatória. Um traço característico do Pisa é sua vocação integradora, já que se baseia na colaboração dos países participantes e é dirigido de maneira conjunta a partir de interesses comuns (OCDE, 2018).

naqueles que seriam necessários. Nossas pesquisas têm demonstrado que cada um destes níveis pode oferecer de diferentes formas, resistência ao conhecimento de biotecnologia. É função de o professor desenvolver mecanismos pedagógicos para superá-la.

Entretanto, os resultados que serão discutidos neste artigo referem-se, ao segundo e terceiro momento da pesquisa, e, remetem-se a uma análise qualitativa das produções de 12 sujeitos a partir de mapas conceituais e filmagens<sup>5</sup>, focalizando as classificações conceituais com base nas relações entre biotecnologia, organismos transgênicos e clonagem.

A análise destas produções está focada na tomada de consciência tendo como referencial teórico a Epistemologia Genética. A tomada de consciência teorizada por Piaget (1978a, b), refere-se a um processo lento e laborioso de conceituação (reflexão), que pressupõem uma verdadeira construção do sujeito, e não uma elaboração de uma consciência totalitária, mas de seus diferentes níveis, com sistemas de implicações que variam do mais simples aos mais complexos. Nessa construção é preciso superar os erros e resistências (PIAGET, 1978a, b).

Diante das considerações acima, este trabalho teve como objetivo acompanhar a tomada de consciência de graduandos, em seu processo de construção das relações entre organismos transgênicos, biotecnologia e clonagem nas disciplinas básicas de Biologia em uma universidade pública no sudoeste da Bahia. Os objetivos específicos foram: a) distinguir as representações elaboradas pelos sujeitos durante o semestre; b) identificar os níveis de compreensão dos sujeitos na construção das relações entre organismos transgênicos, biotecnologia e clonagem nas disciplinas básicas de Biologia em uma universidade pública no sudoeste da Bahia.

## **METODOLOGIA**

Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa (PIOVESAN; TEMPORINI, 1995; CLEMENTE, 2007; COLLIS; HUSSEY, 2005; GIL, 1999) A coleta dos dados ocorreu durante disciplinas básicas de primeiro semestre, numa universidade pública no sudoeste da Bahia. No desenvolvimento deste projeto, elaboramos uma proposta pedagógica.

### **Proposta pedagógica**

Na organização e planejamentos das atividades, procuramos criar um ambiente participativo, de confiança e respeito mútuo, onde acompanhamos o pensamento dos sujeitos, com intervenções sistemática, elaborando sempre novos questionamentos a partir das respostas

---

<sup>5</sup> Em relação as filmagens, vamos transcrever as formulações dos sujeitos, optamos por não usar imagens.

destes e, avaliando a qualidade, abrangência e consistência desta, proporcionando tomadas de consciência sucessivas.

Os trabalhos em sala de aula valorizaram discussão dos textos previamente lidos, e, discussões dos mapas conceituais. O diálogo foi valorizado neste contexto, pois a socialização do pensamento é uma condição imprescindível para tomada de consciência, e, uma condição fundamental na construção dos conceitos acerca da temática. Procuramos valorizar os pré-conceitos, e, após cada atividade, refletimos sobre nossa prática.

Após análise dos primeiros mapas e questionário<sup>6</sup> resolvemos trabalhar com textos de linguagem acessível. Partimos para autores como Aragão (2003), Veiga (2007) etc., privilegiando: a) aspectos históricos; b) os organismos transgênicos; c) melhoramento de plantas e animais; d) tecnologia do DNA recombinante; e) clonagem.

Essas temáticas foram trabalhadas em oito encontros — cinco para debates dos textos acerca da temática Biotecnologia e três para confecção dos mapas conceituais. Para cada encontro, foi programada uma carga horária de duas horas — no total de 16 horas<sup>7</sup>.

Os instrumentos de coleta foram: a construção de mapas conceituais, com uso do *Cmap Tools* e filmagens. A utilização de mapas conceituais como instrumento nesta pesquisa segue os pressupostos da Epistemologia Genética, que enfatiza que as conceituações têm sua origem por processos contínuos, e não pré-determinado, de transformação dos sistemas de significação e lógicos dos sujeitos via regulações e coordenações sucessivas ativadas por desequilíbrios deste sistema (ANDRADE, 2016).

O objetivo da gravação em vídeo é apoiar a análise dos mapas conceituais no intuito de acompanhar os processos de tomada de consciência. Entretanto não serão utilizadas as imagens, na pesquisa, por questões de cuidados éticas<sup>8</sup>, serão apenas transcritas as formulações dos sujeitos na filmagem.

---

<sup>6</sup> Esses resultados foram publicados no IV CONEDU. (ANDRADE, J. A. P.; PAULA, R. J., 2017)

<sup>7</sup> No primeiro encontro, os alunos preencheram um questionário sobre biotecnologia e receberam instrução para confecção dos mapas conceituais<sup>7</sup>. Posteriormente, foram conduzidos ao laboratório e construíram o primeiro mapa conceitual, procurando relacionar biotecnologia, transgênico e clonagem, utilizando o *software Cmap Tolls*. No segundo, foram debatidos os seguintes textos: a) das ervilhas às moléculas da vida (capítulo 1), e plantas para a civilização (capítulo 3) do livro ‘Organismos transgênicos’ — explicando e discutindo a tecnologia de Aragão (2003). Já no terceiro, houve discussão de todo o livro de Pereira (2002) acerca de clonagem. No quarto encontro, discussão do primeiro mapa conceitual e reestruturação do mesmo - confecção de um segundo mapa conceitual. No quinto encontro, foram discutidos os seguintes textos: a) alguns conceitos básicos de biologia molecular (capítulo 2) do livro ‘Cultivos e alimentos transgênicos’ de Reicmann (2002); b) a engenharia do DNA (capítulo 2) e os organismos transgênicos (capítulo 4), do livro ‘Organismos transgênicos’ — explicando e discutindo a tecnologia de Aragão (2003). No sexto encontro, foram debatidos os seguintes textos: a) bem-vindo ao mundo da controvérsia; b) chega de manipulação, extraído do livro ‘Transgênicos: sementes da discórdia’, organizado por José Eli da Veiga. No sétimo encontro, houve a discussão do segundo mapa e reestruturação do mesmo - confecção de um terceiro mapa conceitual. Por fim, no oitavo encontro, houve uma discussão geral e um jogo de simulação - Rolly play.

<sup>8</sup> Em relação as questões éticas nesta pesquisa, vale ressaltar que os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e, o termo de autorização para o uso de imagens e depoimentos.

