



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO DE BIOTECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR
(PPGBCM)**

JERRY ADRIANE PINTO DE ANDRADE

**BIOTECNOLOGIA, REPRESENTAÇÃO E
TOMADA DE CONSCIÊNCIA:
APRENDIZAGEM NOS CURSOS DE CIÊNCIA DA SAÚDE NA UESB**

Porto Alegre
2013

JERRY ADRIANE PINTO DE ANDRADE

**BIOTECNOLOGIA, REPRESENTAÇÃO E
TOMADA DE CONSCIÊNCIA:
APRENDIZAGEM NOS CURSOS DE CIÊNCIA DA SAÚDE NA UESB**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular, Centro de Biotecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Biologia Celular e Molecular.

Orientadora: Prof. Dra. Marilene Henning Vainstein

Porto Alegre
2013

SIBI/UFBA/Faculdade de Educação – Biblioteca Anísio Teixeira

Andrade, Jerry Adriane Pinto de.

Biotecnologia, representação e tomada de consciência: aprendizagem nos cursos de ciência da saúde na UESB / Jerry Adriane Pinto de Andrade. – 2013. 238 f. il.

Orientadora: Profa. Dra. Marilene Henning Vainstein.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro de Biotecnologia, Porto Alegre, 2013.

1. Biotecnologia. 2. Ciência – Estudo e ensino. 3. Epistemologia genética. 4. Clonagem. I. Vainstein, Marilene Henning. II. Universidade Federal do Rio de Rio Grande do Sul. Centro de Biotecnologia. III. Título.

CDD 660.6 – 22. ed.

A

Todos os professores, educadores que trabalham incessantemente para fazer deste país e do mundo, um lugar digno, onde possamos conviver de forma ética respeitando todas as diferenças.

Yara, mãe querida, por ter me ensinado a viver e ser livre.

Para Reynaldo, amigo de todas as horas, que no auge da lucidez de seus sonhos aliada a sua sutileza espiritual e ao seu materialismo poético, permitiu que essa tese e outros viveres fossem permeados de beleza, riqueza e significação.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular da UFRGS, pelo carinho, incentivo e acima de tudo pela oportunidade de desenvolver essa tese de Doutorado, que trabalha na interface entre os conhecimentos específicos de biologia e as teorias pedagógicas de aprendizagem. Em especial, gostaria de agradecer aos professores : Marilene Henning Vainstein, Augusto Schrank, Arnaldo Zaha, Guido Lenz, Henrique Bunselmeyer Ferreira, Giancarlo Pasquali, Irene Silveira Schrank, Charley Christian Staats.

Também gostaria de agradecer a secretaria da pós-graduação em Biologia Celular e Molecular, personificada nas figuras de Silvia e Luciano.

Ao Programa de Pós-graduação em Educação da UFRGS e da UFBA, pelo carinho, incentivo, que além de inspira-me, transformaram-me em um ser humano mais sensível, mais digno, mais comprometido, com as questões educacionais. Em especial, gostaria de agradecer aos professores: Maria Luiza Becker, Clarissa Seligman Golbert, Fernando Becker, Darli Collares, Denise Comerlato; Terezinha Froés.

Aos meus colegas da Faced (Educação-UFRGS) cujas disponibilidades, sorrisos sinceros, acolhimentos, contribuíram para que as ideias fluíssem e frutificassem. Em especial ao grupo de orientação coordenado pela professora Maria Luiza Becker, que me acolheu, alentou, compartilharam angústias, esperanças e que cujas sugestões, ideias e estímulos, muito me incentivaram nessa jornada. Em especial, gostaria de agradecer aos colegas: Liseane Silveira Camargo, Flávia Isaia Pinheiro, Andrea Bonetti Gallego, Cristiane Delagnesi, Zingano Suardi, Mariângela Pozza Homem, Ana Maria Marcon, Brunna Sordi Stock, Fernando Bittencourt Freiesleben, Stela Maris Vaucher Farias e Silvana Corbellini.

A Haydeé Brito, que na sua grandiosidade espiritual e afetiva representa par mim um Orixá vivo, pois acaricia, conforta e enche de esperança a todos aqueles a quem o cosmo permite desfrutar do seu convívio nesta rápida passagem por este plano.

Aos professores e amigos, Ilsa Bonjardim e Carlos Carraro que nos seus encontros e desencontros inerentes as contradições de todo e qualquer ser humano, mostrou-me que a vida é sempre um devir a SER.

A minha família, em especial à minha irmã Sarah Jane, cujos vínculos espirituais transcendem a uma simples convivência terrenal e as minhas tias Wanda, Gisélia, Lúcia, Ana Maria e Alice, pelos afetos e princípios éticos para o meu viver.

A todos os meus outros amigos e entes queridos e amados, aos quais, em virtude da infinita saudade, sinto-me impossibilitado de mencionar, e aos que estão neste plano comigo, pelo infinito amor e esperança que depositam em mim, ensaiando-me o amor na plenitude de sua dimensão.

Aos meus colegas da UESB, que, através de uma amizade cordial e sincera, deram-me a felicidade de privar de suas convivências, e, muito particularmente, a Marcos Lopes, Ana Angélica, Ana Cristina, Inês Angélica e Josmar.

ANDRADE, Jerry Adriane Pinto de. **Biotecnologia, representação e tomada de consciência:** aprendizagem nos cursos de ciência da saúde na UESB. 2013. 238 f. il. Tese (Doutorado) - Centro de Biotecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

RESUMO

As pesquisas em ensino de Ciências têm buscado referenciais teóricos para lidar com a complexidade dos processos de ensino-aprendizagem. Esta pesquisa procura trazer uma contribuição para esta busca, ao acompanhar os processos de tomada de consciência de 46 estudantes durante um semestre. Trata-se de uma pesquisa de natureza quali-quantitativa, que utiliza diferentes instrumentos de análise: questionário, construção de mapas conceituais com uso do *Cmap Tools*, e filmagens. Os resultados são analisados com base na tomada de consciência, a partir da Epistemologia Genética, e referem-se a dois recortes: uma análise do questionário na categoria Implicação Significante, no primeiro momento da pesquisa; e uma análise diacrônica com 12 sujeitos, a partir do conjunto de dados nas categorias Implicação Significante e Todos, Alguns e Nenhum, que são generalizados aos 46 sujeitos pesquisados, após uma análise minuciosa das frequências presentes nos mapas conceituais. Em relação ao primeiro recorte, os resultados apontaram que os sujeitos apresentam um domínio de representação não estruturado acerca dos conhecimentos em Biotecnologia. Assim, evidenciamos formas de pensamento transdutivo, ou seja, quando o raciocínio dos alunos parte do particular e se conduz ao particular, sem atingir uma generalização. Já no segundo recorte, constatamos três níveis de conceituação: no nível um, há ausência de tomada de consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. Na regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, o sujeito não chega à quantificação das extensões. No nível dois (A), há tomada de consciência entre biotecnologia e clonagem e biotecnologia e transgênicos. Na regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, os sujeitos já consideram que os transgênicos podem ser micro-organismos, plantas ou animais, o que implica numa dimensão de generalização. No nível dois (B), os sujeitos chegam a uma quantificação positiva, admitindo que todos os transgênicos são OGM. No nível três (A), há tomada de consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. Na regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, os sujeitos já chegam a uma quantificação positiva e negativa, admitindo que todos os transgênicos são OGM, mas que nem todos OGM são transgênicos. No nível três (B), além de admitir Todos e Alguns, também reconhecem os organismos que não são OGM, como aqueles que se originam por processos naturais, tais como conjugação, transdução e transformação.

Palavras-chave: Tomada de consciência (processo decisório). Biotecnologia. Transgênicos. Clonagem. Ensino de ciências.

ANDRADE, Jerry Adriane Pinto de. **Biotechnology, representation and Grasp of consciousness: learning in the courses from science in health UESB.** 238 f. il. Thesis (Doctoral) - Centro de Biotecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

ABSTRACT

Investigations on Science teaching have been searching for theoretical references to deal with the complexity of teaching-learning processes. This study aims to contribute to this search by following the processes of awareness of 46 students during a semester. This is a qualitative research that uses different assessment instruments: questionnaire, construction of conceptual maps, with the use of Cmap Tools, and video footages. The results will be analyzed based on awareness in Genetics Epistemology and refer to two research outlines: the first one analyzes questionnaires with regard to the category significant implication, in the initial stage of the research. The second one performs a diachronic analysis with 12 subjects, based on the data set obtained for the Significant Implication and All, Some and None categories, which was then generalized for the 46 subjects analyzed, after a meticulous analysis of the frequencies of the relationships present in the conceptual maps. As for the first outline, results showed that subjects had a domain of unstructured knowledge representation on Biotechnology. Thus, we found forms of transductive thinking, that is, when students' reasoning go from particular to particular, without reaching a generalization. On the other hand, in the second outline we identified three levels of conceptualization. At level one, there is no awareness of the relationship between biotechnology, cloning and transgenics. When regulating All, Some and None categories, subjects are not able to quantify their extensions. At level two (A), there is awareness of the relationship between biotechnology and cloning and of biotechnology and transgenics. When regulating All, Some and None categories, subjects are able to consider that transgenics can be microorganisms, plants or animals, which implicates a generalization dimension. At level two (B), subjects are able to establish a positive quantification, acknowledging that all transgenics are GMOs. At level three (A), there is awareness of the relationship between biotechnology, cloning and transgenics. When regulating All, Some and None, subjects are now able to establish a positive and negative quantification, acknowledging that all transgenics are GMOs but not all GMOs are transgenics. At level three (B), besides acknowledging All and Some categories, subjects also acknowledge organisms that are not GMOs, such as those originated by natural processes like conjugation, transduction, and transformation.

Keywords: Awareness. Biotechnology. Transgenics. Cloning. Science teaching.

ANDRADE, Jerry Adriane Pinto de. **Biotecnología, declaraciones y tomar conciencia:** cursos de aprendizaje de la ciencia en la salud de la UESB. 2013. 238 f. il. Tesis (Doctorado) - Centro de Biotecnología, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

RESUMEN

La investigación en didáctica de las ciencias han tratado de marcos teóricos para abordar la complejidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esta investigación tiene como objetivo hacer una contribución a esta misión de acompañar los procesos de toma de conciencia de 46 estudiantes por un semestre. Esta es una encuesta de carácter cualitativo y cuantitativo utilizando diferentes instrumentos de análisis: cuestionario, construir mapas conceptuales utilizando el rodaje *Cmap Tools*. Los resultados se analizaron con base en el conocimiento de la epistemología genética y se refieren a dos recortes de investigación: la primera es un análisis de la implicación cuestionario significativo en la categoría, la primera vez de la encuesta. En el segundo, se realiza un análisis diacrónico de 12 sujetos, a partir del conjunto de datos en categorías: Implicación significativa y todas, algunas y Ninguno y luego se generaliza de los 46 sujetos estudiados, después de un análisis exhaustivo de las frecuencias relaciones presentes en los mapas conceptuales. En cuanto el primer cultivo, los resultados indicaron que los sujetos tienen una representación en el dominio de conocimientos estructurada sobre Biotecnología. Por lo tanto, se evidencia transductivas maneras de pensar, es decir, cuando la parte del pensamiento de los estudiantes y conduce a lo particular concreto, sin llegar a una generalización. En el segundo corte, vemos tres niveles de conceptualización, y, en el nivel uno, hay una falta de conciencia de la relación entre la biotecnología, la clonación y los transgénicos. En la regulación de todos, algunos y ninguno, el sujeto no llega a la cuantificación de las extensiones. En el segundo nivel (A), hay una conciencia entre la biotecnología y la clonación y la biotecnología y transgénicos. En la regulación de todos, algunos y ninguno, los sujetos ya consideran que los OGM pueden ser microorganismos, plantas o animales, lo que implica una dimensión de la generalización. En el segundo nivel (B), los sujetos llegan a una cuantificación positivo, suponiendo que todos los OGM son genéticamente modificados. En el nivel tres (A), se tiene conocimiento de la relación entre la biotecnología, la clonación y transgénicos. En la regulación de todos, algunos y ninguno, los sujetos ya llegar a una cuantificación positivo y negativo el supuesto de que todos los OGM son genéticamente modificados, pero no todos los OGM son modificados genéticamente. En el nivel tres (B), además de admitir todos y algunos también reconocen que los organismos no son OGM, tales como los que surgen por procesos naturales, tales como conjugación, transducción y transformación.

Palabras-clave: Tomar conciencia. Biotecnología. Transgénicos. Clonación. Enseñanza de las Ciencias.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAS	American Association for the Advancement of Science
AT	Atributos
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EX	Exemplos
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
GEAC	Gerencia de Extensão e Assuntos Culturais
GEP/FEC	Grupo de Estudos e Pesquisa em Formação de Educadores em Ciências
ID	Integrações e Diferenciações
IMS	Implicação Significante
ISE	Implicação Significante Excluída
ISI	Implicações Significantes Incluídas
LEBIO	Laboratório de Ensino de Biologia
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OGM	Organismos Geneticamente Modificados
PC	Palavras-chave
PCE	Palavras-chave Excluídas
PCI	Palavras-chave Incluídas
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PISA	Programa Internacional de Avaliações de Estudantes
PROEX	Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários
PUCRS	Pontifícia Universidade do Rio Grande do Sul
SBRASH	Sociedade Brasileira de Estudos em Sexualidade Humana
SESI	Serviço Social da Indústria
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TAN	Todos, Alguns e Nenhum

TEP	Tamanho do Efeito Padronizado
UCSAL	Universidade Católica do Salvador
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1	Desenvolvimento do pensamento conceitual.....	53
Esquema 2	Desenvolvimento do pensamento científico.....	60
Esquema 3	Modelo de uma proposição num mapa conceitual.....	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo geral da tomada de consciência.....	64
Figura 2	Quantificação do número de Implicações Significantes e Palavras-chave presentes no mapa um confeccionado pelo aluno 13 da turma de Fisioterapia – 13FM1.....	104
Figura 3	Quantificação do número de Implicações Significantes e Palavras-chave presentes no mapa dois confeccionado pelo aluno 13 do curso de Fisioterapia – 13FM2.....	105
Figura 4	Quantificação do número de Implicações Significantes e Palavras-chave presentes no mapa três confeccionado pelo aluno 13 do curso de Fisioterapia – 13FM3.....	106
Figura 5	Comparação do mapa um com o mapa dois, em relação ao número de Palavras-chave e Implicações Significantes incluídas e excluídas, presentes nos mapas um e dois confeccionados pelo aluno 13 do curso de Fisioterapia – 13FM1 e 2.....	109
Figura 6	Quantificação do número de atributos presentes em parte de um terceiro mapa conceitual confeccionado pelo aluno 13 da turma de Fisioterapia – 13FM3.....	111
Figura 7	Quantificação do número de exemplos presentes em parte de um terceiro mapa conceitual confeccionado pelo aluno 13 da turma de fisioterapia – 13FM3.....	112
Figura 8	Quantificação do número de Todos e Alguns presentes em parte de um terceiro mapa conceitual confeccionado pelo aluno 13 da turma de Fisioterapia – 13FM3.....	113
Figura 9	Quantificação do número de Integrações e Diferenciações presentes no mapa três confeccionado pelo aluno 13 do curso de Fisioterapia – 13FM3.....	114
Figura 10	Mapas conceituais construídos no primeiro momento da pesquisa, pelos alunos 6FM1 e 39OM1.....	141
Figura 11	Mapas conceituais construídos no primeiro momento da pesquisa, pelos alunos 4FM1 e 39OM1.....	142
Figura 12	Mapas conceituais construídos no primeiro momento da pesquisa, pelos alunos 4FM1 e 39OM1.....	143
Figura 13	Mapas conceituais construídos no primeiro momento da pesquisa, pelos alunos 13FM1 e 25OM1.....	145
Figura 14	Recorte de parte do mapa conceitual sobre clonagem, construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 25OM2.....	151
Figura 15	Recorte de parte do mapa conceitual sobre transgênicos, construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 25OM2.....	156
Figura 16	Recorte de parte do mapa conceitual construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 33OM2.....	157

Figura 17	Mapa conceitual construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 4FM2.....	161
Figura 18	Recorte de parte do mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa pelo aluno 4FM3.....	167
Figura 19	Recorte de parte do mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa pelo aluno 31OM3.....	169
Figura 20	Recorte de parte do mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa pelo aluno 46OM3.....	173
Figura 21	Mapa conceitual construído no primeiro momento da pesquisa pelos alunos 9FM1 e 10FM1.....	181
Figura 22	Recorte de parte do mapa conceitual construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 31OM2.....	183
Figura 23	Recorte de parte do mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa pelo aluno 39OM3.....	187
Figura 24	Recorte de parte do mapa conceitual construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 1FM2.....	197
Figura 25	Recorte de parte do mapa conceitual construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 8FM2.....	198
Figura 26	Recorte de parte do mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa pelo aluno 8FM3.....	199
Figura 27	Recorte de parte do mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa pelo aluno 10FM3.....	202

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Fontes que veiculam informações sobre biotecnologia, segundo os estudantes	126
Gráfico 2	Comparação do número de relações (Implicações Significantes) presentes nos mapas (um e dois) construídos nos momentos um e dois da pesquisa.....	206
Gráfico 3	Comparação do número de relações (Implicações Significantes) presentes nos mapas (dois e três) construídos nos momentos dois e três da pesquisa.....	207
Gráfico 4	Comparação do número de relações (Todos, Alguns e Nenhum) presentes nos mapas (dois e três) construídos nos momentos dois e três da pesquisa.....	208

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Possíveis combinações de classes de animais (V, I, T e A).....	57
Quadro 2	Teses e dissertações produzidas entre 2008 e 2010.....	78
Quadro 3	Teses e dissertações produzidas entre 2006 e 2007.....	82
Quadro 4	Teses e dissertações sobre ensino de Ciências e Biotecnologia entre 2006 a 2010.....	88
Quadro 5	Classificação das respostas dos alunos referentes à Questão 6.....	98
Quadro 6	Momentos da pesquisa, turmas, tempo de filmagem e disciplina.....	117
Quadro 7	Apresentação dos momentos da pesquisa, instrumentos, categorias e subcategorias de análise.....	117
Quadro 8	Categorias de análise – definição segundo a Epistemologia Genética e importância para o contexto da pesquisa.....	118
Quadro 9	Classificação dos 12 sujeitos pesquisados, por nível, na categoria Implicação Significante, em cada momento da pesquisa.....	180
Quadro 10	Classificação dos 12 sujeitos pesquisados, por nível, na categoria Todos, Alguns e Nenhum, em cada momento da pesquisa.....	191
Quadro 11	Distribuição dos 46 sujeitos pesquisados, por nível, nas categorias Implicação Significante e Todos, Alguns e Nenhum, em cada momento da pesquisa.....	204

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Distribuição de frequências do questionário para perguntas quantitativas...	99
Tabela 2	Descrição da média e do desvio padrão dos mapas um, dois e três, a partir das distintas categorias e subcategorias de análise.....	115
Tabela 3	Comparação das diferentes unidades de análise (categorias) entre o mapa um e o mapa dois.....	115
Tabela 4	Comparação das diferentes unidades de análise (categorias e subcategorias) dos mapas dois e três.....	116
Tabela 5	Distribuição de frequências das questões 1, 2, 3 e 4 do questionário.....	121
Tabela 6	Distribuição de frequências das questões 6, 7, 8, 9 e 11 do questionário.....	129
Tabela 7	Distribuição de frequências das questões 12 e 13 do questionário.....	135
Tabela 8	Frequência e percentagem da evolução das relações mais significativas sobre o conceito de biotecnologia, presentes nos mapas conceituais (um, dois e três) dos sujeitos pesquisados,.....	195
Tabela 9	Frequência e percentagem da evolução das relações mais significativas sobre o conceito clonagem, presentes nos mapas conceituais (um, dois e três) dos sujeitos pesquisados,.....	200
Tabela 10	Frequência e percentagem da evolução das relações mais significativas sobre o conceito transgênico, presentes nos mapas conceituais (um, dois e três) dos sujeitos pesquisados,.....	203
Tabela 11	Distribuição de frequência dos 46 sujeitos pesquisados, por nível, em cada momento da pesquisa.....	215

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	UMA TRAJETÓRIA DOCENTE DESAFIADORA E APAIXONANTE.....	24
1.2	QUESTÕES DA PESQUISA.....	29
1.3	OBJETIVOS.....	30
1.3.1	Objetivo Geral.....	30
1.3.2	Objetivos Específicos.....	30
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	31
2.1	CONCEITOS CHAVES DA EPISTEMOLOGIA GENÉTICA.....	31
2.2	INTERACIONISMO, EPIGENÉTICA E EPISTEMOLOGIA GENÉTICA.....	36
3	A REPRESENTAÇÃO NECESSÁRIA À CRIANÇA NA CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS PELA TOMADA DE CONSCIÊNCIA.....	48
4	O PROCESSO DE TOMADA DE CONSCIÊNCIA EM PIAGET.....	62
5	TOMADA DE CONSCIÊNCIA, IMPLICAÇÕES SIGNIFICANTES, INFERÊNCIA E CONEXÕES LÓGICAS.....	71
6	ESTUDOS RELACIONADOS AO TEMA DA PESQUISA..	77
6.1	TOMADA DE CONSCIÊNCIA E EPISTEMOLOGIA GENÉTICA....	77
6.2	ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOTECNOLOGIA.....	88
6.3	SÍNTESE DOS ESTUDOS.....	92
7	DELINEAMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	94
7.1	NATUREZA DA PESQUISA E PROPOSTA PEDAGÓGICA.....	94
7.2	AMOSTRA E INSTRUMENTOS DE COLETA DOS DADOS.....	96
7.2.1	Questionário.....	97
7.2.2	Mapas conceituais.....	100
7.2.3	Filmagem.....	117
7.3	MOMENTOS DA PESQUISA: CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DE ANÁLISE.....	117
7.4	QUESTÕES ÉTICAS DA PESQUISA.....	119
8	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	120
8.1	RESULTADOS DA ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO NO	

	MOMENTO I DA PESQUISA: CATEGORIA IMPLICAÇÃO SIGNIFICANTE	120
8.2	ORGANIZAÇÃO DIACRÔNICA DO CONJUNTO DE DADOS POR CATEGORIA DE ANÁLISE.....	140
8.2.1	Implicação Significante	140
8.2.2	Todos, Alguns e Nenhum	180
8.3	FREQUÊNCIA DAS IMPLICAÇÕES SIGNIFICANTES E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS MAPAS CONCEITUAIS NAS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS.....	194
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	210
	REFERÊNCIAS	218
	APÊNDICES	231
	APÊNDICE A – Questionário da pesquisa aplicado aos alunos dos cursos de fisioterapia e odontologia da UESB.....	232
	APÊNDICE B – Classificação do questionário baseada nos três níveis de implicação – local, sistêmica e estruturante.....	234
	APÊNDICE C – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	238

1 INTRODUÇÃO

Antes mesmo que o termo *biotecnologia* tenha sido utilizado pelo engenheiro húngaro Karl Ereky, no ano de 1919, o homem já realizava diversas atividades biotecnológicas. Um antigo registro desta atividade está descrito no Novo Testamento, no relato da Santa Ceia, quando Jesus se utilizou do pão e do vinho como símbolos de seu próprio corpo e sangue. Podemos inferir que a fabricação de pão e vinho, descrita na Santa Ceia, já se constituía em uma atividade biotecnológica. Regredindo ainda mais no tempo, veremos que habitantes da Mesopotâmia, a exemplo de sumérios e babilônios, já produziam cerveja por volta de 6.000 a.C., enquanto o pão fermentado, mais semelhante ao que comemos hoje, foi fabricado pelos egípcios, há cerca de 4.000 a.C. (ARAGÃO, 2003; BROWN, 1997)

Por muito tempo, os fabricantes de pão, vinho e cerveja, não souberam explicar corretamente os processos envolvidos na geração destes produtos. Assim, o homem foi um biotecnólogo que desconhecia os processos envolvidos na biotecnologia, pois não compreendia plenamente o seu fazer. É por isso que precisamos enfatizar que não é o fazer que leva ao conhecimento, ainda que, de certo modo, o fazer se constitua numa primeira forma de conhecimento, num *savoir-faire*. É preciso, apenas, não se esquecer de que não foram apenas as ferramentas biotecnológicas que impulsionaram a biotecnologia, mas a própria inteligência, ao estabelecer relações entre o fazer e o compreender as razões do êxito ou do fracasso no fazer, que promoveu a evolução desta ciência. Isso implica dizer que a técnica está contida na ciência e não o contrário. (PIAGET, 1978a)

Graças a essa tomada de consciência, e por meio de regulações e coordenações sucessivas das ações humanas, a biotecnologia evoluiu. Nesse processo de desenvolvimento, foram muitos os cientistas que nos legaram sua parcela de contribuição. Mas foi somente no início da década de 1970, quando os cientistas passam a manipular o genoma de organismos vivos, que a biotecnologia, como conhecemos hoje, veio à luz. Isso significou a possibilidade de recombinar fragmentos de DNA bacteriano e de seres humanos, ou de qualquer outra espécie, num tubo de ensaio, criando moléculas de DNA personalizadas, que nunca haviam existido na natureza. (WATSON, 2005) Essas novas tecnologias imprimiram um salto qualitativo, pois marcam a passagem das biotecnologias tradicionais para a manipulação genética.

Diante destas descobertas, termos como clonagem, alimentos transgênicos, testes de paternidade, uso de células-tronco embrionárias etc. passaram a fazer parte do nosso

cotidiano. De uma forma geral, podemos encontrar esses e tantos outros termos em diferentes meios de comunicação (televisão, jornais, internet etc.) que, na maioria das vezes, tratam esses assuntos no âmbito do jogo de interesses, com linguagem rebuscada, mas enfoque sensacionalista e superficial, enfatizando conteúdos sem nenhum compromisso científico e educacional.

Acompanhar as informações que a mídia transmite para a comunidade sobre determinados assuntos científicos não significa conhecê-los do ponto de vista conceitual. É neste sentido que a escola precisa criar espaços de discussão para que os estudantes possam se apropriar de forma ativa destes conhecimentos, assegurando a aprendizagem dos mesmos, pois essa apropriação implica um esforço dialético, o que requer um trabalho pedagógico planejado, contínuo e alinhado a todo o processo de 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 regularidades do 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 é fundamental na vida dos indivíduos. Diante desta necessidade, algumas propostas para a melhoria da qualidade do ensino de ciências têm sido defendidas em documentos, tais como os *Parâmetros curriculares nacionais* (BRASIL, 1999), o *Science for All Americans – Projeto 2061* (AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE, 1989) e o *Beyond 2000: science education for the future* (MILLAR; OSBORNE, 1998). De certo modo, esses documentos apontam diretrizes para que o professor repense sua prática pedagógica, contribuindo para uma educação voltada para a formação de cidadãos críticos e capazes de elaborar juízos sobre os benefícios e os riscos das práticas científicas e tecnológicas.

Apesar das recomendações destes documentos, os estudantes de escolas brasileiras ainda têm apresentado um baixo desempenho em avaliações nacionais¹ e internacionais,² como o Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM) e o Programa Internacional de Avaliações

¹ Enem – Exame Nacional do Ensino Médio. O Enem é uma prova realizada pelo Ministério da Educação do Brasil, que 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 Sistema de Seleção Unificada (SiSU).

² PISA – Programa Internacional de Avaliações de Estudantes. O PISA é um projeto comparativo de avaliação, desenvolvido pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), 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. (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2004, 2007, 2010)

de Estudantes (PISA), respectivamente. Por exemplo, na avaliação PISA, apesar da melhora nos desempenhos dos estudantes, quando comparamos os anos de 2000 e 2009, observa-se uma evolução gradual.³ Entretanto, ainda que as médias do Brasil tenham evoluído, este ainda ocupa níveis de proficiência baixos – em média, ocupa o nível dois, distanciando-se dos países-membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que estão entre os níveis três e quatro. (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2010)

Diante do quadro acima descrito, poderíamos nos questionar: o que significa ocupar o nível 2 nas avaliações da OCDE? Se nos basearmos na última avaliação, a de 2009, quando foi dada ênfase em leitura, perceberemos que 40% dos estudantes foram classificados nos níveis mais baixos de proficiência, e apenas 1,3% nos níveis mais altos. E o que é mais grave: temos 19,4% de alunos fora da escola ou em situação de atraso escolar. A soma dos contingentes fora da escola e com baixa proficiência corresponde a 59,4%. Diante deste quadro, teremos, como consequência, muito pouca gente para assumir carreiras tecnológicas, para inovar, para dar soluções a problemas complexos. Assim esse enorme contingente da população brasileira, com um nível de aprendizado bastante comprometido, incapaz de compreender textos relativamente simples, acarretará um impacto desastroso, não apenas em suas vidas, mas no próprio desenvolvimento do País. Da mesma forma, nas avaliações nacionais, como o Enem, essa realidade não é tão diferente. (BRASIL, 1999; ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2010)

Por isso, discutir o ensino de Ciências é de fundamental importância para que nosso aluno possa se apropriar, de forma significativa, deste conhecimento e, com isso, ampliar sua compreensão dos processos científicos e tecnológicos, podendo se posicionar de forma autônoma e crítica na sociedade, ao superar as limitações de compreensão do seu próprio mundo.

Neste sentido, este estudo tem o intuito de propiciar reflexões acerca do processo de ensino-aprendizagem e contribuir, assim, para a melhoria do ensino de ciências, ao acompanhar os processos de tomada de consciência de 46 estudantes, nas disciplinas *Biologia Básica e Citologia e Genética*, dos cursos de Fisioterapia e Odontologia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), empregando, como instrumentos de análise, questionário e a construção de mapas conceituais, com o uso do *Cmap Tools* e de filmagens.

³ Em Ciências e Leitura, houve um incremento das notas de 375 para 405 e de 396 para 412, respectivamente. Já em Matemática, o Brasil registrou o melhor desempenho, passando de 334 para 386, o que lhe rendeu elogios da OCDE. (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2004, 2007, 2010)

Trata-se de uma pesquisa de natureza quali-quantitativa, que tem o objetivo geral de acompanhar as transformações das representações do pensamento dos discentes, na construção de conhecimento sobre biotecnologia. O referencial teórico é a tomada de consciência presente na abordagem da Epistemologia Genética.

Convém ressaltar que, para esta pesquisa, foi realizada uma busca no portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), no período que compreende os últimos cinco anos, com o intuito de apresentar um panorama dos estudos atuais, que resultaram em dissertações de mestrado e teses de doutorado que enfocam temática semelhante, ou complementar, à abordada neste trabalho, sendo, ao todo, selecionados 20 trabalhos. Os trabalhos analisados fundamentam a relevância do referencial escolhido, sob dois aspectos:

- a) a escolha da tomada de consciência no âmbito da Epistemologia Genética é apontada pelos autores como uma temática de maior pertinência para o campo educacional, pois, a discussão das interações que facilitam o processo de construção da tomada de consciência, dos fatores responsáveis por esse processo, ou como intervir no sentido de contribuir para essa construção, lhes permite fazer generalizações para outras situações de ensino-aprendizagem assemelhadas, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade do ensino;
- b) a maioria das pesquisas que se utilizam da tomada de consciência da Epistemologia Genética, apesar de sua relevância, diz respeito à construção de conceitos nas áreas de Física (FOGAÇA JÚNIOR, 2009), Matemática (DAMBROS, 2006; MARTINS, 2007; PIERUCCINI, 2010), História (FONSECA, 2006; ZASLAVSKY, 2010), Educação Física (SALADINI, 2006), Química (LINDNER, 2009; SAMRSLA, 2007), Literatura (SALAMUNES, 2009) e Astronomia (GOMES, 2007), portanto, suas contribuições para a área de Biologia são ainda pouco exploradas. Encontramos apenas uma pesquisa (FOGAÇA, 2006) que trabalha a tomada de consciência da Epistemologia Genética acerca do conceito científico de célula.

No que diz respeito às pesquisas direcionadas à temática do Ensino de Ciência e Biotecnologia, percebe-se que a maioria dos autores (ALVES, 2007; GUIMARÃES, 2007; LOPES, E., 2006; RODRIGUES, 2006) tem uma preocupação descritiva, que também é importante, pois contribui para traçar um panorama dessas investigações, em nível regional, apontando para a necessidade de investimentos em educação nas áreas de ciências. Entretanto,

ainda é preciso avançar para se alcançar um *status* mais prescritivo. É nesse sentido que, ao fundamentar este trabalho, utilizando a tomada de consciência da Epistemologia Genética, procuramos avançar para além de uma preocupação descritiva, no sentido de entender também os processos de conceituação, sob a temática biotecnologia, para podermos generalizar esses resultados para outras situações de ensino-aprendizagem semelhantes, contribuindo, assim, para a melhoria do ensino de ciências.

Estas e outras pesquisas compiladas em apresentações de congressos e periódicos (ALVES, 2004; CARVALHO; GONÇALVES; PERON, 2012; FUJII, 2009, PEDRANCINI et al., 2007, 2008; TAVARES; FERNANDES; FONSECA, 2011) indicam o ineditismo da proposta, pois encontramos poucos trabalhos que envolvam diretamente o campo das ciências biológicas, utilizando a tomada de consciência da Epistemologia Genética. Não foi encontrado nenhum trabalho, igual ou semelhante, que tivesse como objetivo acompanhar a evolução do conceito de biotecnologia no âmbito da tomada de consciência da Epistemologia Genética. Também consideramos inovadora toda proposta pedagógica desenvolvida conjuntamente à metodologia utilizada na análise dos resultados.