Os sujeitos da pesquisa foram 12 alunos (A4FM<sup>9</sup>, A5FM, A6FM, A9FM, A10FM e A13FM, A25FM, A31FM, A33FM, A39FM, A42FM e A46FM) escolhidos aleatoriamente, de uma amostragem de 46. Gostaríamos também de ressaltar que essa análise é sincrônica, ou seja, serão acompanhados os mesmos sujeitos e suas produções durante os três momentos na categoria Implicação Significante <sup>10</sup>(PIAGET; GARCIA, 1988).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### I momento

Os resultados referentes ao primeiro momento da pesquisa foram publicados no IV CONEDU, sob o título de: representações pré-conceituais de biotecnologia, transgênicos e clonagem e suas relações em alunos recém-ingresso nos cursos de saúde em uma universidade pública da Bahia (ANDRADE, J. A. P; PAULA, R. J, 2017). Em síntese, o nível um de compreensão dos sujeitos, estão resumidos na Tabela

**Tabela 1:** Níveis de compreensão do sujeito/categoria, no primeiro momento da pesquisa, sobre a relação entre biotecnologia, transgênico e clonagem.

SUJEITOS/ NÍVEIS/	CATEGORIA: IMPLICAÇÃO SIGNIFICANTE / IMPLICAÇÃO ENTRE BIOTECNOLOGIA TRANSGÊNICOS E COLNAGEM
<b>Nível I</b>	<b>Implicações locais (regulações e coordenações locais)</b>
A4FM1; A5FM1;	Ausência de tomada de consciência entre biotecnologia, transgênico e clonagem
A6FM1; A9FM1;	Em relação à Biotecnologia, tanto nas respostas do questionário, quanto na construção dos mapas conceituais, os estudantes a definem por simples dissociação da palavra, considerando-a uma ciência atual e sinônima de Engenharia Genética. Em relação à sua aplicabilidade, esta se volta ao melhoramento de alimentos e à saúde humana — ainda que os únicos exemplos citados se restrinjam à insulina transgênica
A10FM; A13FM;	Já em relação a transgênicos, observa-se que o seu significado é sinônimo de OGMs e restringe-se a plantas e alimentos geneticamente modificados, tais como soja, milho e tomate.
A25FM1; A31FM1;	Quanto à clonagem, esta se restringe a uma técnica artificial responsável pela criação da ovelha Dolly. Assim, os estudantes não conseguem diferenciar os diferentes tipos de clonagem (natural, artificial, reprodutiva, terapêutica etc.)
A33FM1; A39FM1,	
A42FM; A46FM.	

Fonte: elaborado pelos autores.

### II Momento

<sup>9</sup> A4FM, A4 significa aluno quatro, F significa filmagem e M significa mapa conceitual. Também 1, 2 ou 3, significa primeiro momento, segundo momento e terceiro momento. Assim, A4FM1, significa aluno quatro filmagem e mapa, no primeiro momento, ou A4FM2, significa aluno quatro, filmagem e mapa conceitual do segundo momento, o que equivale ao mapa dois do segundo momento.

<sup>10</sup>Que é um tipo de relação lógica elementar que constitui fragmentos de estruturas, ou seja, ideias não coordenadas conjuntamente. Encontramos três níveis de implicações descritos pelos autores: no primeiro, as implicações são denominadas de locais; nelas, a significação das ações é determinada por seus resultados constatados, sendo que as implicações desse tipo permanecem relativas a dados limitados e a contextos particulares. No segundo nível, as implicações são denominadas de sistêmicas. As implicações deste tipo se inserem em um sistema de relações compreendidas etapa por etapa, indicando-se assim os juízos sobre o que é possível. No terceiro nível, as implicações são denominadas de estruturais, pois se referem às composições internas das estruturas já construídas – existe uma compreensão endógena das razões, na qual as relações gerais se tornam necessárias. (PIAGET; GARCIA, 1988)

Nesse segundo momento, constatamos regulações e coordenações sistêmicas, o que implica em um avanço na compreensão do significado de biotecnologia e suas interconexões com clonagem e organismos transgênicos. Essas novas relações são descobertas de forma lenta e laboriosa e conduzem à tomada de consciência da relação entre biotecnologia e clonagem e, biotecnologia e organismos transgênicos.

## **Biotecnologia e clonagem**

Observa-se nas formulações verbais dos sujeitos abaixo, um início de diferenciação do conceito de biotecnologia. Vejamos os exemplos, a seguir:

[...] esse melhoramento ficou mais eficiente com o surgimento dos transgênicos, um dos primeiros exemplos de sucesso de um produto da engenharia genética foi a produção de insulina humana em microrganismos transgênicos, com isso, milhões de pessoas que sofrem de diabetes e necessitam de insulina frequentemente foram beneficiadas. [...] interferem produzidos por bactérias transgênicas e utilizada no combate a doenças como hepatite[...] (aluno 9FM2).

[...] a biotecnologia seria o uso de seres vivos para produção de bens e serviços [...] o uso de bactérias transgênicas para produzir insulina humana ou plantas transgênicas com características melhoradas, com frutos mais saborosos e mais nutrientes [...] a clonagem por bissecção embrionária para melhoramento animal porque permite produzir de maneira ampla animais de qualidade superior, esses apresentam maior capacidade produtiva e reprodutiva.[...] cultura de tecidos e enxertia, são técnicas de clonagem vegetal, que permitem propagação de vegetais com características de interesse [...] por exemplo, vinhos produzidos em Portugal provém da enxertia entre duas variedades de videiras para combater a epidemia causada por um tipo de fungo (aluno 25FM2).

[...] biotecnologia utiliza seres vivos para produção de bens e serviços como o cruzamento de espécies diferentes e afins [...] o melhoramento de plantas que permite o cruzamento entre espécies diferentes, também nos casos de animais [...] mulas e jumentos derivam do cruzamento entre cavalos e burros [...] seu uso na produção de pão e ferragens para animais [...] bactérias transgênicas para produzir insulina humana, ou plantas transgênicas com características melhoradas com frutos mais saborosos e com mais nutrientes (aluno 42FM2).

Conforme constatado nas formulações verbais dos alunos 9FM2, 25FM2 e 42FM2 e demais pesquisados: A4FM1, A5FM1, A6FM1, A10FM, A13FM, A31FM1, A33FM1, A39FM1, A46FM, biotecnologia não é mais definida a partir de uma simples dissociação da palavra, ou seja, já existe uma tomada de consciência que perpassa literalmente pela compreensão que a biotecnologia utiliza organismos vivos ou partes deles na produção de bens e serviços. Os alunos enquadram um conjunto de atividades biotecnológicas: a produção de alimentos e bebidas fermentadas (pão, vinho, iogurte, cerveja e outros), o melhoramento vegetal (árvores frutíferas mais produtivas), o melhoramento animal (animais mais produtivos: leite, carne, ovos), a clonagem com intuito de propagação de vegetais com características desejáveis.

Também destacam que o desenvolvimento científico e tecnológico permitiu que várias

destas tecnologias evoluíssem, e que os produtos da engenharia genética (insulina humana, inetrferom, etc.) garantem uma melhor qualidade de vida para os seres humanos.