Diante das pesquisas acima, sabemos tão pouco sobre as regulações e coordenações que conduzem à tomada de consciência na construção de conceitos na área de ciências. O que compreendemos do processo de aprendizagem em biotecnologia? Qual o tamanho da nossa falta de saber a respeito dos processos envolvidos nas descobertas científicas? Quem, por exemplo, compreende o conjunto de regulações do sistema nervoso de ganhadores do Prêmio Nobel, como Karl Mullis, James Watson, Paul Berg, Norman Borlaug? Ou o conjunto de regulações cognitivas realizadas por Gregor Johann Mendel, criador das leis da hereditariedade? Desse modo, este trabalho procura trazer uma contribuição para o ensino de ciência, na medida em que procuramos entender os processos de regulações e coordenações ativas (locais, sistêmicas e estruturantes) de alunos de Fisioterapia e Odontologia envolvidos na construção de conhecimentos em biotecnologia.

Os resultados que serão discutidos neste trabalho referem-se a dois recortes de pesquisa: o primeiro tem uma preocupação descritiva, quando é feita uma análise do questionário, no primeiro momento da pesquisa, na categoria Implicação Significante, buscando-se responder ao seguinte questionamento: quais as representações de biotecnologia de alunos recém-ingressos na UESB, nas disciplinas de *Biologia Básica* e *Citologia e Genética*? O segundo apresenta uma preocupação prescritiva, quando é feita uma análise diacrônica do conjunto de dados, nas categorias *Implicação significativa* e *Todos, Alguns* e

Nenhum, procurando descrever diferentes níveis de conceituação, e levantando a hipótese de que estes são necessários à construção de conceitos em biotecnologia.

Desse modo, ao demonstrarmos as etapas que conduzem a níveis mais complexos de conceituação, estamos fornecendo subsídios para que o professor as utilize no planejamento do seu trabalho pedagógico, visto que, durante a trajetória escolar, os significados de biotecnologia que o sujeito está construindo e sistematizando podem não estar se constituindo naqueles que seriam necessários e suficientes a um aprendizado qualificado. Nossas pesquisas têm demonstrado que cada um destes níveis pode oferecer, de diferentes formas, erros e resistências ao conhecimento de biotecnologia. É função do professor desenvolver mecanismos pedagógicos para superá-los. Assim, a análise e o diagnóstico dos erros e resistências cometidos pelos alunos sobre o conceito de biotecnologia, bem como sua exploração didática, podem ser um caminho para essa superação.

Enfim, neste trabalho, apresentamos, inicialmente, a trajetória do autor, as questões de pesquisa e os objetivos; num segundo momento, discorre-se acerca dos fundamentos teóricos, abordando os seguintes aspectos: a) os conceitos-chave da Epistemologia Genética; b) a representação necessária à criança para a construção de conceitos científicos, por meio da tomada de consciência; c) o processo de tomada de consciência na obra de Piaget; e d) a tomada de consciência, Implicação Significante, inferência e conexões lógicas. Num terceiro momento, apresenta-se o levantamento de estudos relacionados ao tema da pesquisa; no quarto, o delineamento metodológico da pesquisa; no quinto, descreve-se a análise dos resultados; e, no sexto, tecem-se as considerações finais.

1.1 UMA TRAJETÓRIA DOCENTE DESAFIADORA E APAIXONANTE

Para uma reflexão acerca da minha trajetória como educador, resolvi dividir esta narração em quatro aspectos: a) do nascimento à graduação; b) a inserção no mundo do trabalho; c) o curso de pós-graduação no centro de Biotecnologia da UFRGS; e d) o projeto de doutorado no centro de Biotecnologia da UFRGS.

Segundo Maurice Tardif (2006), em seu livro *Saberes docentes e formação profissional*, boa parte dos saberes profissionais dos professores tem origem em sua história de vida e, sobretudo, em sua história de vida escolar. Portanto, quando o professor se insere no mundo do trabalho, ele já tem construída toda uma bagagem de conhecimentos anteriores, crenças, representações e certezas sobre a prática docente.

Nasci em uma família de professores, e além da herança cultural familiar, meu interesse pela natureza e pelos seres vivos foi também decisivo na escolha da área profissional. Esse interesse foi construído na infância, durante veraneios em um vilarejo denominado Barra Grande, quando tive o privilégio de interagir com uma biodiversidade extraordinária, que seria determinante na escolha da área profissional. Licenci-me em Ciências Biológicas em 1996, pela Universidade Católica do Salvador (UCSAL).

Após a conclusão do curso de graduação, comecei a lecionar Ciências e Biologia na rede privada e pública, com a preocupação sempre voltada para a aprendizagem dos educandos e a metodologia utilizada. As primeiras escolas privadas onde lecionei foram o Centro Educacional Stella Mares (abril de 1992 a abril de 1994) e o Colégio Calazans Neto (janeiro de 1995 a julho de 1996). Durante esse período inicial, convivi com professores que me acolheram e que contribuíram para a aquisição de autoconfiança e para um início de estruturação da minha prática de trabalho.

Entre o período de 1996 e 2005, continuei lecionando Ciências e Biologia em escolas privadas: Colégio Drummond (março de 1996 a abril de 2001), Escola de Educação Infantil (fevereiro de 1998 a janeiro de 1999) e Serviço Social da Indústria (SESI) (março de 1998 a janeiro de 2005). Convivi com colegas que me propiciaram experiências riquíssimas e contribuíram ainda mais para a estruturação de minha prática pedagógica. Vale ressaltar também que, durante os anos em que lecionei no Drummond e no SESI, participei de diversas capacitações, seminários e encontros de educadores.

No ano de 1998, fui aprovado no concurso para professor de Biologia realizado pela Secretaria de Educação do Estado da Bahia; em 21 de outubro, fui nomeado e comecei a exercer a função no Colégio Estadual Manuel Devoto, com sede no Rio Vermelho, cujo público-alvo era constituído de alunos de classe baixa.

Enfrentando uma jornada de trabalho de três turnos, em diferentes escolas, assumi, ainda, o cargo de coordenador da área de Ciências (5^a a 8^a séries) e da área de Biologia (1^o e 2^o anos). Nesse cargo, propus muitas atividades dinâmicas para os alunos, como a estruturação do laboratório de ciências, a criação de feiras de ciências integradas a outras escolas, aulas de campo em ambientes naturais etc. Essas atividades tinham como objetivo tornar o processo ensino-aprendizagem mais motivador.

Durante a coordenação da área de Ciências Naturais, promovíamos reuniões periódicas nas quais eram planejadas as atividades práticas e discutidas questões como interdisciplinaridade, contextualização, disciplina, segurança e motivação.

Assim, em minha trajetória como educador, sempre me preocupou a aprendizagem dos alunos no cotidiano escolar, razão pela qual optei por uma educação interacionista. Entretanto, sentia-me leigo como professor construtivista, pois me faltava um embasamento teórico para refletir e reavaliar a prática pedagógica. Na verdade, o contato mais aprofundado com a teoria piagetiana aconteceria no Rio Grande do Sul, mais precisamente no curso de pós-graduação em educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Esse contato, então, permitiria essa reflexão sobre a minha práxis pedagógica.

A partir da organização de uma feira de ciência, os alunos escolheram a temática “As implicações da Biotecnologia no mundo”. As modernas biotecnologias causavam grande curiosidade nos alunos, de uma maneira geral. Isso para mim não era surpresa, pois as inovações tecnológicas, que aconteceram em diversas áreas do conhecimento, impeliram o desenvolvimento da área de Biotecnologia, também conhecida como Engenharia Genética. Assim, os alunos procuraram discutir o significado e as implicações de conceitos como alimentos transgênicos, clones e células-tronco, conforme o que lhes motivou a escolha da temática.

Durante o processo da feira de ciência, acabei entrando em contato com a professora Marilene Henning Vainstein, e então propus desenvolver um projeto de mestrado que pretendia correlacionar a Biotecnologia e o Ensino de Ciência. Em novembro de 2001, ingressei no mestrado do Centro de Biotecnologia da UFRGS.

Nesse momento, tive dois grandes impactos em minha vida. O primeiro foi a interação com o Centro de Biotecnologia e sua produção científica, que passou a ser um empreendimento desafiador e, ao mesmo tempo, apaixonante; o segundo foi o contato com o núcleo piagetiano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que iria me propiciar uma reflexão acerca do que é ser um professor interacionista. Nesse empreendimento, tive o apoio da professora Maria Luiza Becker, da Faculdade de Educação da UFRGS.

Uma das mudanças significativas nas minhas crenças e certezas profissionais veio a partir da reflexão, nas disciplinas Textos Pedagógicos e Epistemologia Genética. Ao conhecer as obras *O nascimento da inteligência na criança* (1987), *A formação do símbolo na criança* (1990b), *A construção do real na criança* (2002) e *O juízo moral na criança* (1994), comecei a refletir sobre minhas atitudes em sala de aula, o que me possibilitou uma tomada de consciência, uma noção de que a educação moral está intrinsecamente relacionada à intelectual. Assim, à medida que interagiu com a teoria construtivista, descobria um universo que me era totalmente desconhecido, afinal meu conhecimento piagetianos resumia-se apenas à Teoria dos Estágios.

Ainda durante o mestrado, participei de alguns seminários na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), com o grupo de Pedrinho Guareschi, onde procurei estudar a Teoria das Representações Sociais. Atualmente, tenho alimentado esse intercâmbio com o grupo de mestrado na área de saúde da UESB, o que contribuiu muito para algumas publicações em congressos.⁴

A partir dessa perspectiva, escrevi minha dissertação de mestrado – “O Ensino de Ciências Naturais e a Biotecnologia: reflexões e representações” –, que teve como objetivo refletir acerca do processo de ensino de Ciências Naturais em escolas públicas e privadas. Assim, no dia 3 de fevereiro de 2003, concluí o curso de mestrado no programa de pós-graduação em Biologia Celular e Molecular do Centro de Biotecnologia da UFRGS.

Ao voltar do mestrado, reassumi as atividades no SESI e nos colégios Drummond e Manuel Devoto, onde procurei aplicar o enfoque construtivista na área de Ciências Naturais. Essa vivência se tornou imprescindível para repensar a motivação dos alunos e, conseqüentemente, o desenvolvimento de estruturas mentais indispensáveis à sua formação científica. No Colégio Drummond, passei a ministrar apenas aulas de laboratório para os alunos do ensino fundamental I e II (1ª a 8ª séries), retornando à questão da motivação.

Em 8 de agosto de 2004 fui nomeado, após aprovação em concurso público, Edital 028/2004, para assumir a vaga de professor de Biologia, classe assistente, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), campus de Jequié. Na graduação, venho lecionando as disciplinas *Biologia Geral* e *Citologia e Genética*, nos cursos de Odontologia e Fisioterapia, e *Biologia Celular*, no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Inicialmente, assumi as atividades acadêmicas com carga horária de 20 horas semanais, mas posteriormente solicitei mudança de regime de trabalho para dedicação exclusiva.

Nesse mesmo ano, passei a participar, como colaborador esporádico, do projeto de extensão: *Educar na diversidade: um processo básico para o exercício da cidadania*. O envolvimento com a equipe desse projeto proporcionou-me, no ano seguinte, uma participação no X Congresso Brasileiro de Sexualidade Humana, promovido pela Sociedade Brasileira de Estudos em Sexualidade Humana (SBRASH). O congresso foi realizado nos dias 15, 16 e 17 de setembro de 2004, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. O retorno ao local onde me iniciei nos estudos piagetianos permitiu diálogos proveitosos com alguns professores da UFRGS. Tive, inclusive, a oportunidade de assistir a uma palestra de Silvia

⁴ Dentre estas publicações, podemos destacar: *Transgênicos: representações sociais entre professores de ciências naturais e Representações sociais entre alunos do ensino médio acerca da temática clonagem*. A primeira, apresentada no VII Encontro de Pesquisadores em Ciências (2009), e a segunda na 33ª Reunião Anual da AnPED (2010).

Parrat-Dayan, o que me motivou a elaborar um projeto de extensão, com o objetivo de qualificar professores de Ciências Naturais.

Dessa forma, no ano de 2005, elaborei e passei a coordenar um projeto de extensão continuado: *O Laboratório de Ciências Naturais: ambiente, motivação, ação, operação e cooperação – em busca de uma aprendizagem efetiva*, com carga horária anual de 240h. O projeto teve como objetivo a qualificação de professores na área de Ciências Naturais para que pudessem refletir sobre a importância das atividades práticas, com uma abordagem construtivista, fazendo uso dos seguintes instrumentos e técnicas didático-pedagógicas: *softwares* educativos, dinâmicas de grupo, palestras e experimentos laboratoriais.

Vale ressaltar que o projeto foi aprovado pelo comitê de extensão, nos anos de 2006 a 2009, fomentando a qualificação continuada de professores de Ciências Naturais, em Jequié e cidades circunvizinhas, sempre em busca de discutir a aprendizagem sob a perspectiva da Epistemologia Genética. O envolvimento nesse projeto propiciou duas publicações, a primeira na revista *Educação em Debate*,⁵ do programa de Pós-Graduação em Educação Brasileira – FAGED/UFC e, a segunda, no VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – Enpec,⁶ em Florianópolis, Santa Catarina.

Além de desenvolver o projeto de extensão, tenho participado do Laboratório de Ensino de Biologia (LEBIO) na UESB, cuja proposta é desenvolver projetos de pesquisa direcionados à questão do ensino-aprendizagem na área de Ciência e Biologia. No LEBIO, temos mantido um ciclo de seminários sobre o ensino de Ciências, com o apoio da Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários (PROEX) e da Gerência de Extensão e Assuntos Culturais (GEAC).

A proposta de desenvolver o projeto de doutorado surgiu da necessidade de repensar o ensino de Biologia, identificada por um grupo de pesquisa da Universidade Estadual (UESB), do qual fiz parte. Foi desse grupo que se originou o Laboratório de Ensino de Biologia (LEBIO), cuja proposta de trabalho procura superar as práticas habituais dos cursos de graduação. Nessa busca, consideramos o aluno como um sujeito ativo do processo ensino-

⁵ O artigo, intitulado: *O laboratório de Ciências Naturais: ambiente, motivação, ação, operação e cooperação – em busca de uma aprendizagem efetiva* (2008/2009), discute a importância do laboratório na construção do conhecimento.

⁶ O artigo, intitulado: *Uma abordagem do laboratório de ciências nas séries iniciais à luz da Epistemologia Genética* (2009), apresenta uma discussão teórica sobre a importância do laboratório de ciências no processo ensino-aprendizagem e no desenvolvimento da autonomia intelectual e moral da criança. Nessa perspectiva, buscou-se aporte na Epistemologia Genética de Jean Piaget, a qual defende que o professor, para organizar atividades experimentais, deverá assumir uma postura didático-pedagógica que: incentive atitudes questionadoras; valorize a experiência lógico-matemática; propicie a autonomia moral e intelectual dos alunos; e valorize o *self-government*, os conhecimentos prévios dos discentes e a realização de trabalhos/atividades em grupos, contextualizados no cotidiano dos alunos etc. Dessa forma, o laboratório de ciências deverá oferecer uma grande variedade de opções e modificações, de acordo com as ações impostas sobre ele pelos que dele usufruem – nunca é estático, está sempre produzindo mudanças, uma vez que as crianças modificam seu meio, bem como este as modifica.

aprendizagem, e procuramos a superação do ensino pautado em uma visão estática e descontextualizada do conhecimento.

O Grupo de Estudos e Pesquisas em Formação de Educadores em Ciência (GEP/FEC) congrega docentes e alunos envolvidos com Educação Científica na UESB. Os objetivos estão relacionados à melhoria do ensino de Ciências na região sudoeste da Bahia, por meio da proposição de programas de formação inicial e continuada, que incorporem alternativas metodológicas, com vistas a superar problemas clássicos que permeiam o ensino nessa área, possibilitando o avanço das discussões a respeito do papel da Educação Científica no contexto da escola contemporânea e o desenvolvimento de propostas pedagógicas que promovam uma educação diversificada, que atenda as reais necessidades regionais.