Essa tomada de consciência acerca do significado de biotecnologia e sua relação com a clonagem, perpassa por um início de conceituação dos diferentes tipos de tecnologias de clonagem (bisseccção embrionária, cultura de tecido, enxertia etc.), utilizadas para melhoramento animal e melhoramento vegetal, com objetivo de propagar características desejáveis. Percebem-se o emergir de explicações diante de questionamentos: mas o que tem a ver a clonagem com a biotecnologia? Quais as técnicas utilizadas na clonagem? Por que clonar? O que é bissecção embrionária? Vejamos algumas explicações:

A bipartição de embriões é uma técnica utilizada artificialmente que imita um fenômeno natural, no caso imita os gêmeos univitelinos [...] pega-se a célula do embrião em estágio inicial [...] e são separadas sob o microscópico com auxílio de uma lâmina finíssima. Essa separação gera dois a quatro embriões geneticamente idênticos [...] depois esses embriões são implantados no útero e assim nascem os clones que serão cópias idênticas [...] (aluno 5FM2).

[...] temos seleção de seres vivos mais resistentes ainda [...] é utilizada na agricultura para gerar cópia de seres com características interessantes, como uma árvore que produz frutos mais saborosos, ou que tenha a madeira de qualidade superior, ou também, vacas que produzam muita carne e leite, aumentando a produtividade o que implica em lucros para indústria, no texto de Lygia, ela comenta que a clonagem também desperta curiosidade científica (aluno 39FM2)

Nas formulações verbais do aluno 5FM2 e 39FM2, eles enfatizam que as técnicas de clonagem por bipartição embrionária apresentam vantagens e desvantagens, inserindo-a dentro de um contexto biotecnológico. Também são discutidas as técnicas de clonagem em plantas, como: cultura de tecidos, enxertia, mergulhia, estaquia. Assim, diante dos questionamentos: O que é cultura de tecidos? Alguém poderia descrever as diferenças e semelhanças entre enxertia, estaquia e mergulhia? O que tem a ver essas técnicas de propagação vegetal com a biotecnologia? Vejamos as respostas dos sujeitos a seguir:

[...] a biotecnologia é muito ampla, em plantas vem sendo usada há muito tempo, como as técnicas de enxertia, mergulhia, estaquia. A cultura de tecidos é um avanço em relação à clonagem de plantas [...] nela a célula é multiplicada no laboratório formando uma massa de células chamada calus, que é tratado com hormônios fazendo que este se desenvolva em partes das plantas, como raízes, caules ou folhas, que depois se origina uma planta completa. Essa clonagem permite criar florestas de eucalipto de qualidade superior que representa um potencial econômico importante (aluno 6FM2).

[...] clonagem induzida artificialmente é também aplicada na agricultura para propagação de características desejáveis, são técnicas como enxertia, estaquia, mergulhia ou cultura de tecidos [...] a maior vantagem da clonagem está nos vegetais, mas se por um lado a clonagem aumenta produtividade e qualidade dos produtos, por outro, quando alguma praga ataca as plantações se uma planta é susceptível todas serão [...] Em relação ao avanço das técnicas de clonagem em plantas temos a cultura de tecido, que

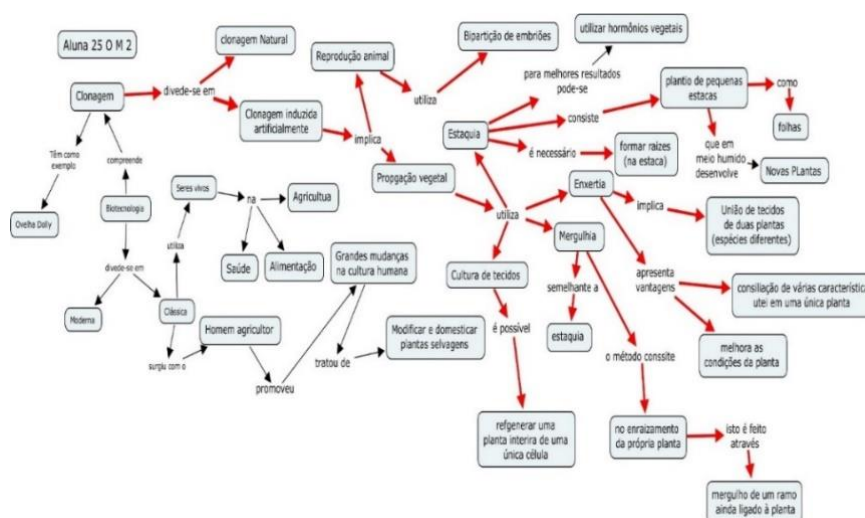
é uma técnica da biotecnologia moderna e as técnicas de enxertia, mergulhia e estaquia são técnicas tradicionais usadas a bastante tempo (aluno 46FM2)

[...] a mergulhia é um tipo de reprodução assexuada de plantas semelhante à estaquia, só que na estaquia você retira pedaços da planta que pode ser do caule, folha ou raiz e deixa num ambiente úmido ou até mesmo dentro da água para que ocorra o enraizamento. Já na mergulhia [...] enterramento de um ramo ainda ligado à planta, aí ocorre o enraizamento. [...] enxertia que é diferente porque nessa técnica você utiliza geralmente duas plantas de espécie diferente passando a formar uma planta com duas partes, o enxerto (garfo ou cavaleiro), e o porta-enxerto (cavalo), que a parte de baixo (aluno 25FM2).

As formulações verbais dos alunos 6FM2, 25FM2 e 46FM2, constituem-se em um sistema de relações onde são enfatizadas as diferentes técnicas de clonagem, vantagens e desvantagens, semelhanças e diferenças, inserindo-as dentro de um contexto biotecnológico. Por exemplo, a clonagem pode ser obtida por um conjunto de técnica que permite o melhoramento animal e a propagação vegetais, tais como: bipartições de embriões, enxertia, estaquia, mergulhia, cultura de tecidos. Essas técnicas são utilizadas pela biotecnologia para reprodução de animais e vegetais que apresentam características almejaváveis, o que representa um potencial econômico importante.

Essas implicações que permitem regulações e coordenações sistêmicas entre biotecnologia e clonagem, são encontradas na construção dos mapas. Vejamos um exemplo:

Biotecnologia compreende clonagem divide-se em clonagem induzida artificialmente implica e clonagem natural. A clonagem induzida artificialmente implica reprodução animal e propagação vegetal. A reprodução animal utiliza bipartições de embriões. A propagação vegetal utiliza cultura de tecidos, enxertia, mergulhia e estaquia (aluno 25FM2- ver setas vermelhas Figura 1).



**Figura 1** - Recorte de parte do mapa conceitual construídos no segundo momento da pesquisa, pelo aluno 25FM2

**Fonte:** Elaborado pelo aluno 25FM2



Mas estas inferências, descritas, não são suficientes para alcançar as ligações necessárias que unem os conceitos biotecnologia, organismos transgênicos e clonagem. Assim, os alunos 6FM2, 25FM2 e 46FM2 e demais pesquisados: 4FM2, 5FM2, 9FM2, 10FM2, 13FM2, 31FM2, 33FM2, 39FM2, 42FM2<sup>11</sup>, já admitem que existem diferentes técnicas de clonagem utilizadas pela biotecnologia para propagação de características desejáveis, que possam se converter em produtos economicamente viáveis. Assim, ao tentar coordenar biotecnologia e clonagem, o sujeito avança progressivamente. As implicações das implicações, estabelecidas nos mapas conceituais, enquadram-se em um sistema de relações, onde as explicações dos sujeitos emergem, e são produto de regulações e coordenações. Apesar dos avanços, eles ainda não encontram as razões que conduzem à tomada de consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e organismos transgênicos.

Desse modo, na confecção do segundo mapa conceitual, os alunos avançam em extensão e compreensão. Em extensão, porque os números de implicações de implicações aumentam significativamente, conduzindo à quantificação: “Biotecnologia utiliza clonagem que pode ser aplicada em todos os seres vivos como na propagação de características úteis de animal, vegetal e de microrganismos” (aluno 46FM2). Em compreensão, porque, ao caracterizar cada conceito, por exemplo: “Bipartição implica separação de embrião ao meio. Bipartição utiliza microscópico. Bipartição utiliza lâmina finíssima par cortar o embrião etc.” (aluno 9FM2), o aluno passa a coordená-los entre si o que implica em afirmações, comparações (semelhanças e diferenças) e negações, conduzindo a encaixamentos<sup>12</sup>.

## **Biotecnologia e organismos transgênicos**

Em relação aos avanços na conceituação de organismos transgênicos e sua aplicabilidade, durante as discussões, elaboramos os seguintes questionamentos: mas, afinal, o que define um organismo transgênico? Organismo transgênico e OGMs é a mesma coisa? A

---

<sup>11</sup> Entretanto, observamos que o sujeito 33FM2, além de descrever as técnicas de transferência nuclear e microinjeção utilizadas pela biotecnologia para propagação de características desejáveis, também é capaz de conceituar clonagem terapêutica e clonagem reprodutiva, inserindo todos esses conceitos num contexto organizacional de complexidade superior, quando comparados aos mesmos mapas neste segundo momento da pesquisa. Mas, ainda não consegue coordenar os novos conceitos inseridos, de tal forma que chegue à tomada de consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. Por exemplo, ele não consegue coordenar os conceitos de transferência nuclear com o de microinjeção, e tomar consciência de que essa junção permite a obtenção de animais transgênicos e clonados, que são utilizados como biorreatores, como no caso da ovelha Polly.

<sup>12</sup> Por exemplo, a compreensão das técnicas de cultura de tecidos, bipartições de embriões e enxertia permite que sejam encaixadas em clonagem induzida artificialmente que, por sua vez, encaixa em clonagem, que encaixa em biotecnologia, pois clonagem consiste em técnicas utilizadas pela biotecnologia. Assim, o aumento no número de implicações, as quantificações da extensão, comparações e negações permitem uma melhora na conceituação de biotecnologia.

transgenia é uma técnica que pode ser aplicada em qualquer ser vivo? Qual sua importância para vida do homem? Vejamos os exemplos: “um ser que teve a inserção de gene de outra espécie. Sim, a transgenia pode ser aplicada em todos os seres vivos plantas animais e microrganismos devido à universalidade do código genético, por isso, a transgenia é uma técnica que pode ser aplicada em todos os seres vivos” (aluno 33FM2). Ou também:

[...] transgênico é um microrganismo, planta ou animal que teve em seu genoma a inserção de um gene de outro ser vivo [...] através da manipulação dos genes pode-se produzir além de plantas geneticamente modificadas para o setor agrícola, animais transgênicos, como ratos que serve como modelo para estudo em laboratório, suínos produtores de hemoglobina humana, caprino produtor de droga anticâncer, eucaliptos com mais produção de celulose para o melhor processamento na indústria. (aluno 25FM2).

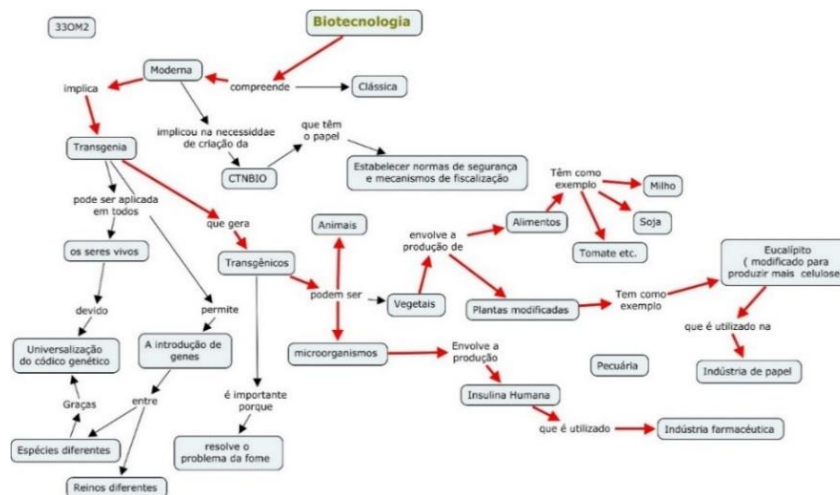
[...] utilização no meio ambiente e produção industrial [...] no meio ambiente com limpeza ambiental, como bactérias que comem petróleo [...] bactérias modificadas na produção de fármacos, como insulina, vacinas, antibióticos, vitaminas, o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos transgênicos com objetivo de melhorar a produtividade das plantas (aluno 31FM2).

Pode-se constatar, nas formulações verbais dos alunos 33OFM2, 25FM2, 31FM2, e demais pesquisados (4FM2, 5FM2, 6FM2, 9FM2, 10FM2 e 13FM2, 39FM2, 42FM2 e 46FM2), regulações e coordenais sistêmicas, o que implica um início de conceituação de organismos transgênicos, ou seja, organismos transgênico é um microrganismo, planta ou animal que teve em seu genoma a inserção de um gene de outro ser vivo, cuja aplicabilidade volta-se a diversos setores da sociedade (agroalimentar, indústria, medicina etc.).

Ao mesmo tempo em que eles estão regulando o conceito de organismos transgênico, eles ampliam a sua compreensão acerca da aplicabilidade e começam a diferenciar as técnicas de engenharia genética dos melhoramentos genéticos tradicionais. Vejamos a seguir: “Vocês estão falando da biotecnologia moderna, mas também tem o melhoramento genético clássico, onde através da seleção de plantas e animais de interesse se seleciona características de interesse” (aluno 13FM2).