Nessa perspectiva, a formação desse profissional terá como base a ação-reflexão-ação ou “adaptação – assimilação e acomodação” (PIAGET, 1995), buscando-se romper com a linearidade psíquica de um pensamento, de uma aprendizagem fundada apenas na memorização, que se faz por mera acumulação de informações. Assim, em uma abordagem construtivista, conhecer é um processo ativo de elaboração da realidade por parte do sujeito, pois uma educação pautada nos pressupostos da Epistemologia Genética – construtivista e interacionista – deve apresentar, na sua base, dois postulados: a provisoriidade e a simultaneidade. O primeiro refere-se à visão genética, segundo a qual toda construção é transitória, o que pressupõe o ser humano em um constante processo de vir a ser. O segundo resgata a interdependência entre sujeito e objeto, pois não é possível pensar em um sem o outro. Dessa forma, sujeito e objeto são, ao mesmo tempo, duas realidades e uma só, o que pressupõe simultaneidade e modificações mútuas,⁷ em uma dialética produtora de possibilidades (tanto internas como externas), sempre novas.

1.2 QUESTÕES DA PESQUISA

A partir das reflexões acima, emergem os seguintes problemas de pesquisa:

- a) Quais são as representações de Biotecnologia em alunos recém-ingressos na UESB, nas disciplinas de *Biologia Básica e Citologia e Genética* dos cursos de

⁷ Para Castorina e Baquero (2008), as características da interação sujeito/objeto nas formulações anteriores à década de 1970 aproximam-se da posição de Marx, em boa medida como resultado de seu encontro com Lucien Goldmann, em 1950. Apoiando-se no texto de *O Capital* mencionado por Goldmann, Piaget “[...] afirma que a modificação mútua de sujeito e objeto do conhecimento, pelos processos de assimilação e acomodação, podia ser considerada como próxima efetivamente à tese de Marx acerca da relação mútua entre trabalho coletivo e a natureza”. (CASTORINA; BAQUERO, 2008, p. 49)

Odontologia e Fisioterapia? Como a análise estatística inferencial, utilizando o teste de qui-quadrado, pode contribuir para a generalização desses resultados?

- b) Qual o tamanho do efeito padronizado (TEP) a partir da média das diferenças das categorias e subcategorias comparadas em diferentes mapas (mapas um e dois; e mapas dois e três) construídos por alunos acerca dos conhecimentos em Biotecnologia?
- c) Como entender as transformações dessas representações, usando diferentes instrumentos de análise (questionário, construção de mapas conceituais e filmagens), a partir da tomada de consciência da Epistemologia Genética?
- d) Como se diferenciam essas representações elaboradas pelos alunos durante o semestre?
- e) Como intervir no sentido de favorecer desequilíbrios necessários ao processo de conceituação? Quais as resistências encontradas ao conhecimento em Biotecnologia?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar as transformações⁸ das representações do pensamento dos discentes, na construção de conhecimento sobre Biotecnologia, nas disciplinas básicas de Biologia dos cursos de ciências da saúde da UESB.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar as representações de Biotecnologia em alunos recém-ingressos na UESB, nas disciplinas de *Biologia Básica* e *Citologia e Genética* nos cursos de Odontologia e Fisioterapia;
- b) Acompanhar os processos de tomada de consciência dos sujeitos, usando diferentes instrumentos de análise (questionário, construção de mapas conceituais e filmagens);

⁸ As transformações referem-se à forma e ao conteúdo.

- c) Investigar os níveis de conceituação de cada sujeito e as possibilidades de intervir nessas construções, de maneira a favorecer desequilíbrios necessários ao processo de conceituação.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Apresentaremos, neste capítulo, os conceitos-chave da teoria piagetiana: assimilação, acomodação, organização, adaptação, equilíbrio e autorregulação. Também daremos um enfoque mais acentuado à questão do interacionismo na obra de Piaget, procurando relacionar as novas descobertas no campo das biociências, principalmente as pesquisas em epigenética, que demonstram a importância, tanto dos genes quanto do meio, no desenvolvimento dos sujeitos.

2.1 CONCEITOS-CHAVE DA EPISTEMOLOGIA GENÉTICA

Piaget é, sobretudo, um epistemólogo. Sua preocupação epistemológica surge da necessidade de explicar a passagem da evolução biológica, e principalmente psicológica, do ser humano para a construção do conhecimento científico –, pois ele tenta descrever uma embriogênese do conhecimento. Com isso, o autor procura preencher uma grande lacuna, ainda não explorada na época: a continuidade entre sistemas biológicos e cognitivos. (PIAGET; GARCIA, 1988)

A sua tese central estabelece que apesar da grande diferença **estrutural** entre sistemas biológicos e cognitivos, ambos apresentam como **fonte comum** a adaptação de um organismo biológico ao meio que o cerca, por meio de processos de assimilação, acomodação e organização, que desempenham funções semelhantes. (PIAGET; GARCIA, 1988)

Para Piaget, existe correspondência de funções, isto é, isomorfismos parciais de estruturas entre a organização biológica e as funções cognitivas dos sujeitos. Dito desta forma, os dois sistemas (biológico e cognitivo) obedecem a mecanismos de desenvolvimento semelhantes, os quais apresentam características comuns e particularidades próprias a cada domínio. Tratam-se, portanto, de sistemas abertos que interagem com o ambiente. Entretanto, apesar de serem sistemas abertos, se fecham em ciclos, constituindo um equilíbrio estacionário. Assim, a Epistemologia Genética é, sobretudo, uma teoria do conhecimento **interacionista**. (PIAGET, 1976b; PIAGET; GARCIA, 1988)

Vejamos um exemplo destas correspondências entre o biológico e o cognitivo, pelo próprio Piaget, ao tentar definir o termo assimilação em sua obra *Biologia e conhecimento* (PIAGET, 1973a). Para o autor, há correspondência entre os termos assimilação genética⁹ e assimilação clorofiliana,¹⁰ extraídos da biologia, e assimilação no plano cognitivo, porque todos permitem a integração do que é assimilado a estruturas prévias, que podem permanecer invariáveis ou ser modificadas por essa própria integração – não são destruídas, mas simplesmente acomodam-se à nova situação. (PIAGET, 1973a)

Assim, a assimilação caracteriza-se pela integração do indivíduo ao meio, sem que para isso a organização das estruturas da inteligência precise ser alterada. Já a acomodação implica a alteração das estruturas existentes da inteligência, em função das propriedades do meio, ou seja, é a necessidade da assimilação de dar conta das particularidades próprias aos elementos assimilados. (PIAGET, 1976b) No campo biológico, a acomodação está em jogo nas modificações dos seres vivos resultantes da pressão do meio. Por exemplo, a planta *Sagittaria sagitifolia*, diante de mudanças ambientais, é capaz de adaptar-se tanto a um ambiente terrestre quanto a um aquático. Quando o nível de água sobe e a submerge, a planta muda de estrutura, em alguns dias, assumindo sua forma aquática; quando o nível de água diminui, a plana retoma a sua forma terrestre. Trata-se, portanto, de um processo reversível, e ocorre com transformações estruturais, que envolvem modificações epigenéticas bastante complexas. (MATURANA; VARELA, 2001) No campo fisiológico, a acomodação da retina após um virar brusco de cabeça é um exemplo de acomodação. (PIAGET, 1973a)

Desse modo, a inteligência, como um processo particular de adaptação biológica, é indissociável de seus dois mecanismos: assimilação e acomodação. Estes representam os dois polos de interação entre um organismo e o meio. Assim, dizer que a inteligência é um processo particular de adaptação biológica é supor que é essencialmente uma organização, cuja função é estruturar o universo, assim como o organismo estrutura seu ambiente. Essa organização deve apresentar um grau ótimo entre suas estruturas internas para que seu bom funcionamento seja garantido, o que significa que a alteração de uma é suficiente para provocar uma reestruturação da organização de sua totalidade. (PIAGET, 1987)

⁹ Assimilação genética é um conceito desenvolvido por Conrad Hal Waddington (1905-1975), a partir de experimentos realizados com moscas de frutas – *Drosophila melanogaster* –, no qual ele constata que um estímulo ambiental pode promover um aumento na variação fenotípica, sob genéticas extremas ou ambientes de perturbação. Com o passar das gerações, algumas modificações acontecem independentemente do estímulo, ou seja, são fixadas na população. (WADDINGTON, 1953)

¹⁰ Fenômeno pelo qual as plantas verdes, na presença da luz, elaboram matérias orgânicas a partir de alimentos minerais, utilizando, para isso, o gás carbônico – é a transformação da luz visível em energias integradas ao funcionamento do organismo. (PIAGET, 1973a)

A assimilação, a acomodação e a capacidade de autorregulação, que conduzem à organização, desempenham um papel fundamental em todo conhecimento. Por meio desses mecanismos, os sujeitos criam uma rede de conexões, que atribuem novos níveis de significados ao objeto estudado. Quando estamos estudando uma disciplina, assimilamos muitos dos conhecimentos a estruturas já construídas; assim, a capacidade de estabelecer novas relações ou implicações permite ao sujeito atualizar seus significados, avançando em direção a conceitos mais gerais e, então, a conceitos científicos, alcançando novos níveis de compreensão do objeto. Ao mesmo tempo em que o sujeito avança, ampliando seu nível de compreensão, o objeto é refinado e modificado. Desse modo, o sujeito recria-se no tempo e na história. (PIAGET, 1973a)

Assim, o conhecimento contém sempre, e necessariamente, um fator fundamental de assimilação – o único a conferir significado ao que é percebido ou concebido, pois uma informação transmitida ao aluno pelo professor não tem sentido, a menos que seja assimilada a um esquema de conjunto que compreenda uma necessidade, promovendo e fixando transformações (acomodação). Portanto, a acomodação implica a alteração das estruturas existentes em função das propriedades do meio – os elementos assimilados do meio se transformam. Para Piaget, conhecer não consiste em copiar o real, mas em agir sobre ele e transformá-lo. (PIAGET, 1973a)

Entretanto, o termo adaptação sofre modificações na obra piagetiana. Em um dado momento, é entendido em termos de um equilíbrio progressivo (equilíbrio majorante). Assim, adaptação pressupõe sempre um equilíbrio entre assimilação e acomodação. O equilíbrio cognitivo distancia-se de um equilíbrio mecânico e termodinâmico, aproximando-se de um equilíbrio biológico, estático (homeostase) e dinâmico (homeorrese), pois estes são, ao mesmo tempo, abertos (no sentido de troca com o meio) e fechados (enquanto ciclos). Em outras palavras, o equilíbrio é estacionário – pois dizer que o sistema é estacionário significa dizer que o sistema não permanece estável, que existem flutuações com respeito a um valor médio. “Essas flutuações são devidas seja a variações *internas*, seja a variações *externas* do meio. Mais além de certo umbral, estas flutuações geram a instabilidade do sistema: é o ponto de ruptura das condições estacionárias (o desequilíbrio)”¹¹ (PIAGET; GARCIA, 1988, p. 121)

Também partimos do pressuposto de que os alunos, por serem **universitários** e terem enfrentado questões de vestibular – que envolvem cálculos matemáticos complexos e questões de raciocínio que só quem opera formalmente conseguiria responder – operam no formal. No

¹¹ Tradução livre, para fins deste texto, do espanhol *Hacia una logica de las significaciones*, de Jean Piaget e Rolando Garcia (1988, p. 121).

entanto, dizer que os sujeitos apresentam estruturas características de certo estágio (neste caso formal) não significa, pois, que os estágios estão definidos por certa estrutura lógica. Nossas pesquisas atuais e outras pesquisas anteriores (ANDRADE; PAULA; VAINSTEIN, 2009, 2010) têm demonstrado que, em se tratando de conhecimentos na área de biotecnologia, os alunos apresentam representações elementares, próprias a um pensamento transdutivo (mítico/intuitivo).

Assim, mesmo estando no estágio formal do pensamento, cada estrutura segue uma linha de construção que lhe é própria, e as diversas linhas de desenvolvimento (ramificações) não coincidem, visto que os estágios de desenvolvimento não estão determinados pelo desenvolvimento de relações lógicas singulares como tais – as relações lógicas constroem-se lentamente com fragmentos de estruturas, que se coordenam gradualmente até a emergência de novas estruturas, em uma organização interna mais coerente. Contudo, cada fragmento pode se apresentar em um nível de desenvolvimento diferente dos outros, pois um estágio não é definido por uma ou outra linha de desenvolvimento, mas por aquilo que o sujeito é capaz de fazer com todos os fragmentos de estruturas que construiu até o momento. (PIAGET; GARCIA, 1988)

No trabalho proposto, é a leitura de diferentes textos científicos (sobre biotecnologia) e a discussão em grupo sobre eles que permitirão ao aluno assimilar novas informações, a partir de seus conhecimentos prévios, gerando desequilíbrios. Na busca da solução dos conflitos, o sujeito promove uma reorganização mental, acomodando as novas informações, reequilibrando-se. É esse equilíbrio progressivo entre assimilação (de informações dos textos científicos) e acomodação (a estruturas prévias) que vai permitir ao sujeito avançar nos conhecimentos específicos da área (biotecnologia).

Assim, a construção do conhecimento pelos sujeitos avança mediante o processo de tomada de consciência por meio dos mecanismos de desequilíbrio e equilíbrio. Os desequilíbrios (perturbações que resultam de conflitos momentâneos) e as reequilibrações (não um retorno à forma anterior de equilíbrio, mas um melhoramento – equilíbrio majorante) constituem um fator essencial, como fontes de progresso que permitem a ultrapassagem do seu estado atual. É nessa predisposição, definida pela necessidade sempre renovada de estabelecer o equilíbrio por meio dos mecanismos de adaptação envolvidos nas relações de troca do indivíduo com o seu meio, que é produzido o conhecimento. No contexto da aprendizagem, buscar “desequilibrar” os sujeitos pode, segundo a abordagem interacionista, fazer com que eles reflitam sobre sua ação, seus erros, para, a partir dessa reflexão, construir seu conhecimento. (PIAGET, 1976b; PIAGET; GARCIA, 1988)

Desse modo, a necessidade é intrínseca ao sujeito; o necessário é sempre relativo a suas atividades. (PIAGET, 1976b) O sujeito piagetiano é, portanto, um sujeito ativo, que estrutura o mundo, estruturando seus próprios instrumentos de estruturação, isto é: sua lógica – a Epistemologia Genética procura demonstrar que a lógica é construída pela criança, ou seja, não é inata (ou *a priori*), e muito menos se origina diretamente da experiência; nem é recebida da experiência por mediação da linguagem (tese do empirismo lógico). (PIAGET; GARCIA, 1988)

Piaget procura explicar como um sujeito cognoscente desenvolve relações e estruturas lógicas até o nível de um adulto normal. Dessa forma, as relações e estruturas lógicas desempenham um papel fundamental, como instrumentos assimiladores que permitem ao sujeito aprender e organizar o conhecimento. Entretanto, até que ocorra a estruturação lógica do pensamento (ordem, encaixes, correspondências etc.), existem múltiplos degraus e generalidades na coordenação das ações. É inegável que a capacidade de refletir dos sujeitos (pensamento reflexivo) é proporcional ao quanto se aproximam dessas formas gerais que estão na origem das estruturas lógico-matemáticas. (PIAGET; GARCIA, 1988)

O termo adaptação explica-se, também, em um dado momento, em termos de *abstração reflexionante*, que encarna o processo dialético por meio do qual o ser humano cresce, se socializa e conhece. Assim, para Piaget (1995), existem duas formas de abstração: empírica e reflexionante. A abstração empírica é também uma espécie de operação (em certo sentido), mas em um grau menor – e se limita a escolher, dentre os observáveis perceptíveis, aqueles que respondem a uma dada questão. A abstração reflexionante apoia-se sobre as formas e sobre todas as atividades cognitivas do sujeito (esquemas ou coordenação de ações, operações, estruturas etc.) para delas retirar certos caracteres e utilizá-los em outras finalidades (novas adaptações, novos problemas etc.). Contudo, ela é reflexionante, em dois sentidos complementares. Em primeiro lugar, transpõe a um patamar superior o que colhe em um patamar precedente (por exemplo, ao conceituar uma ação) – esta projeção o autor denomina de reflexionamento (*réfléchissement*). Em segundo lugar, ela deve necessariamente reconstruir, em um novo plano B, o que foi colhido em um plano de partida A, ou pôr em relação os elementos extraídos de A com os já situados em B. Esse processo é chamado de reflexão.

Esses dois componentes da abstração reflexionante (reflexionamento e reflexão) podem ser observados em todos os níveis de desenvolvimento, dos patamares sensório-motores até as formas mais elevadas de pensamento científico. Porém, nos níveis superiores, quando a reflexão é obra do pensamento (existe literalmente tomada de consciência), fala-se

em abstração refletida (*réfléchie*) ou em pensamento reflexivo (*réflexive*). Quando a reflexão for sobre reflexões anteriores (operações sobre operações), falaremos em metarreflexão. (PIAGET, 1995)

No entanto, esse instrumento cognitivo específico, que Piaget chamou de “abstração reflexiva” (tomada de consciência) desempenha um papel central na sua teoria. Por meio dele, podemos compreender, com mais riqueza, os processos de construção de novas relações estruturais, o que permite um desenvolvimento ou crescimento contínuo e, por consequência, a emergência de diferentes níveis, o que nos remete a uma psicogênese, isto é, a um desenvolvimento das estruturas mentais do sujeito – as estruturas se constroem lentamente por processos que envolvem coordenação das ações e conduzem a sucessivas tomadas de consciência. É nesse sentido que estudaremos mais detalhadamente o processo de tomada de consciência.