Nos mapas conceituais, há um início de diferenciação da biotecnologia em clássica e moderna e também uma coordenação entre biotecnologia e organismos transgênicos. Vejamos um exemplo a seguir:

Biотecnologia compreende moderna e clássica. Moderna implica transgenia que geram transgênicos podem ser animais, microrganismos e vegetais. Vegetais que envolvem alimentos e plantas modificadas. Plantas modificadas como eucalipto (modificado para produzir mais celulose) que é utilizado na indústria do papel (aluno 33FM2 – ver Figura 2 - setas vermelhas).



**Figura 2** - Recorte de parte do mapa conceitual construídos no segundo momento da pesquisa, pelo aluno 33FM2

**Fonte:** Elaborado pelo aluno 33FM2

Desse modo, na confecção do segundo mapa conceitual, os alunos avançam em extensão e compreensão. Em extensão, porque o número de implicações de implicações aumenta, conduzindo a quantificação: “Transgênicos podem ser microrganismos, plantas e animais (4FM2, 10FM2, 13FM2, 33OM2, 39OM2, 42FM2 e 46FM2); ou também: “A transgenia pode ser aplicada a todos os seres vivos graças à universalidade do código genético” (6FM2, 9FM2, 25FM2, 31FM2); “ transgênicos implica transgenia que pode ser aplicado a todos os seres vivos” (5FM2). Em compreensão, porque, ao caracterizar cada conceito, eles passam a coordená-los entre si, o que conduz a encaixamentos, criando níveis hierárquicos. Por exemplo, a compreensão que a técnica de transgenia é utilizada pela biotecnologia moderna permite que os transgênicos sejam encaixados em engenharia genética, e esta, em biotecnologia moderna, e esta, em biotecnologia (4FM2, 5FM2, 6FM2, 9FM2, 10FM2, 13FM2, 25FM2, 31FM2, 33FM2, 39FM2, 42FM2 e 46FM2).

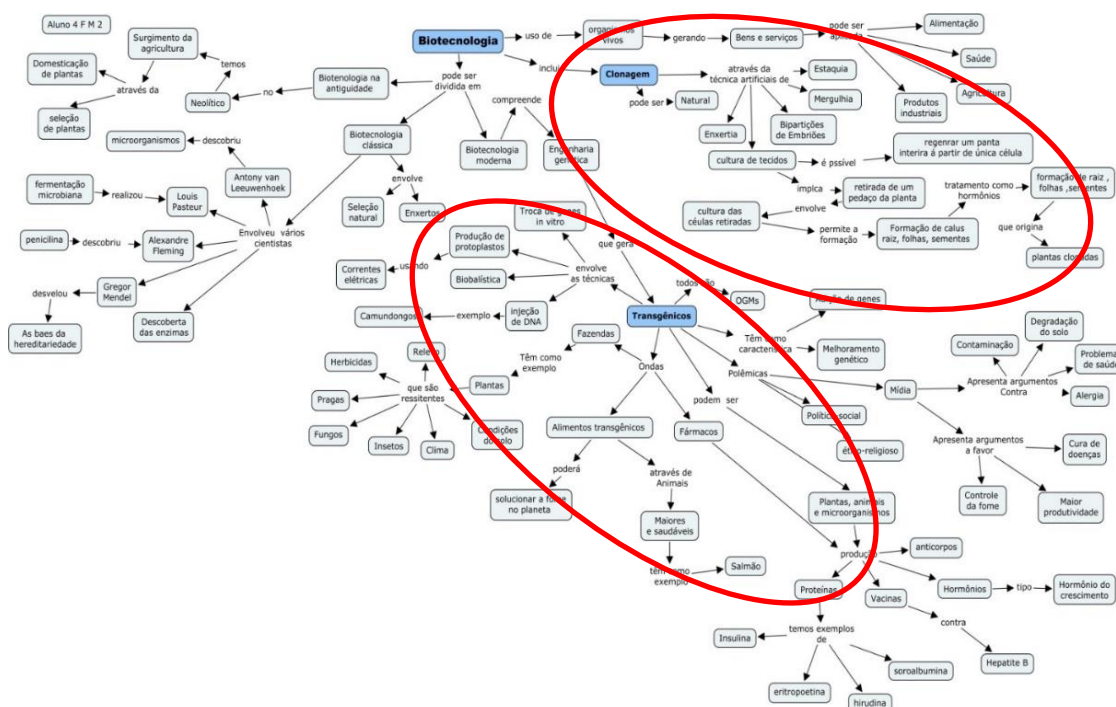
Assim, o aumento no número de implicações, as quantificações da extensão, comparações e negações permite a tomada de consciência da relação entre biotecnologia e organismos transgênicos. Apesar dos avanços, nos mapas dos alunos: 9FM2, 10FM2, 13FM2, 42FM2 e 46FM2, ainda aparece OGMs como sinônimo de organismos transgênicos<sup>13</sup>. Mas apenas os alunos: 4FM2, 5FM2, 6FM2, 25FM2, 31FM2, 33FM2 e 39FM2, chegaram a uma quantificação positiva<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> Apesar de já terem avançados na conceituação de transgênicos ao considerar como animais, plantas e microrganismos, o que implica uma dimensão generalizadora.

<sup>14</sup> Ao admitirem que todos os transgênicos são OGMs.

Em relação a clonagem, nos mapas conceituais dos alunos: 4FM2, 5FM2, 6FM, 10FM2, 13FM2, 25FM2, 29FM2, 23FM2, 33FM2, 39FM2, 42FM2 e 46FM2, pode-se identificar uma diferenciação em clonagem natural e induzida artificialmente, bem como diferenciam esta última em: cultura de tecidos, enxertia, mergulhia, estaquia e bipartições de embriões, inserindo-as num contexto das biotecnologias tradicionais e moderna. Mas, ainda, não conseguem diferenciar clonagem terapêutica de reprodutiva (com exceção do aluno 33FM2) e não compreendem o conceito de clonagem molecular.

Apesar dos avanços, os alunos ainda não são capazes da tomada de consciência da relação entre clonagem e transgênicos - ver círculos vermelhos Figura 3. Desse modo, há incoordenação entre os mesmos, o que implica dizer que para o modelo  $(x \sim y) \vee (\sim xy)$ , a parte comum  $xy$  não tem relação com as outras duas. A intersecção  $xy$  não é compreendida em absoluto.



**Figura 3** - Mapa conceitual construído no segundo momento da pesquisa, pelos alunos 4FM2  
**Fonte:** Elaborado pelo aluno 4FM2

Por fim, diante dos dados analisados é inegável que os alunos estão atribuindo significado aos textos trabalhados em sala de aula, coordenando-os com os conhecimentos prévios. E, para Piaget (1988), atribuir significações aos objetos consiste em interpretá-los, que é para o autor uma conduta complexa de base inferencial.

### III Momento

Neste terceiro momento da pesquisa, podem-se constatar regulações e coordenações multifatoriais ou pluridimensionais. Essas novas relações são descobertas de forma lenta e laboriosa e conduzem à tomada de consciência da relação entre biotecnologia e clonagem, e biotecnologia e organismos transgênicos.

### **Biotecnologia e clonagem**

Observa-se nas formulações verbais dos sujeitos 9FM3 e 33FM3 um início de diferenciação entre clonagem reprodutiva e clonagem terapêutica. Essas explicações emergiram diante dos questionamentos: qual a diferença entre clonagem reprodutiva e terapêutica? Quais os benefícios da clonagem terapêutica?

[...] eu acho que os estágios iniciais são parecidos à clonagem reprodutiva, mas diferem no fato dos blastocistos não serem implantados, no útero, ele é manipulado no laboratório para produção de células a fim de produzir tecidos ou órgãos para transplantes que beneficiem portadores de Parkinson, Alzheimer, vítimas de AVC, patologias cardíacas, leucemia, diabetes e lesões na medula (aluno 9FM3).

[...]o processo inicial da clonagem terapêutica é idêntico ao realizado para clonar Dolly, que ocorre por clonagem reprodutiva usando a técnica de transferência nuclear [...] Só que no caso da clonagem terapêutica, o blastocisto não é implantado numa barriga de aluguel ele é utilizado para produzir células-tronco a fim de produzir tecidos ou células para transplantes (aluno 33FM3).

Em complemento, foram discutidas as vantagens e desvantagens da clonagem reprodutiva, onde foi enfatizada a importância da junção das técnicas de microinjeção e transferência nuclear na criação de animais biorreatores. Assim, nas discussões em sala de aula, foram feitos os seguintes questionamentos: a clonagem reprodutiva é viável economicamente na produção de animais geneticamente iguais? Se a clonagem reprodutiva for inviável economicamente, por que continuar clonando? O que vocês acham? Vejamos as formulações verbais do sujeito a seguir:

[...] devido à ineficiência da técnica, pois geram muitos clones defeituosos, não é viável criar rebanhos de animais geneticamente modificados, o principal objetivo da clonagem por transferência nuclear de células somáticas ou embrionárias é a produção de animais clonados e transgênicos para estudos nas universidades e a geração de animais transgênicos que produzam proteínas de interesse comercial, como a ovelha Polly, que apresenta o gene humano F9 responsável pela produção do fator nove da coagulação humana e vital para os hemofílicos. O objetivo aqui, como falou Marcio anteriormente, é a produção de animais como biorreatores, também tem a criação de cabras que produzem em seu leite uma proteína da teia de aranha (aluno 6FM3).

Ainda foram discutidas mais detalhadamente as técnicas de transferência nuclear e microinjeção. Vejamos os questionamentos a seguir: como ocorre o processo de transferência nuclear? Como vocês entendem a importância da clonagem num contexto biotecnológico? Vejamos as formulações verbais dos sujeitos a seguir:

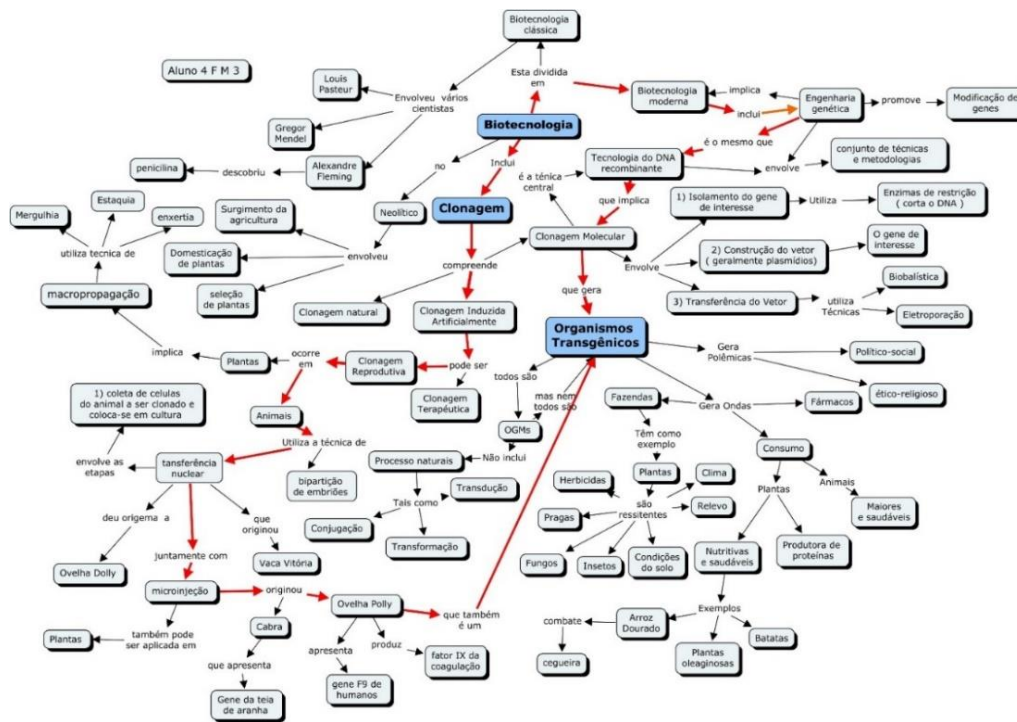
[...] uma célula é retirada de uma vaca e é injetado gene da insulina, esse gene então é incorporado ao DNA e, então, temos uma célula transgênica, essa técnica é chamada de microinjeção, em seguida, utiliza-se a técnica de transferência nuclear, essa célula transgênica, onde ela é fundida com um óvulo vazio por meio de descarga elétrica, em seguida, temos um embrião clonado e transgênico, que é transferido para uma mãe de aluguel gerando um clone que produz no seu leite insulina (aluno 42FM3).

[...] A clonagem terapêutica revolucionará a medicina propiciando tecidos para transplantes. A clonagem molecular permite identificar, isolar e multiplicar genes de organismos criando os transgênicos. A técnica de microinjeção mais a transferência nuclear, permitiram criar animais transgênicos como biorreatores, animais que produzem leite com proteínas de interesse farmacológico como insulina, fator de crescimento, fator de coagulação, como o gene F9 de seres humanos inserido na ovelha Polly (aluno 5FM3).

Essas relações também foram observadas na construção dos mapas conceituais. Assim, o conceito de clonagem se amplia, ao serem discutidas outras técnicas utilizadas pela biotecnologia moderna e clássica, o que permite uma melhor estruturação e organização dos mesmos e suas interconexões com a biotecnologia. Vejamos o exemplo a seguir destas coordenações no mapa conceitual do aluno 4FM3:

Biotecnologia compreende clonagem. Clonagem pode ser natural e induzida artificialmente. A clonagem induzida artificialmente pode ser clonagem terapêutica e clonagem reprodutiva. A clonagem reprodutiva em plantas utiliza técnicas como estaquia, enxertia, mergulhia e cultura de tecidos. A clonagem reprodutiva em animais utiliza técnicas como bipartições de embriões e transferência nuclear (aluna 4FM3 – ver mapa conceitual setas vermelhas).