Em resumo, na obra piagetiana, o conceito de adaptação evolui: inicialmente remete ao sentido da biologia clássica, lembrando um **fluxo irreversível**; em um segundo momento, é explicado em termos de um **equilíbrio progressivo** – equilibração majorante. Já em um terceiro momento, o termo adaptação é explicado em termos da **abstração reflexionante**, que encarna o processo dialético através do qual o ser humano cresce, se socializa e conhece. (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998)

Também devemos frisar que adaptação, para Piaget, nada mais é que a troca entre o organismo e o meio, ou entre o sujeito e o objeto. Aqui repousa uma ideia central de sua teoria: o sujeito e o objeto não têm existência prévia, *a priori*, pois eles se constroem mutuamente, na **interação**:

[...] o conhecimento não está no sujeito nem no objeto, mas ele se constrói na interação do sujeito com o objeto. É na realidade que o sujeito interage (e, portanto, age sobre e sofre a ação do objeto), que ele vai produzindo sua capacidade de conhecer e vai produzindo também o próprio conhecimento. Esta é a razão da teoria piagetiana ser chamada de [...] construtivismo interacionista. (FRANCO, 1995, p. 21)

2.2 INTERACIONISMO, EPIGENÉTICA E EPISTEMOLOGIA GENÉTICA

Neste tópico, procura-se compreender, a partir de diferentes leituras, a questão do interacionismo na elaboração do conhecimento. Trata-se, ainda, de uma questão muito polêmica, pois, apesar de existir consenso sobre a importância da influência do meio sobre a

genética do indivíduo, avigorado pelos novos estudos na área de Epigenética, ainda não há consenso sobre a proporção em que cada um desses fatores atua sobre o indivíduo; nem mesmo Piaget fixou uma proporção, ao demonstrar a importância do interacionismo na construção do conhecimento.

Muitos psicólogos e geneticistas atuais acreditam que o comportamento humano não resulta exclusivamente dos genes. Para Steven Rose (1997, p. 19), “[...] na atualidade é impensável, para qualquer cientista sério negar o social em favor do biológico ou vice-versa”. O geneticista Newton Freire Maia (apud MARTINS et al., 1993, p. 21), reforça:

[...] é um erro básico pensar que agressividade, alcoolismo, orientação sexual e violência urbana resultem exclusivamente dos genes. A genética não é algo fatal, que não há como alterar, pois em todos esses casos está claramente demonstrada a influência do modo de vida e do ambiente.

A psicóloga Lídia Rosemberg (apud MARTINS et al., 1993, p.21) complementa: “A biologia não é destino em se tratando de seres humanos. No caso da estatura, os genes não definem a altura, mas um leque de probabilidades de tamanhos. Se a pessoa for subnutrida, chegará apenas à altura mínima [...]”.

Para Steven Rose (1997), apesar de cientistas de diferentes áreas apresentarem uma visão não reducionista do comportamento, interpretações deterministas e reducionistas ainda permeiam o meio científico. Por exemplo, em seu artigo *A perturbadora ascensão do determinismo neurogenético*, ele ressalta:

[...] o determinismo neurogenético proclama ser capaz de explicar tudo – da violência urbana à orientação sexual – pelas propriedades do cérebro ou pelos genes. Assim, uma pessoa é homossexual porque tem ‘cérebro gay’ – produto, por sua vez, de ‘genes gay’; uma mulher fica deprimida porque tem ‘genes’ para ‘depressão’; há violência nas ruas porque as pessoas têm genes ‘criminosos’ ou ‘violentos’; indivíduos embriagam-se porque têm genes ‘favoráveis’ ao alcoolismo; e vai por aí. Esta corrente, com certeza, tem algo a ver com a explosão da nova genética e das mais recentes técnicas neurocientíficas. Mas, na realidade, ela representa um retorno a ideias reducionistas, tão antigas quanto retrógradas [...]. (ROSE, 1997, p. 18)

Entretanto, com as novas pesquisas em epigenética, essas duas correntes perdem cada vez mais sua força, pois é inegável o papel do meio no desenvolvimento dos seres humanos – Piaget, antes mesmo de todas as pesquisas na área de epigenética, já formulou um modelo teórico **interacionista**, onde ambos, ambiente e sujeito, são importantes na construção do conhecimento. Com isso, suas formulações procuram ultrapassar dialeticamente posturas apriorísticas (de primado do sujeito sobre o objeto, S → O) ou finalistas (de primado do

objeto sobre o sujeito, $S \leftarrow O$), tão consolidadas naquela época e, como sustenta Rose (1997), ainda tão presentes hoje em dia.

Assim, com os avanços recentes das bases moleculares e da informação genética, a partir da dupla hélice do DNA, podemos constatar que a crítica ao primado do organismo sobre o meio se ajusta às descobertas recentes nessa área, que já não interpretam os seres vivos, como se estivessem isolados do meio ambiente, em relação a suas informações hereditárias. Antes, o genoma era interpretado como uma estrutura “fechada” à ação direta do meio. Hoje, sabe-se que há janelas de comunicação entre organismo e meio, situadas desde os níveis moleculares e indo até o nível cognitivo. Isso se contrapõe à ideia de um ser humano autônomo e independente em relação ao meio. (CUNHA, 1999)

No campo biológico, a interpretação de Piaget sobre os processos adaptativos desencadeia uma série de discussões sobre a evolução dos seres vivos, nas quais ele procura ultrapassar o modelo Lamarckiano (de primado do meio sobre o organismo, $M \rightarrow Or$) e o neodarwinismo clássico (o mutacionismo, do primado do organismo sobre o meio $M \leftarrow Or$), em direção ao modelo das biologies relacionais, pelo qual o organismo e o meio se constroem mutuamente, na **interação** ($Or \leftrightarrow M$). Em *Biologia e conhecimento*, Piaget (1973a, p. 312) enfatiza:

[...] depois de mais de meio século de discussões ásperas e dogmáticas entre os neolamarckianos, que aceitam o conjunto do sistema, e os neodarwinianos, que o rejeitam em bloco, excluindo porém antes de tudo a herança do adquirido, percebemos hoje que os dois processos gerais invocados por Lamarck e finalmente aliás admitidos por Darwin, são aceitáveis um e outro, e que só é preciso retocar, embora bastante profundamente, os mecanismos de ordem causal que se julgam explicá-los.

É nesse sentido que, para Piaget (1973a), a explicação dos mecanismos evolutivos avança para um *tertium*.¹² Trata-se de uma explicação alternativa entre o lamarckismo¹³ e o neodarwinismo clássico (mutacionismo), sem negar ambos. Essa explicação se orienta,

¹² Zelia Ramozzi-Chiarottino publicou, em 2011, o artigo *A atualidade de Jean Piaget: a embriologia mental e a demonstração, nos EEUU, do RNA influenciando sobre o DNA a partir das agressões do meio*. Neste artigo, a autora ressalva que “[...] se considerarmos o ponto de vista da Filosofia da Ciência de Gilles Gaston Granger (nosso Mestre e ex-*‘directeur de thèse’*), a teoria da epigênese, em relação ao darwinismo, revelaria uma mudança de paradigma no âmbito da Biologia porque todos os conceitos darwinistas foram redefinidos no âmbito de um novo universo, o epigenético: evolução, mutação aleatória, seleção natural, passam a ter outras definições e outras significações. Mudou o modelo de evolução, mudaram todos os conceitos, os quais foram redefinidos no âmbito do novo paradigma[...]”. (RAMOZZI-CHIAROTTINO, 2011, p. 5)

¹³ Para Piaget (1973a, p. 313), Lamarck foi alvo de críticas bastante severas, pois apesar de se preocupar apenas com o meio como fator de transformações e com as tendências do organismo para escolher um meio conveniente, não se pode pôr em dúvida a importância desse fator para a adaptação do organismo. Entretanto, foi preciso “[...] a coragem e a autoridade de Waddington para falar de novo em ‘herança do adquirido’, mas fornecendo, com a noção de assimilação genética, um outro modelo causal”.

efetivamente, na direção de uma teoria da autorregulação (teoria cibernética) dos processos biológicos e tem sua continuidade na formação das estruturas de conhecimento. Nesta explicação alternativa, que insere a teoria da “paisagem epigenética”¹⁴ de Waddington, a evolução e as mutações seriam determinadas pelas exigências do meio ambiente e a seleção por processo endógeno.

Desse modo, com os novos estudos da epigenética (que se refere a mudanças reversíveis e herdáveis no genoma funcional, que não alteram a sequência de nucleotídeos do DNA¹⁵), o dogma da não hereditariedade das características adquiridas, proposto por Lamarck, é, então, posto em cheque. Embora a sequência de DNA primária defina os limites da expressão potencial de um gene, os padrões de expressão destes nos organismos sofrem influências ambientais. (ALBERTS, 2010; PIAGET, 1973a)

Para Piaget, como vimos, foi preciso a coragem e a autoridade de Waddington para falar de novo em **herança do adquirido**, mas fornecendo outro modelo causal: a noção de assimilação genética. Assim, já naquela época, o autor – influenciado pelas pesquisas de Waddington, mas também por suas próprias pesquisas, realizadas em 1929, com caramujos aquáticos (*Limnaea stagnalis* L.)¹⁶ – enfatizava a influência do meio sobre o genoma, resgatando, de certa forma, as ideias lamarckianas:

[...] as dificuldades da interpretação lamarckiana não se prendem aos processos gerais invocados, mas à ignorância dos fatores de regulação interna do organismo e do genoma, assim como das variações endógenas. O resultado é que o organismo, em lugar de aceitar passivamente as pressões do meio (Lamarck aliás já admitia a atividade do ser vivo na escolha desse meio), assimila-as a estruturas dotada de auto-conservação [...] falta compreender, nos detalhes do mecanismo causal, como o genoma pode adquirir informações sobre o meio [...]. (PIAGET, 1973a, p. 313, grifo nosso)

¹⁴ Paisagem epigenética, para Waddington, representa o potencial de desenvolvimento dos seres vivos, que são geneticamente determinados, mas que variam entre os indivíduos. Entretanto, para o autor, existem vários caminhos necessários (creodos) que o organismo ou suas partes descrevem em seu desenvolvimento. Existem caminhos mais e menos estáveis. Os caminhos mais estáveis são mais difíceis de serem modificados (quando ocorre um problema) em favor de outros. A construção desses caminhos implica ramificações e cada ramificar-se é um momento de possível desintegração caótica ou de duas novas trajetórias, cada uma com sua estabilidade. O ser vivo, neste modelo, é concebido por um conjunto de sistemas que se autorregulam, isto é, que seriam capazes de, por intermédio da troca com o meio, criar mecanismos que respondessem com facilidade às tensões ambientais, modificando-se e adaptando-se. (WADDINGTON, 1942, 1976, 1979)

¹⁵ A epigenética inclui o estudo de como os padrões de expressão são passados para os descendentes; como ocorre a mudança de expressão espaço temporal de genes, durante a diferenciação de um tipo de célula, e como fatores ambientais podem mudar a maneira como os genes são expressos. (ALBERTS, 2010)

¹⁶ Nas pesquisas sobre caramujos aquáticos, Piaget conclui que *Limnaea stagnalis* L. apresenta-se, em relação ao formato da concha, diferenciada quanto às formas (*lacustres* e *bodamica*). Essa diferença morfológica é consequência de um processo adaptativo, que ocorre quando essa espécie se encontra em ambientes de águas calmas e turbulentas. Por exemplo, a forma (*stagnalis*), em ambientes de águas calmas, possui normalmente uma concha de forma alongada; quando muda de ambiente, passando ao habitat de águas turbulentas, com ventos fortes e ondas, adquire uma forma de concha curta (contraída), com abertura alargada (formas *lacustres* e *bodamica*). A forma encurtada da concha deve-se aos movimentos do animal, quando se fixa fortemente contra as pedras, na turbulência das águas. Trata-se, evidentemente, de um caso de assimilação genética, no sentido de Waddington, isto é, de fixação hereditária de uma variação fenotípica. (PIAGET, 1973a)

Nos mecanismos de regulação epigenética, alguns fatores, tais como: (1) modificação de histonas,¹⁷ (2) modificações no DNA e (3) atuação dos RNA não codificadores,¹⁸ já têm sido elucidados em muitas pesquisas (BENDER, 2004; FRAGA, M. F. et al., 2005; JUNKO et al., 2009; MCGOWAN et al., 2009; WATERLAND; JIRTLE, 2003; WEAVER, I. et al., 2004) Essas pesquisas têm demonstrado como ocorrem essas modificações em resposta a sinais ambientais. Por exemplo, trabalhos laboratoriais realizados pelo grupo de Waterland e Jirtle (2003), utilizando fêmeas grávidas de murganhos, demonstraram como as mudanças na dieta podem influenciar as crias. O seu pelo pode ser castanho, amarelo ou manchado, dependendo se o gene *agouti* é metilado ou não durante o desenvolvimento embrionário. Quando as fêmeas grávidas são alimentadas com comida enriquecida em suplementos metilados, como o ácido fólico e a vitamina B12, a maior parte das crias nasce com pelo castanho. A maioria dos murganhos controle, cuja alimentação não tem suplementos, nasce com o pelo amarelo.

No campo comportamental, que é uma forma complexa de interação organismo/meio, e principal foco de interesse de Piaget, pesquisas têm demonstrado a importância dos genes e do meio na determinação do comportamento dos indivíduos. Por exemplo, estudos realizados pelo grupo de Michael J. Meaney, na McGill University, em Montreal, têm comprovado que existe um efeito comum em ratos¹⁹ e seres humanos,²⁰ no comportamento maternal, que envolve alterações no DNA por meio da regulação epigenética da expressão de receptores glicocorticoides no hipocampo. Assim, os filhotes de ratos, cujas mães são cuidadosas, desmetilam o DNA, enquanto os filhotes, cujas mães cuidam pouco, não fazem desmetilação.

¹⁷ As histonas foram descobertas em 1884 por Albrecht Kossel. A palavra “histona” é datada do fim do século XIX e deriva da palavra alemã “Histon”, de origem incerta: talvez do grego *histanai* ou de *histos*. Até a década de 1990, as histonas eram vistas somente como matriz para o enrolamento do material genético (DNA). Só a partir de estudos atuais foi descoberto o papel regulador das histonas. Essa regulação envolve modificações das histonas por processos que abarcam radicais acetilo (CHCO-) e metilo (CH3). A acetilação e a metilação abre a cromatina e ativa a transcrição, sendo que a desacetilação e a desmetilação condensam a cromatina e inibem a transcrição. (ALBERTS, 2010; BENJAMIN, 2009; JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2000)

¹⁸ RNA não codificadores que estão relacionados ao silenciamento pós-transcricional de genes, por meio do mecanismo de RNA de interferência (siRNA) e de micro-RNA (miRNA), no qual ambos se ligam ao RNA mensageiro (RNA-m), perturbando sua estabilidade e interrompendo o processo de tradução da informação gênica em estruturas proteicas e agindo como elementos de regulação epigenética. Além da ação bloqueadora da transcrição, os siRNA também podem ser associados à metilação de sequências de DNA. Quanto à ação dos siRNA sobre o DNA, Ramozzi-Chiarottino (2011) publicou o artigo *A atualidade de Jean Piaget: a embriologia mental e a demonstração, nos EEU, do RNA influenciando sobre o DNA a partir das agressões do meio*. Nesse artigo, a autora ressalva que Piaget, por dedução, já havia previsto a ação do RNA (siRNA e miRNA) sobre o DNA, a partir das agressões do meio.

¹⁹ O hipocampo é responsável pela liberação de RG (receptor de glicocorticoides), que promove a inibição de corticoides. Desse modo, a expressão deste receptor é maior em mães que cuidam mais de seus filhotes (lambem mais os filhotes) e menor nas que cuidam menos (lambem pouco). Assim, os filhos de mães que cuidam pouco possuem um hipocampo que é menos eficiente em perceber os níveis de corticoides e inibir a liberação de HLC (corticotropina) pelo hipotálamo, que promove a inibição de corticoides. Estes animais, então, atingem níveis mais altos de corticoides e respondem mais intensamente ao estresse. (WEAVER, I. et al., 2004)

²⁰ Estudos em seres humanos têm demonstrado que crianças que sofrem abuso sexual na infância apresentam alteração nas respostas ao estresse HPA e consequente aumento de risco de suicídio. Foram encontradas diferenças epigenéticas em um receptor de glicocorticoides neurônio-específica (NR3C1). (MCGOWAN et al., 2009)

Os resultados em humanos são similares e sugerem uma hipermetilação da região promotora de DNA no hipocampo de suicidas com história de abuso sexual (na primeira infância) e negligência; ausente em suicidas que não foram vítimas desse tipo de violência. (MCGOWAN et al., 2009; WEAVER, I. et al., 2004)

Outros estudos apontam que as modificações epigenéticas na função neural afetam os circuitos neurobiológicos, influenciando a memória e a aprendizagem. (ALARCÓN et al., 2004; FENG et al., 2010; GILBERT; EPEL, 2009; JUNKO et al., 2009) e a saúde física e mental (KRISTENSEN; NIELSEN; HANSEN, 2009; MASTROENI et al., 2010; ORDOVÁS; SMITH, 2010; MEHLER et al., 2008; SZYF; MCGOWAN; MEANEY, 2008) Por exemplo, nos estudos de Arai e colaboradores (2009), realizados com ratos criados em ambiente enriquecido – que inclui exposição a novos objetos, elevada interação social e exercícios voluntários –, os resultados apontam uma melhora na memória de longo prazo. Além disso, apontam para outro resultado surpreendente: não só nesses ratinhos expostos ao referido ambiente, mas também nas gerações futuras, ao longo da adolescência, mesmo que essa geração nunca tenha sido exposta a esse ambiente enriquecido, a memória de longo prazo permanece melhorada, o que implica que essa característica é transmitida para as novas gerações, o que corrobora o conceito de fenocópia²¹ de Piaget, de que alterações fenotípicas vantajosas podem ser assimiladas pelo genótipo, tornando-se hereditárias.

Para Cunha (1999), Piaget utilizou o termo fenocópia para atender a suas hipóteses de que a construção do conhecimento é um processo gradual, que ocorre a partir da *interação* do organismo com o meio. Piaget entende que este não se impõe ao organismo, transformando-o aleatoriamente: “Todavia, a adaptação vital decorrente de suas interações gera alterações orgânicas, que podem ser assimiladas pelas informações genéticas, de forma a conferir uma maior variabilidade a estes organismos, desde que estes organismos tenham capacidade para isso”. (CUNHA, 1999, p. 145)

Uma mesma linha de pensamento advém de Maturana e Varela (2001), a partir do conceito de acoplamento estrutural. Para os autores, o acoplamento estrutural é sempre mútuo – o organismo e o meio sofrem modificações. Por exemplo, a produção de oxigênio pelos organismos aeróbicos, há milhões de anos, desde a origem desses organismos, desencadeou uma mudança estrutural na terra, pelo crescimento significativo da porcentagem desse gás na atmosfera. Sua presença levou a uma seleção de variedade estrutural em muitas linhagens de

²¹ Fenocópia pode ser definida assim: quando “[...] um novo caráter apresenta-se sob uma forma fenotípica, depois, após uma fase em que se encontra uma mistura de fenótipos e de genótipos nascentes, o mesmo caráter, ou pelo menos a sua ‘cópia’, torna-se propriedade de um genótipo estável”. (PIAGET, 1973a, p. 92)

seres vivos, chegando quase a dizimar toda a vida anaeróbica. Entretanto, o habitual é achar que é o ambiente que seleciona os organismos, e não que ocorra uma série de interações na quais organismos e meio se modificam mutuamente; existe uma compatibilidade ou comensurabilidade, na qual meio e organismo atuam como fontes de perturbações mútuas, promovendo mudanças de estado. (MATURANA; VARELA, 2001)

Como já dito anteriormente, fatores positivos (ambientes enriquecidos, alimentação equilibrada, interações sociais, atividade física etc.) ou negativos (alimentação não saudável, hábito de fumar, uso de esteroides, certas drogas, estresse grave, produtos químicos agrícolas etc.) podem modular o epigenoma, durante qualquer fase do desenvolvimento, e esse processo pode ser transmitido hereditariamente. Entretanto, outras pesquisas (AMES, 1997; GRANTHAM-McGREGOR et al., 1991; NELSON, 2007) têm demonstrado que esses efeitos epigenéticos podem ser prevenidos – ou até mesmo revertidos –, o que abre um grande leque de possibilidades de intervenção humana, em todas as áreas, principalmente no campo educacional. Os trabalhos realizados por Grantham-Mcgregor e outros pesquisadores (1991), por exemplo, revelam que crianças que nascem com nanismo podem se aproximar do desempenho de crianças controle, após 24 meses, se forem bem-nutridas e estimuladas, após o nascimento. Esses dados corroboram a hipótese de que efeitos epigenéticos podem ser prevenidos ou revertidos, com uma boa nutrição e estimulação.

Assim, podemos pensar, em nosso genoma, como uma grande combinatória, que pode exprimir características e comportamentos muito diferentes, devido a diferentes expressões dos genes, que podem ser ativados ou desativados por agentes externos aos próprios genes. A biologia, nesta perspectiva, não é destino para os seres humanos. Segundo Piaget (1973a, p. 159),

[...] foi preciso que um grande embriologista se tornasse geneticista, como foi o caso de Waddington, para que se compreendesse enfim até que ponto é impossível explicar a variação evolutiva unicamente pelas noções de pré-formação ou de acaso, negando as ações do meio. Desde o momento em que se descobriu que a seleção só alcança os fenótipos, e que o fenótipo é, durante todo seu desenvolvimento, uma série de ‘respostas’ do genoma às tensões do meio, ou que o meio é organizado pelo organismo assim como orienta a variação fenotípica, etc., tem-se então a direção desses ‘círculos cibernéticos’. O desenvolvimento revela-se constituído por uma série de organizações de escalas variadas, mas constantemente subordinadas a esta causalidade circular.

Desse modo, a compreensão piagetiana dos mecanismos evolutivos²² e do comportamento direciona-se para uma escolha, uma necessidade de reconstrução endôgena. Sob a influência do genoma, o animal “escolhe” e “modifica” seu meio, antes de aceitar, de retorno, as ações que intervêm na formação do fenótipo. O comportamento consiste exatamente nisso: em um conjunto de escolhas e de ações sobre o meio que organiza de maneira ótima as trocas. “O aprendizado não constitui de modo algum exceção a essa definição, porque, ao adquirir novos condicionamentos e novos hábitos, o ser vivo assimila os sinais e organiza esquemas de ação que se impõem e ao mesmo tempo se *acomodam* ao meio”. (PIAGET, 1973a, p. 45, grifos nossos)

Para Piaget (1973a), a ideia de que sujeito e objeto se constroem na *interação* com o mundo sugere uma possível otimização dos mecanismos de equilíbrio, os quais proporcionam aos seres vivos uma autonomia e um domínio progressivo sobre o meio. “Nessa perspectiva, os sistemas de regulação genética teriam sido pressionados a evoluir, aprimorando sua capacidade de interagir com o ambiente, ou seja, tornando-se mais eficientes nos processos de reequilibrção”. (CUNHA, 1999, p. 149) Assim, ao procurar compreender o processo de adaptação dos seres vivos ao ambiente, Piaget chegaria também às causas do desenvolvimento cognitivo.

Para Almeida e Falção (2008), há convergência entre a teoria piagetiana e as ideias contemporâneas sobre o tema, como, por exemplo, a de “clausura operacional”, elaborada por Maturana e Varela (2001). Nesta concepção, os organismos são entendidos como **sistemas abertos até certo ponto**, sendo preciso considerar a relação dialética entre essa abertura e o seu fechamento funcional, em termos de **ciclos**, nos quais a identidade dos organismos está especificada por uma rede de processos dinâmicos fechados, enquanto operam. Em relação ao papel desempenhado pelo ambiente, na elaboração de sua teoria sobre a evolução, Piaget acredita que os organismos são construtores de seus próprios ambientes (ideia que se aproxima à de Lewontin (apud ALMEIDA; FALÇÃO, 2008). Assim, Almeida e Falção (2008) consideram que o aspecto teórico crucial que une as perspectivas de Piaget e dos pesquisadores atuais, em biologia evolutiva, é a proposição tríplice, segundo a qual: (1) o ambiente tem um papel importante na evolução orgânica; (2) os organismos vivos constituem-

²² Para Almeida e Falção (2008, p. 5), na compreensão de Piaget “[...] os mecanismos evolutivos não poderiam deixar de considerar o meio interno do organismo e as modificações que aí se produzem sob a influência de novos fenótipos. Mesmo que as mutações surjam neste contexto de natureza aleatória, a seleção do meio interno obedece a um mecanismo adaptativo muito mais preciso que a seleção natural, tendo em vista as correções contínuas das regulações epigenéticas. Pois, contrariamente às simples ações externas do tipo lamarckiano ou seleção externa do tipo darwiniano, todo esse mecanismo baseia-se na necessidade de reconstruções endógenas”.

se em sistemas abertos, e (3) mecanismos cibernéticos estão envolvidos nos processos evolutivos.

Na formulação de sua teoria, Piaget (1973a) já era sensível às pesquisas do fundador da epigenética, além de verificar tais concepções em suas próprias pesquisas. É a partir das influências dessas pesquisas que os conceitos de organismo, organização, assimilação, acomodação, equilíbrio e autorregulação são estabelecidos e utilizados para explicar o desenvolvimento mental. Vale frisar que, ao pensar o modelo de organismo, influenciado por Waddington (apud PIAGET, 1973a), ele elabora o modelo de estrutura mental para explicar o processo de evolução do pensamento, segundo estádios, visto que, para ambos, não existe organismo sem estrutura. Se assim fosse, seria impossível para o organismo conservar sua estabilidade na complexidade das trocas. Uma estrutura (orgânica ou mental), para Piaget (1973a, p. 67, grifos nossos), pode ser definida, como:

[...] um sistema de transformação que comporta leis, enquanto sistema (por oposição às propriedades dos elementos), e que se conserva ou se enriquece pelo jogo mesmo de suas transformações, sem que estas conduzam para fora de suas fronteiras ou invoquem elementos exteriores. Em uma palavra, uma estrutura compreende, assim, as três características: **totalidade, transformação e autorregulação**.

Em outras palavras, a totalidade delimita as fronteiras das estruturas, sem que com isso ela seja fechada às trocas com o meio. É essa **interação** com o meio que permite que as estruturas se transformem, o que implica a adaptação dos seres vivos ao ambiente – ou, por outro lado, uma abstração reflexionante do sujeito. Essas transformações ocorrem graças à capacidade de organização, que conduz a uma adaptação do sujeito ao objeto, ou do organismo ao meio. É nesse sentido que as estruturas vão sendo construídas pela mente ou pelo organismo, permitindo sua evolução. É por isso que a teoria piagetiana é denominada de Epistemologia Genética, e representa a mais conhecida concepção construtivista da formação da inteligência.

Para Piaget, as funções cognitivas (adaptação e organização) refletem os mecanismos centrais da autorregulação orgânica, pois, ao adaptar-se, o sujeito organiza suas ideias e, assim, há a formação de ciclos que conservam a si próprios, em um jogo de compensações. Essa noção de ordem,²³ imprescindível às estruturas cognoscitivas, é isomorfa às estruturas biológicas, pois é inerente a toda organização biológica. Por exemplo, sabe-se que, no genoma, o código do DNA repousa sobre as sequências (sobre uma ordem), e na sucessão dos

²³ Para Piaget (1995, p. 279), no campo cognitivo, a noção de ordem, sob todas as suas formas, constitui “[...] um exemplo particularmente marcante de construção, devido à abstração reflexionante, pois [...] mesmo para constatar empiricamente a existência de uma ordem numa série de objetos é necessário utilizar ações que são elas mesmas já ordenadas”.

estádios representados pela lagarta, pela metamorfose da crisálida e pelo estado adulto da borboleta, uma espécie de ritmo ordenado se impõe (PIAGET, 1973a; RAMOZZI-CHIAROTTINO, 2011)

Essa noção de ordem se torna imprescindível para explicar a cognição humana, pois a capacidade de classificar e ordenar, para Piaget (1973a), possibilita a descentração dos sujeitos, construindo estruturas que permitem a compreensão do mundo em seu entorno. Assim, é na interação com o meio que os sujeitos constroem a inteligência, que, portanto, não é herdada, mas construída, derivada de um funcionamento autorregulado cerebral (endógeno), que, segundo o autor, é isomorfo à lógica de classe e relações. A organização tem função reguladora, que é indissociável da adaptação, porque um sistema organizado é aberto para o meio, e seu funcionamento supõe trocas com o exterior, cuja estabilidade define seu caráter adaptado. Assim, toda organização vital, em todos os degraus, contém autorregulação – e isso também é válido no terreno do comportamento. (PIAGET, 1973a)

Em se tratando das funções cognitivas, a organização como função reguladora subdivide-se em duas categorias: sob o ponto de vista estático, apresenta-se pelas noções de **totalidade** e **relação**; sob o ponto de vista dinâmico, pelas noções de **ideal** e **valor**. Toda organização pode ser concebida como uma totalidade, assim como cada esquema de ação. Mesmo que nas primeiras semanas o comportamento e a consciência da criança se apresentem de forma incoordenada, aos poucos, estes se cristalizam em sistemas cuja coerência se define gradualmente. Dessa maneira, os esquemas próprios da inteligência sensório-motora, em geral, são logo regidos pela lei da totalidade, em si mesmos e entre si. Analogamente, toda relação causal transforma um dado incoerente em meio organizado etc. Por outro lado, a categoria de relação é fundamental, na medida em que é inseparável do pensamento e está combinada a todas as outras noções e estruturas. Já as categorias de ideal e valor são totalidades em fase de constituição, sendo o valor a desejabilidade não atingida de equilíbrio, enquanto o ideal é tão somente a forma não atingida de equilíbrio das totalidades reais.

Dito de outra forma, a totalidade ideal é sempre utópica, precisa ser perseguida, e toda organização das totalidades entre os conjuntos vai se inclinar para essa totalidade ideal. A relação entre os elementos que compõem uma totalidade e que lhe dão um fechamento supõe certo estado de equilíbrio; como decorrência, ela é concebida de uma forma sempre idealizada, e tudo aquilo que está nesse percurso são valores em relação a esse valor maior. Por exemplo, a filha de Piaget tenta retirar a chupeta de dentro da caixa e, para tanto, ela agarra a mão da prima (a mão de outro). Se a criança puxa a mão de uma pessoa, esta não tem um valor em si – ela não está querendo brincar com a mão, ela a utiliza como instrumento

para atingir um fim. Portanto, o interesse por essa mão é instrumental. Assim, o fim a ser atingido é o ideal, e esse interesse passa a ter um valor relativo. (PIAGET, 1987)

As categorias da adaptação (assimilação e acomodação), pertencentes ao pensamento, têm funções implicativas e explicativas, respectivamente. A função implicativa comporta duas invariantes funcionais: a) a síntese de qualidade, isto é, as classes (conceitos ou esquemas) e b) a relação quantitativa ou numérica; encontraremos essas categorias em todas as fases do desenvolvimento. Quanto às funções explicativas da acomodação, estas comportam um conjunto de operações que permitem deduzir o real. Desse ponto de vista, dois aspectos complementares podem ser distinguidos: um deles relativo à elaboração dos objetos, o outro referente à causalidade, sendo o primeiro, simultaneamente, o produto do segundo e a condição de seu desenvolvimento. (PIAGET, 1987)

Como foi dito anteriormente, Piaget (1973a) elabora uma explicação biológica do conhecimento, ao considerar a aprendizagem como uma forma particular de adaptação biológica, sem, contudo, incidir em um biologismo. Para o autor, existem correspondências entre o biológico e o cognitivo, que se referem a isomorfismos parciais (analogias qualitativas). Desse modo, não devemos reduzir as funções cognitivas à formação de circuitos neurais. Embora estas funções pressuponham a materialidade neuronal, esta não determina o funcionamento autorregulado das primeiras. Em um trecho do livro *Biologia e conhecimento* (1973a), Piaget enfatiza: os esquemas cognitivos são estruturas dinâmicas e formas funcionais da organização vital e não material.

Em resumo, as interpretações dos processos adaptativos desencadearam uma compreensão acerca dos mecanismos de evolução dos seres vivos, que caminhou em direção a um *tertium* entre o lamarckismo e neodarwinismo. Essa evolução é desencadeada por uma série de desequilíbrios ou de reequilibrações. A partir dessas interpretações, o autor chegaria a elaborar uma teoria que explicaria as causas do desenvolvimento cognitivo, pela qual considera o comportamento como a própria organização da vida, aplicada ou generalizada a um setor mais amplo de trocas com o meio.

Assim, para Piaget, no campo cognitivo, a inteligência se constrói, e é na interação com o mundo que os seres humanos criam conhecimentos cada vez mais sofisticados. Nessa perspectiva, construímos o mundo em que vivemos ao mesmo tempo em que somos construídos por ele. Portanto, não é possível entender o sujeito separado do meio ambiente em que vive. Em sua abordagem, este autor sempre busca o entendimento dos processos cognitivos em funcionamento e sem destacá-los de seu conjunto, ou seja, é por meio de um

processo incessante e interativo, entre o sistema cognitivo e o ambiente, que ocorre a aprendizagem.