Conforme constado nos parágrafos anteriores, os alunos já são capazes de apontar as vantagens e desvantagens, estabelecer semelhanças e diferenças entre clonagem reprodutiva e terapêutica. São também capazes de explicar as técnicas de transferência nuclear e clonagem molecular. Na medida em que essas novas informações são coordenadas entre si, observa-se, transformações nos mapas conceituais, onde os sujeitos baixam e sobem as setas, explorando de forma mais rica as relações entre os conceitos (Figura 4 - setas vermelhas).



**Figura 4** - Recorte de parte de mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa, pelo aluno 4FM3

**Fonte:** Elaborado pelo aluno 4FM3.

Devido a essas transformações, os mapas conceituais dos alunos: 4FM3, 5FM3, 6FM3, 9FM3, 10FM3, 13FM3, 25FM3, 31FM3, 33FM3, 39FM3, 42FM3, 46FM3, apresenta-se melhor organização e estruturação, neste terceiro momento da pesquisa. Essas modificações ocorrem via assimilações recíprocas dos subsistemas (clonagem terapêutica, clonagem reprodutiva, transferência nuclear, micropropagação, macropropagação) em uma totalidade (clonagem). Desse modo, os mapas tornam-se cada vez mais englobantes e melhor hierarquizados. Vejamos um exemplo desta construção:

Clonagem pode ser dividida em natural e artificial ou induzida artificialmente. A clonagem (artificial) ou induzida artificialmente pode ser aplicada a plantas e animais. Em planta implica micropropagação e macropropagação. A micropropagação utiliza técnicas como cultura de tecido e a macropropagação utiliza técnicas como enxertia, estaquia, mergulhia. Em animais utiliza técnicas como transferência nuclear e bipartições de embriões (aluno 33FM3 – ver Figura 5 setas vermelhas).





como o tomate *Flavr savr*” (aluno 25FM3). A reunião de uma classe oposta engendra uma classe de categoria superior, os OGMs (B) = transgênicos (A) e não-transgênicos (A’): (A.A’) B, de onde B (AVA’). Assim, pode-se constatar, nas formulações verbais dos estudantes 25TM3 e 42TM3, e demais pesquisados (4FM3; 5FM3 6FM3; 9FM3; 10FM3; 13FM3; 31FM3; 33FM3; 39FM3; 46FM3), uma melhor conceituação de organismos transgênicos e suas imbricações com OGMs. Aqui, os pesquisados já conseguem admitir que todos os organismos transgênicos são OGMs, mas nem todo OGMs é um organismo transgênico.

Foram discutidas a clonagem molecular, e as técnicas de Transformação: biobalística, eletroporação e mediada por agrobactéria. Obtivemos as seguintes formulações verbais:

[...] elas clivam sequência específicas de DNA, os cientistas colocam em um tubo de ensaio DNA das células de organismos doador e misturam com a enzima de restrição, que cliva o pedacinho de DNA de interesse em locais específicos[...] esse pedaço é chamado inserto, que é o gene, ele é inserido no corte de um plasmídeo, que é o vetor, em seguida, essas extremidades acabam se ligando, formando um plasmídeo com o gene de interesse dos cientistas, em seguida, ele é introduzido na bactéria, e esse processo é chamado transformação, e essas células são denominadas de transformadas (aluno 13FM3).

[...] são vários as técnicas de transformação para criar transgênicos. A transformação é uma etapa da clonagem molecular e pode ocorrer através de métodos como: biobalística, agrobactéria e eletroporação. A biobalística é uma técnica usada para plantas, onde micropartículas de ouro ou tungstênio recobertas de DNA (genes) são aceleradas e penetram no núcleo inserindo o DNA e aí este DNA vai fazer parte da célula, sendo integrado a seu genoma [...] na transformação por eletroporação [...] é dada uma descarga elétrica, que abre os poros da célula, fazendo o DNA penetrar que, em seguida, se insere ao seu genoma. A partir da célula geneticamente modificada, pode-se usar a técnica de cultura de tecidos e obter uma planta transgênica [...] (aluno 6FM3).

Essas relações também foram observadas na construção dos mapas conceituais dos alunos (4FM3; 5FM3 6FM3; 9FM3; A10FM3; 13FM3; 31FM3; 33FM3; 39FM3; 46FM3). É importante ressaltar, que a conceituação de clonagem molecular pelos alunos permite a intersecção xy entre os conceitos transgênicos e clonagem. Vejamos exemplo destas coordenações: “A biotecnologia moderna inclui a engenharia genética que é o mesmo que tecnologia do DNA recombinante que implica clonagem molecular que gera transgênicos” (aluno 4FM3). Ou também:

Biotecnologia divide-se em moderna e clássica. A biotecnologia moderna implica a engenharia genética que é sinônima de tecnologia do DNA recombinante. A engenharia genética utiliza clonagem do tipo clonagem molecular que produz transgênico. Pode ser animal, tem como exemplo ovelha Polly, que se origina pelas técnicas de microinjeção e transferência nuclear. Microinjeção é uma técnica de transformação (aluno 46FM3 – ver Figura 6 setas vermelhas).



## Nível IIA

A9FM1; A10FM2;  
A13FM2; A42FM2 e  
A46FM2.

A tomada de consciência da relação entre biotecnologia e clonagem e biotecnologia e transgênico.

Em relação a biotecnologia, os sujeitos já são capazes de conceituar para além de uma simples dissociação da palavra, o que permite coordenações e regulações sistêmicas entre clonagem, de um lado, e transgênicos de outro.

Em relação a clonagem, são capazes de diferenciar entre clonagem natural e clonagem induzida artificialmente, bem como diferenciar esta última em: cultura de tecidos, enxertia, mergulhia, estaquia e bipartições de embriões, inserindo-as num contexto das biotecnologias tradicionais e moderna. Mas, ainda, os sujeitos não conseguem diferenciar clonagem terapêutica de reprodutiva e também não compreendem ainda o conceito de clonagem molecular.

Em relação aos transgênicos, já existe um início de conceituação, onde a transgenia situa-se no contexto da engenharia genética e das biotecnologias modernas, eles chegam inclusive a uma dimensão generalizadora da transgenia, pois esta é uma técnica que pode ser aplicada a plantas, animais e microrganismos ou a todos os seres vivos graças a universalidade do código genético.

## Nível IIB

A4FM2; A5FM2;  
A6FM2; A25FM2;  
A3FM2; 39FM2.

Chegaram a uma quantificação positiva ao admitirem que todos os transgênicos são OGMs

## INTERMEDIÁRIO

A33OM2

O sujeito consegue diferenciar clonagem terapêutica de reprodutiva e também não compreendem ainda o conceito de clonagem molecular.