Desse modo, ao assumirmos a Epistemologia Genética como um caminho possível para a compreensão da construção do conhecimento científico, aplicamos sua forma dialética de abordagem, evitando tanto um posicionamento determinista, do primado do organismo sobre o meio, quanto finalista, do primado do meio sobre o organismo. O sujeito participa ativamente da construção do conhecimento, e a co-operação²⁴ é fundamental nessa construção.

²⁴ O significado de co-operação na obra piagetiana encontra-se intimamente relacionado a socialização: “[...] socializar significa compartilhar noções e signos com uma continuidade de falantes e ao mesmo tempo distingui-los das próprias idiossincrasias e dos particulares pontos de vista”. (MONTROYA, 2011, p. 126)

3 A REPRESENTAÇÃO NECESSÁRIA À CRIANÇA NA CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS PELA TOMADA DE CONSCIÊNCIA

Neste capítulo, descrevemos a evolução do pensamento na criança, desde o estágio sensório-motor, de ausência de representação e predomínio de esquemas práticos, até o pensamento representativo, de construção dos primeiros esquemas verbais e narrativas, originados da produção dos primeiros pré-conceitos e transduções infantis. Em seguida, em continuidade íntima com o pensamento pré-conceitual, encontramos um período de transição, denominado de representação intuitiva, pelo qual a criança avança até uma representação conceitual.

Todos nós, de forma mais ou menos espontânea, organizamos os dados de percepção da realidade que nos envolve. Trata-se de uma apreensão sensível, intuitiva, imediata e pessoal do objeto pelo sujeito. Dessa assimilação e acomodação dos objetos à nossa própria estrutura resulta a reconstrução de tudo que nos é socialmente transmitido. Desse modo, elaboramos representações que darão significado a nossas vidas, pois é a partir delas que agimos e tomamos consciência de nossas ações. Portanto, ter consciência da representação implica uma interiorização das ações, o que pressupõe que a representação é uma condição prévia da tomada de consciência. (PIAGET, 1990b)

A partir do momento em que os sujeitos constroem suas representações, também elaboram seu próprio sistema cognitivo e, reciprocamente, quando utilizam seu potencial de pensamento, adquirem uma ferramenta (combinatória) indispensável à formação de uma representação conceitual. Há interdependência entre a evolução das representações e o sistema cognitivo dos sujeitos. (PIAGET, 1990b) Por exemplo, em nossas pesquisas, as representações dos alunos acerca da Biotecnologia mudam à medida que os processos de pensamento evoluem, e é essa evolução que imprime mudanças nas representações.

No presente trabalho, o estudo das representações tem como objetivo acompanhar as suas transformações, mediante uma mudança no sistema cognitivo do sujeito, por meio de regulações e coordenações sucessivas. Essa evolução é dependente do objeto de conhecimento e não da idade do sujeito. Nesse sentido, a necessidade de entendimento da origem e da evolução das representações e sua relação com o pensamento nos remetem à Epistemologia Genética de Jean Piaget.

Ao procurar reconstruir a origem e a evolução do pensamento representativo, em sua obra *A formação do símbolo na criança* (PIAGET, 1990b), o autor diferencia quatro períodos:

1) representação sensório-motora, com predomínio dos esquemas práticos; 2) representação pré-conceitual, com o aparecimento dos primeiros esquemas verbais e da narrativa; 3) representação intuitiva, com uma melhor elaboração da narrativa, e 4) representação conceitual. Para uma melhor compreensão desse processo, deve-se retomar a tese da continuidade funcional, que tem, nas invariantes funcionais (assimilação e acomodação), o mecanismo fundamental das modificações cognitivas dos sujeitos. (PIAGET, 1990b)

No período sensório-motor, que vai aproximadamente do nascimento até os dois anos de idade, a imitação e o jogo são descritos como atividades especializadas de acomodação e assimilação, e sua gênese pode ser descrita nos mesmos termos, ou seja, como funções separadas, ainda que de forma quase imperceptível. Dessa maneira, quando a assimilação predomina sobre a acomodação, temos o jogo; quando a acomodação predomina sobre a assimilação, temos a imitação. (PIAGET, 1990b)

Esse processo ocorre de maneira gradativa, de modo que a criança, ao interagir no mundo por meio de seus esquemas reflexos hereditários, começa a diferenciar essas atividades, graças à busca de equilíbrio entre a atividade assimiladora/jogo e a acomodadora/imitação. Contudo, a evolução da imitação²⁵ e do jogo²⁶ – a primeira fornecendo os significantes e, a segunda, as significações – conduz a criança, de um mundo que é pura ação, a um mundo que se interiorizará, constituindo as representações. Isso ocorre aproximadamente durante o segundo ano de vida e corresponde ao aparecimento da função semiótica, que torna possíveis os diferentes sistemas de representação, inclusive a imagem e a linguagem. (PIAGET, 1990b)

A tese de Piaget (1990b) é de que a representação não surge da imagem cópia, como presumia a psicologia associacionista clássica, nem exclusivamente dos fatores sociais, tais como o rito, o mito, a linguagem ou as formas de imitação superiores, como observava Waloos (apud PIAGET, 1990b). Entretanto, vale frisar que em nenhum momento o autor exclui a vida social desse processo. Ele a considera necessária, mas não suficiente para explicar o início da imagem ou do símbolo. Portanto, para ele, o mecanismo comum aos

²⁵ A evolução da atividade imitativa, no período sensório-motor, percorre uma longa jornada, que é descrita em seis níveis: 1) a criança assimila o choro e, ao ouvi-lo, ativa o esquema (assimilação reprodutora); 2) alguns sinais de imitação, *mas o sujeito percebe a ação do modelo como a sua e a repete* (pré-imitação); 3) progresso claro: a criança só pode imitar respostas presentes em seu repertório, aquelas que pode ver e ouvir; 4) começa a imitação das respostas novas e respostas que não vê por si mesma; 5) estratégia de experimentação, que leva à imitação deliberada; 6) imitação imediata/imitação de objetos como pessoas/imitação diferida. (FLAVELL, 1988)

²⁶ A evolução do jogo, no período sensório-motor, também percorre uma longa jornada, descrita em seis níveis: 1) o recém-nascido apresenta uma espécie de equivalente funcional do jogo, quando realiza os movimentos de sucção “vazios” e não acomodativos; 2) novamente, pouco indício de atividade lúdica neste estágio; 3) a diferença entre o jogo livremente associativo e o empreendimento sério de adaptação torna-se mais evidenciada; 4) com o advento de meios e fins, *há um melhor critério para distinguir a atividade lúdica*; 5) a diferença entre brincar e adaptação está bastante adiantada; e 6) a criança torna-se capaz de fingir ou de fazer de conta. (FLAVELL, 1988)

diferentes sistemas de representação é a função simbólica, que tornará possível as interações do pensamento entre indivíduos e, por consequência, a construção de significados coletivos. A função simbólica, diz Piaget (apud RAMOZZI-CHIAROTTINO, 1972, p. 16),

[...] é mais ampla que a linguagem, por incluir, além dos signos verbais ('signes'), os símbolos ('symboles') no sentido estrito. O signo ('signes') é geral e abstrato (arbitrário). O símbolo ('symbole') é individual ou coletivo; ambos constituem os dois pólos, individual e social, de uma mesma elaboração de significações. [...] pode-se concluir que o pensamento precede a linguagem e que esta se limita a transformá-lo profundamente, ajudando a alcançar suas formas de equilíbrio por uma esquematização mais acentuada e uma abstração mais móvel.

Assim, a capacidade de representação permite que a criança evoque os significados (objetos ou fatos) mais diversos, por meio de significantes distintos (símbolos individuais e coletivos). Logo, quando se fala em representação, entende-se a presença de um “significante” que permite a evocação de um “significado”, fornecido pelo pensamento, o que torna possível atuar sobre as coisas ou situações mediante o uso de signos e símbolos. Essa capacidade de simbolização se manifesta por meio de diferentes sistemas de representação, tais como a imitação diferida,²⁷ o jogo simbólico, o desenho, as imagens mentais e a linguagem. (PIAGET, 1990b)

Na perspectiva piagetiana, representar é a capacidade de alusão ou evocação de um objeto ou acontecimento que não está presente. Quando uma criança reproduz uma situação que viveu, dias ou até meses atrás, ela está munida da capacidade de representar. Isso lhe permitirá agir sobre a realidade, não de uma forma direta, imediata, mas de uma maneira simbólica. Dessa forma, ela se insere no mundo da linguagem e se socializa, ao fazer uso de um sistema de símbolos codificados e compartilhados culturalmente. (DELVAL, 1998)

Piaget (1990a, 1990b) promove uma ruptura nas correntes de pensamento da época, ao considerar a importância da imagem para o pensamento. Ainda que o pensamento não seja constituído apenas de um sistema de imagens, não há pensamento sem imagem. Assim, como nas demais manifestações da função semiótica ou simbólica, a imagem mental permite evocar a representação de um objeto ou acontecimento que estão ausentes, ampliando o pensamento, superando a dimensão de temporalidade e espacialidade, e configurando-se em uma das formas de representação que os sujeitos utilizam para abstrair a realidade.

Para a neurociência, essa ampliação do pensamento, para além do espaço e do tempo, só é possível porque existe toda uma estruturação cerebral que envolve a especialização das células nervosas (sinaptogênese, mielinização, dendritogênese). Essa especialização depende

²⁷ Difere da simples imitação, a qual requer a presença de um modelo. (PIAGET, 1990a, 1990b)

das experiências vividas pelas crianças, o que dará lugar a um dos traços mais característicos do cérebro humano: sua plasticidade. Assim, muitos neurônios começam a se especializar, quando se aproxima a época em que há maior probabilidade de certo tipo de estimulação ocorrer; se esta estimulação ocorre (e a espécie humana tem que assegurar que ocorra), os neurônios se especializam. (COLL; MARCHESI; PALÁCIOS, 2004) Essa plasticidade já era prevista por Piaget, ao enfatizar a atuação do processo de equilíbrio sobre a maturação do sistema nervoso.

Desse modo, no nível sensório-motor, existe toda uma especialização neuronal que é dependente da estimulação do ambiente físico e social. Segundo Piaget (1990a, 1990b), a maturação, o ambiente físico e o ambiente social constituem fatores que impulsionam o desenvolvimento da criança. Entretanto, para o autor, os fatores citados estão imbricados a um quarto fator, denominado equilíbrio, isto é, o equilíbrio progressivo entre assimilação e acomodação, que permite a estruturação de uma rede neurobiológica, que irá culminar, no final do período sensório-motor, no aparecimento da função simbólica.

Dessa maneira, a qualidade do contato estabelecido pela criança nesse período é fundamental para seu desenvolvimento. Pode-se inferir que o período sensório-motor é importante para a formação da criança porque nele se processam as mudanças mais rápidas e fundamentais. Nessa lógica, pais e educadores podem ser facilitadores na construção de estruturas pelas crianças, à medida que expõem para elas um ambiente enriquecido – quanto mais rico for o ambiente, mais a criança será estimulada a elaborar seus esquemas e a controlá-los para descobrir novas condutas. As crianças não devem ser limitadas a um tipo estrito de rotina e organização; pelo contrário, devem ser livres para alçar e mexer no que lhes interessa, desorganizando o ambiente em que vivem, para organizar e construir sua inteligência.

Em resumo, no período sensório-motor, a criança é destituída de representação. Por não ser capaz de representar, a inteligência sensório-motora é, em consequência, uma inteligência vivida e não reflexiva. A criança não procura explicações, classificações ou constatações, por si mesma, não relaciona casualmente, nem classifica ou comprova. Entretanto, com o aparecimento da função simbólica, aproximadamente aos dois anos de idade, inicia-se outro período, por volta dos quatro anos, no qual se desenvolve um pensamento simbólico ou pré-conceitual. (PIAGET, 1990b)

O pensamento nascente, enquanto prolonga a inteligência sensório-motora, produz a diferenciação dos significantes e dos significados, apoiado na invenção dos símbolos e na descoberta dos signos. Assim, a imitação se interioriza, formando a imagem (imitação na

ausência do objeto), e o jogo se torna simbólico (na brincadeira de montaria, um cabo de vassoura pode representar um cavalo). Desse modo, nas brincadeiras de faz de conta, a criança fabula constantemente, sem que os limites entre esse jogo, os desejos e a realidade sejam tão nítidos, em comparação com os das crianças mais velhas. (PIAGET, 1990b)

De certa maneira, o pensamento característico dessa fase implica a imagem e permanece em boa parte determinado por ela. Pode-se entender que a imagem é uma imitação sensório-motora interiorizada e um esboço de imitações representativas. Isso só é possível graças à atividade perceptiva (na qual o sujeito se impõe ao objeto) e se realiza, acima das percepções e movimentos, e abaixo do pensamento refletido, prolongando a inteligência sensório-motora. (PIAGET, 1990b)

Em outros termos, é a atividade perceptiva, e não a percepção como tal, que produz a imagem, e esta não é um elemento estranho, que surge repentinamente, em um determinado momento, se inserindo no desenvolvimento da imitação. A imagem é uma parte integrante do processo de acomodação imitativa, de imitação interiorizada em esboço de imitação exteriorizada. Ela assinala o ponto de transição do sensório-motor ao representativo. (PIAGET, 1987)

As imitações representativas, enquanto esboços de imagens, admitem fatores novos, como a valorização da pessoa imitada – por exemplo, a imitação de um vizinho que dispõe de autoridade pessoal, ou de um colega de colégio mais velho, que é admirado. Entretanto, essa imitação corre inconsciente e involuntariamente; a criança imita muitas vezes sem saber, devido à indiferenciação entre o seu eu e o do grupo, havendo, assim, confusão entre o próprio ponto de vista e o dos outros, ou entre a ação das coisas e das pessoas, com a atividade própria do sujeito – essa característica é denominada egocentrismo.

Na passagem do período sensório-motor para o pré-conceitual, Piaget enfatiza a importância da linguagem, sobretudo na atividade de narrativa dos sujeitos. No entanto, esse período pode ser subdividido em dois subestádios: a representação pré-conceitual, com o aparecimento dos primeiros esquemas verbais e da narrativa, que vai aproximadamente dos dois aos quatro anos, e a representação intuitiva, com uma melhor elaboração da narrativa, que vai dos quatro aos oito anos. “A narrativa, embora sendo um intermediário indispensável como meio de evocação e de reconstituição, somente se inicia no limite superior da produção dos primeiros esquemas verbais, quando da produção dos primeiros pré-conceitos e transduções da criança”. (MONTROYA, 2011, p. 125) Ver Esquema 1:

Esquema 1 – Desenvolvimento do pensamento conceitual

Esquemas s.m. → Esquemas verbais... → Esquemas verbais (narrativa)... → Esquemas conceituais..... →
 → → Representação pré-conceitual → Representação conceitual... →
 → → → .Pens. Transdutivo (mítico → ... intuitivo) → Pens. indutivo..... →

Fonte: Adaptado de Montoya (2011).

Em relação ao pensamento, nesse estágio, a narrativa se acompanha do máximo de seu fenomenismo, permanecendo a assimilação à superfície das coisas, e deformando-as, em função dos caracteres mais periféricos da ação. (PIAGET, 1990b) Desse modo, a ideia de pré-conceito nos remete a toda uma particularidade presente no pensamento da criança. O prefixo “pré” antes da palavra “conceito” indica que o raciocínio da criança não é indutivo nem dedutivo, mas transdutivo, ou seja, fundamenta-se na percepção imediata, parte de uma situação particular e se transporta para outra situação particular, sem chegar à generalização. Nesse sentido, podemos entender que o pensamento da criança não está organizado em sistemas de conjunto. Isso supõe que a lógica desse período permanece incompleta e que suas ações internas não são inteiramente reversíveis (como a adição e a subtração, ou julgamentos de que uma distância entre A e B é a mesma entre B e A etc.); por isso, as crianças não têm compreensão da ideia de transitividade ($A < C$, se $A < B$, $B < C$) e de conservação (se a forma de um objeto muda, a quantidade de matéria e peso também muda). (PIAGET, 1993)

A ausência de reversibilidade tem impacto sobre o desenvolvimento da causalidade, descrita por Piaget nas obras *A representação do mundo na criança* (2005) e *La causalidade física em el niño* (1934).²⁸ Assim, as crianças apresentam uma tendência a dar vida e consciência aos seres inanimados (animismo) ou a considerar as coisas como um produto da fabricação humana (artificialismo). Por exemplo, quando uma criança, nesse estágio, é questionada se o sol é vivo, ela responde que sim, pois ele ilumina; quando questionada se uma bicicleta é viva, também responde que sim, para uma bicicleta em movimento, e quando questionada acerca da origem do sol, ela responde que foi Deus quem iluminou o sol com madeira e carvão. (PIAGET, 2005) Assim, as noções que as crianças apresentam acerca do mundo são incipientes, em vez de esquemáticas e abstratas.