## Nível III

A4FM3; A5FM3  
A6FM3; A9FM3;  
A10FM3; A13FM3;  
A25FM3; A31FM3;  
A33FM3; A39FM3;  
A42FM3; A46FM3.

### IMPLICAÇÕES ESTRUTURAIS (REGULAÇÕES E COORDENAÇÕES MULTIFATORIAIS OU PLURIDIMENSIONAIS)

A tomada de consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. O conceito de transgênicos e suas interconexões com a biotecnologia se ampliam.

Em relação a transgênicos conseguem ter uma melhor conceituação chegando a coordenar ativamente com OGMs, ou seja, chegando a admitir que todos os transgênicos são OGMs, mas nem todos OGMs são transgênicos, porque existe o grupo dos OGMs não transgênicos.

Os sujeitos conseguem coordenar transgênicos num contexto biotecnológico muito maior e os mapas apresentam cada vez mais encaixes hierárquicos.

O conceito de clonagem e suas interconexões com a biotecnologia se ampliam. Os sujeitos conseguem diferenciar ainda mais esse conceito, são capazes de apontar vantagens e desvantagens, estabelecer semelhanças e diferenças entre os diversos tipos de clonagem: terapêutica, reprodutivas, molecular.

A conceituação de clonagem molecular permite a intersecção xy entre os conceitos transgênicos e clonagem, interconectando-os num contexto biotecnológico.

Fonte: elaborado pelos autores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando ao problema da pesquisa: como se diferenciam as representações dos estudantes elaboradas durante o semestre? Os mapas elaborados pelos sujeitos, durante o semestre, foram diferenciados pelos seguintes aspectos: a) informações replicadas de uma só fonte ou mais (mídia ou livro didático ou artigos científicos ou...); b) grau de precisão ou rigor científico da informação e da respectiva fonte; c) relações estabelecidas: de parciais/reprodutivistas a ampliadas e/ou gerais (de mínimas até máximas possíveis). Em relação ao segundo questionamento da pesquisa: Como identificar os níveis de compreensão dos sujeitos, na construção das relações entre transgênicos, biotecnologia e clonagem nas disciplinas básicas de Biologia em uma universidade pública na Bahia? As diferenciações permitiram que as conceituações acerca de Biotecnologia, Clonagem e Transgênicos, fossem

agrupadas a partir das categorias analisadas em três níveis, subníveis e intermediários (ver tabela 1).

A passagem de um nível de conceituação menos elaborado para uma mais elaborada deriva de dois movimentos complementares: um da assimilação (integração) das coisas (informações acerca da temática) às estruturas do sujeito; o outro de acomodações dessas estruturas às próprias coisas (organização das informações, criando significações). Assim, a proposta pedagógica construída e fundamentada pela epistemologia genética, pode servir de orientação para os professores reverem sua prática pedagógica, na medida em que os autores demonstram as etapas que conduzem a níveis mais complexos de conceituação, o mesmo fornece subsídio para que o professor o utilize no trabalho pedagógico planejado. Visto que os significados de biotecnologia que os sujeitos estão construindo e sistematizando durante a trajetória escolar podem não estar constituindo-se naqueles que seriam necessários.

Diante dos dados analisados, pudemos constatar que as significações dos alunos estão inseridas em uma totalidade coordenativa, cuja natureza inferencial é inegável; tratam-se de implicações entre implicações, que fazem emergir as justificativas e explicações, o que nos permite concluir que os alunos estão atribuindo significados aos textos trabalhados em sala de aula, coordenando-os com os conhecimentos prévios. Esses novos mapas conceituais construídos e as formulações verbais dos sujeitos caracterizam-se por uma complexidade e uma organização lógica superior aos anteriores, fundadas em muitas implicações de implicações, que permitem regulações e coordenações multifatoriais e pluridimensionais, onde eles encontram as razões que conduzem à tomada de consciência entre biotecnologia, clonagem e transgênicos.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. A. P de et all. *A tomada de consciência da relação entre organismos transgênicos e organismos geneticamente modificados: aprendizagem significativa entre estudantes de uma universidade pública no sudoeste da Bahia*. RBPEC, porto alegre, v16, n.1, p. 187 -214. 2016.
- ANDRADE, J. A. P; PAULA, R. J. Representações Pré-Conceituais de Biotecnologia, Transgênicos e Clonagem e suas relações em alunos recém-ingressos no Curso de Saúde em uma Universidade Pública da Bahia. In: IV CONEDU – Congresso Nacional de Educação, 2017, João Pessoa. IV CONEDU – Congresso Nacional de Educação, 2017.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. *Science for all americans: a Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology*. Washington: Oxford Paperbacks, 1989.
- ARAGÃO, F. J. L. *Organismos transgênicos: explicando e discutindo a tecnologia*. Barueri: Manole, 2003.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: SEMT, 1999.
- BRÜGGEMANN, O. M.; PARPINELLI, M. A. Utilizando as abordagens quantitativa e qualitativa na produção do conhecimento. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 563-

568, set. 2008.

DELORS, J. et al. *Educação um tesouro a descobrir*: relatório para a UNESCO da comissão internacional sobre educação para o século XXI. 10. ed. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2006.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Learning for tomorrow's world: first results from PISA 2018*. Paris, 2018. Disponível em: <https://www.oecd.org/education/pisa-2018-results-volume-iv-48ebd1ba-en.htm> Acesso em: 21 jun. 2020.

\_\_\_\_\_. *PISA 2018 results: what students know and can do: student performance in reading, mathematics and science*. Paris, 2018. Disponível em: <https://www.oecd.org/education/pisa-2018-results-volume-iv-48ebd1ba-en.htm>. Acesso em: 21 jun. 2020.

INEP, 2018 resultados: revela baixo desempenho escolar em leitura, matemática e ciências no Brasil. Disponível em: [ortal.inep.gov.br/artigo/-/asset\\_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206](http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206). Acesso, 21 jun.2020.

PEREIRA, L. V. *Clonagem da Ovelha Dolly às células tronco*. 2. ed. São Paulo: Moderna,

PIAGET, J. *Fazer e compreender*. Tradução de Christina Larroudé e Paula Leite. São Paulo: Melhoramentos, 1978 a. Título original: Réussir et comprendre.

\_\_\_\_\_. *A tomada de consciência*. São Paulo: Melhoramentos; EDUSP, 1978b.

\_\_\_\_\_; GARCIA, R. *Hacia una logica de significaciones*. Buenos Aires: Tucumán, 1988.

REICHARDT, C. S.; COOK, T. D. Beyond qualitative versus quantitative methods. In: COOK, T. D.; REICHARDT, L. S. (Ed.). *Qualitative and quantitative methods in evaluation research*. Beverly Hills: Sage Publications, 1979. p. 7-30.

RIECHMANN, J. *Cultivos e alimentos transgênicos: um guia crítico*. Petrópolis: Vozes, 2002.

MEC. *Documento Referência: Conferência Nacional de Educação*. Brasília: MEC, 2009.