²⁸ Vale ressaltar que estas obras estabelecem os primeiros estudos empíricos e teóricos que valorizaram os conhecimentos prévios das crianças, constituindo-se, assim, em exemplos notáveis de que as crianças tinham suas próprias explicações para assuntos como o movimento dos astros, a natureza do pensamento, os sonhos, a vida ou a consciência. Essas obras representam, no quadro psicológico, um marco desse tipo de estudo. (OLIVEIRA, 1991)

Entretanto, dos quatro aos oito anos, aproximadamente, a assimilação e a acomodação tendem a um equilíbrio ainda maior, em relação ao pensamento pré-conceitual, o que implica um declínio do simbolismo. O pensamento intuitivo desta fase constitui-se em continuidade íntima com o período pré-conceitual (PIAGET, 1961), e representa uma transição que se diferencia pela transdução. Por exemplo, ao se depositar o mesmo número de pérolas em dois copos pequenos A e A₂, de forma e dimensões iguais, a equivalência é reconhecida pela criança. Mudando-se o conteúdo de A₂ para um copo B de formato diferente, as crianças afirmam que as quantidades das pérolas variaram, embora nada tenha sido tirado ou acrescentado. Ao admitir a equivalência, a criança avança em relação ao nível precedente.

Desse modo, esse subestádio é marcado por uma maior estruturação do pensamento das crianças, pois estas, ao serem interrogadas diante dos experimentos propostos por Piaget, apresentavam respostas mais regulares, conseguindo inclusive avançar na conservação. Porém, no pensamento intuitivo, os esquemas de ação interiorizados ainda não podem se generalizar ou se combinar respeitando as leis da lógica.

Em resumo, as relações que predominam nesse período são de **natureza intraoperatória**. A ausência de reversibilidade, nesse estágio (que vai dos dois aos oito anos, aproximadamente), faz com que as relações permaneçam isoladas, não compondo sistemas de transformação e, menos ainda, estruturas de conjunto. Assim, pode haver divisão de uma classe B em subclasses A e A', sem que haja, no entanto, a compreensão da quantificação própria à relação de inclusão. Contudo, com o aparecimento do pensamento intuitivo, o sujeito evolui no sentido de uma descentração, manifestando-se por uma regulação que avança para a reversibilidade, a composição transitiva etc. (PIAGET, 1961, 1988)

Em torno dos sete e oito anos, ocorre a inserção do sujeito na atividade representativa de ordem operatória, graças ao equilíbrio entre os mecanismos de assimilação e acomodação, que, com o aparecimento da reversibilidade, conduzem a um declínio total do pensamento simbólico, próprio ao pensamento conceitual. Desse modo, o pensamento conceitual se liberta da imagem, por sua capacidade generalista, e não a emprega mais, a não ser a título de ilustração. (PIAGET, 1961)

A reversibilidade, presente no pensamento operatório, o liberta de tudo que é imediato e, ao mesmo tempo, lhe dá maior possibilidade de agir. “Daí por diante, os estados não serão mais do que elementos que aparecem entre as transformações e que estão sempre ligados por elas”. (DELVAL, 1998, p. 113) Assim, a operatividade do pensamento produz transformações nas próprias imagens, inserindo-as em movimentos e transformações e diluindo o simbolismo

do jogo. Quando o jogo e a imitação chegam a sua evolução final, são descritos como os jogos de construção e a imitação refletida.

No entanto, para Piaget, o período operatório está dividido em concreto e formal. No período das operações concretas, em torno dos sete-oito e onze-doze anos, o raciocínio é regido pelos agrupamentos (classificações e seriações). Um agrupamento é um sistema que preenche certas condições próprias do grupo, tais como composição, associatividade e reversibilidade, mas conhecendo tanto “idênticas” quanto elementos. É um grupo que não obedece à regra de interação ($A + A = 2A$), mas de tautologia ($A + A = A$), e se traduz em uma reversibilidade parcial, contingente, e dependente do possível relativamente ao real. (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998)

Em outras palavras, no nível das operações concretas, o sujeito ainda está limitado ao real, sob sua forma bruta, não sendo capaz de todas as combinações possíveis, pois as estruturas dos agrupamentos não reúnem as inversões e as reciprocidades em um sistema único de transformações (o grupo INRC) – não existe uma síntese geral dessas duas formas de reversibilidade. Sendo assim, as operações lógicas concretas consistem em agir diretamente sobre os objetos, a fim de reuni-los em classes de diversas ordens ou de estabelecer entre elas as relações, mas nunca chegam a constituir uma análise combinatória, mesmo que o agrupamento apresente um grau de generalidade. Apesar disso, nesse nível, há quantificação, ainda que restrita ao Todos, Alguns e Nenhum. (PIAGET, 1976a)

Para esclarecer melhor essa situação, tomemos como exemplo os agrupamentos mais complexos aos quais chega o pensamento concreto: os agrupamentos multiplicativos ou tabelas com várias entradas (matrizes). Assim, quando uma criança é solicitada a combinar uma classe de animais dividida, inicialmente, em Vertebrados (V) e Invertebrados (I), e, em seguida, em Animais Terrestres (T) e Animais Aquáticos (A), chega a construir facilmente as quatro classes multiplicativas seguintes: VT + VA + IT + IA, mas não consegue atingir a combinatória que caracteriza o “conjunto das partes”, no qual repousam as relações **transoperatórias**, que conduzem a estruturas lógico-matemáticas, de natureza algébrica, como os grupos, as combinações, as proporções etc. (PIAGET, 1976a)

Para Piaget e Garcia (1988), as relações que predominam nesse período são **interoperatórias**, regidas por agrupamentos, que são operações elementares. Estas, graças a composições entre operações, consistem em formar conjuntos, seriações etc., que representam as primeiras estruturas lógico-aritméticas racionais. Desse modo, as representações conceituais desse estágio são regidas pelos agrupamentos e podem ser entendidas como a “compreensão do sujeito”, a totalidade que ele chegou a constituir – diferente das

representações conceituais regidas pelos grupos e por redes, nas quais os sujeitos são capazes de deduções, a partir de proposições verbais. Nesse sentido, as representações conceituais regidas pelos agrupamentos apresentam limitações.

Segundo Piaget (1976b), os agrupamentos apresentam três limitações. A primeira nos remete à subordinação do agrupamento a conteúdos dados, isto é, extralógicos. Isso implica uma grande debilidade estrutural, do ponto de vista formal. Uma segunda limitação refere-se à inexistência de composições, exceto entre elementos ou subconjuntos próximos. Já a terceira refere-se à dificuldade dos sujeitos de conceber as intersecções de classes; por isso, eles somente levam em consideração, inicialmente, classes disjuntas, o que os obriga, no caso da classificação, a proceder por dicotomias.

Já as representações conceituais, cujas operações são denominadas de **transoperatórias**, conduzem à estrutura de natureza algébrica, própria do período das operações formais, que ocorre em torno dos 11-12 e 14-15 anos. Os raciocínios são regidos pelas leis dos grupos, que são as estruturas terminais do processo genético, de maior equilíbrio. A principal característica desse período é a capacidade dos adolescentes de fazer combinações sistemáticas. Por exemplo, na combinação das classes de animais, citada acima, eles chegariam a repetir as quatro classes (VT + VA + IT + IA), segundo uma combinação sistemática $n \times n$, alcançando as dezesseis combinações possíveis (Quadro 1). Eles possuem a capacidade de raciocinar em termos de hipóteses expressas verbalmente e não mais em termos de objetos concretos e sua manipulação. (PIAGET, 1976b)

Atendo-se ao Quadro 1, é notável que cada uma das dezesseis combinações das classes de animais pode ser definida sem uma operação (a afirmativa completa, a não condicional, a conjunção etc.). Se considerarmos U = animais, p = vertebrados, $\sim p$ = invertebrados, q = terrestres e $\sim q$ = aquáticos, poderíamos escrever as dezesseis combinações em linguagem proposicional. Vejamos, a seguir, a descrição de cada uma destas operações (PIAGET, 1976a):

Quadro 1 – Possíveis combinações de classes de animais (V, I, T e A)

(1).....	Todas as quatro classes (a afirmativa completa).
	Exemplos: baleias, golfinhos, elefantes, cavalos, lulas, estrelas-do-mar, abelhas e formigas.
(2).....	Apenas VA (a não-condicional).
	Exemplos: baleias e golfinhos.
(3).....	Apenas VT (a conjunção).
	Exemplos: elefantes e cavalos.
(4).....	Apenas IA (a negação conjunta).
	Exemplos: lulas e estrelas-do-mar.
(5).....	Apenas IT (a não condicional inversa).
	Exemplos: abelhas e formigas.
(6).....	VA e VT, mas não IA ou IT (a afirmativa de p).
	Exemplos: baleias e elefantes.
(7).....	VA e IA, mas não VT ou IT (a negação de q).
	Exemplos: baleias, golfinhos, lulas e estrelas-do-mar.
(8).....	VT e IT, mas não VA ou IA (a afirmação de q).
	Exemplos: elefantes, cavalos, abelhas e formigas.
(9).....	IA e IT, mas não VA ou VT (a negação de p).
	Exemplos: lulas, estrelas-do-mar, abelhas e formigas
(10).....	VT e IA, mas não VA ou IT (a bicondicional).
	Exemplos: elefantes e cavalos, lulas e estrelas-do-mar.
(11).....	VA e IT, mas não VT ou IA (a exclusão recíproca).
	Exemplos: baleias, golfinhos, abelhas e formigas.
(12).....	VA, VT e IA, mas não IT (a condicional inversa)
	Exemplos: baleias, golfinhos, elefantes, cavalos, lulas e estrelas-do-mar.
(13).....	VA,VT e IT, mas não IA (a disjunção não exclusiva)
	Exemplos: baleias, golfinhos, elefantes, cavalos, abelhas e formigas.
(14).....	VA,IA e IT, mas não VT (a incompatibilidade).
	Exemplos: baleias, golfinhos, lulas, estrelas-do-mar, abelhas e formigas.
(15).....	VT, IA e IT, mas não VA (a condicional)
	Exemplos: elefantes, cavalos, lulas, estrelas-do-mar, abelhas e formigas.
(16).....	Nenhuma Classe (A negação completa)
	Exemplos: nenhum animal.

Fonte: Adaptado de Parra (1983)

Nota:

- (1) **Afirmativa completa (todas as quatro classes):** se afirmamos que meu universo (U) é constituído por animais vertebrados (p), invertebrados ($\sim p$), terrestres (q) e aquáticos ($\sim q$), a afirmação completa corresponde a uma afirmação simultânea das quatro partes possíveis, ou seja, vertebrados terrestres (p. q), vertebrados aquáticos (p. $\sim q$), invertebrados terrestres ($\sim p$. q) e invertebrados aquáticos ($\sim p$. $\sim q$) – designada ordinariamente pelo nome de tautologia e pode ser representada por (p * q). Em termos de proposições, a afirmativa completa será escrita, portanto, assim: (p*q) = df (p. q) V (p. $\sim q$) V ($\sim p$. q) V ($\sim p$. $\sim q$). Essa proposição será verdadeira para baleias, golfinhos, elefantes, cavalos, lulas, estrelas-do-mar, abelhas e formigas.
- (2) **A não condicional (apenas VA):** a negação da condicional $\sim (p. q; \sim p. q; \sim p. \sim q)$ do ponto de vista das relações de classe é representada pela operação (p. $\sim q$). Exemplo: se p = vertebrado e $\sim q$ = aquáticos, a não condicional (p. $\sim q$) é verdadeira para baleias e golfinhos, que representam apenas a classe de vertebrados aquáticos. Em termos de proposição, a não condicional escrever-se-á, portanto: p. $\sim p$ = df $\sim p$ contém $\sim q$ = df $\sim (p. q) \vee \sim (\sim p. q) \vee \sim (\sim p. \sim q)$.
- (3) **A conjunção (apenas VT):** a negação da incompatibilidade (operação complementar) será a afirmação de (p. q). A conjunção (p. q) é, por definição, a afirmação simultânea de duas proposições, ou seja, se p é um animal vertebrado e q é um animal terrestre, temos a conjunção (p. q), já que apenas esta associação é negada por (p/q). Exemplo: p = “xi é um animal vertebrado (P)” e q = “xi é um terrestre”(Q), a conjunção (p. q), na qual PQ representa a classe de animais vertebrados e terrestres, tais como: elefantes e cavalos. Em termos de proposição, a conjunção será, portanto: (p. q) = df $\sim (p. \sim q) \vee \sim (\sim p. q) \vee \sim (\sim p. \sim q)$.
- (4) **A negação conjunta (apenas IA):** a afirmação de $\sim p. \sim q$ inclui apenas invertebrados aquáticos, com exclusão (negação conjunta) das três outras possibilidades – vertebrados aquáticos (p $\sim q$), vertebrados terrestres (p. q) e invertebrados terrestres ($\sim p$. q). Exemplo: se p = vertebrados e q = terrestre, o produto ($\sim p$. $\sim q$) será constituído pelas lulas e estrelas-do-mar, que não são “nem p nem q”. Se p = xi \in q, tem-se, portanto, para as lulas e as estrelas-do-mar, a verdade de ($\sim p$. $\sim q$). Em termos de proposição, a negação conjunta será, portanto: ($\sim p$. $\sim q$) = df $\sim (p. q) \vee \sim (p. \sim q) \vee \sim (\sim p. q)$.
- (5) **A não condicional inversa (apenas IT):** é a operação complementar à condicional inversa (sua negação). Constata-se que essa operação constitui a recíproca da não condicional, que é representada pela conjunção ($\sim p$. q). Exemplo: se $\sim p$ é um animal vertebrado e q é um animal aquático, a inversa da não condicional será representada por invertebrados

terrestres, sendo verdadeira para formigas e abelhas. Em termos de proposição, a conjunção será, portanto: $(\sim p. q) = df \sim (p. q) \vee \sim (\sim p. \sim q) \vee \sim (\sim p. \sim q)$.

- (6) **A afirmativa de p (símbolo $p[q]$ – VA e VT, mas não IA e IT):** admitamos agora que as conjunções $(p. q)$ e $(p. \sim q)$ sejam as únicas verdadeiras. Há, neste caso, a simples afirmação de p conjuntamente com q ou $\sim q$. Exemplo: uma classe p na qual $\sim p$ seja nula se $p =$ animais vertebrados (não há outro) e $q =$ animais terrestres. Tem-se, então, $p. q \cup p. \sim q$, mas nem $\sim p. q$ nem $\sim p. \sim q$ (se a classe total é $U =$ animais). Assim, se $p = x_i \in p$ e $q = x_i \in q$, a afirmação $p[q] = (p. q) \vee (p. \sim q)$, a afirmativa de p será representada por animais vertebrados terrestres (q) e aquáticos ($\sim q$), sendo verdadeira para baleias, golfinhos, elefantes e cavalos.
- (7) **A negação de q (símbolo $\sim q [p]$ – VA e IA, mas não VT ou IT):** na negação de q , as conjunções $(p. \sim q)$ e $(\sim p. \sim q)$ são as únicas verdadeiras, com exclusão de $(p. q)$ e de $(\sim p. q)$. Em termos de proposição, a conjunção será, portanto: $\sim q[p] = (p. \sim q) \vee (\sim p. \sim q)$. Exemplo: $p =$ animais vertebrados, $\sim p =$ animais invertebrados, $q =$ animais terrestre e $\sim q =$ animais aquáticos, sendo a classe total U representada por animais ($U =$ animais). Se negamos q , que representa os animais terrestres, estamos excluindo da classe todos os animais terrestres (vertebrados e invertebrados) e incluindo todos os animais aquáticos (vertebrados e invertebrados), como baleias, golfinhos, lulas e estrelas-do-mar.
- (8) **A afirmação de q (símbolo $q[p]$ - VT e IT, mas não VA ou IA):** se $(p. q)$ e $(\sim p. q)$ são as únicas verdadeiras, com exclusão de $(p. \sim q)$ e de $(\sim p. \sim q)$, há afirmação de q conjuntamente com p ou $\sim p$. É a operação simétrica da afirmação de p . Em termos de proposição, a conjunção será, portanto: $q[p] = (p. q) \vee (\sim p. q)$. Exemplo: $p =$ vertebrados, $\sim p =$ invertebrados, $q =$ terrestres e $\sim q =$ aquáticos, sendo a classe total U representada por animais ($U =$ animais). Se afirmarmos q , estamos excluindo a classe dos animais aquáticos (vertebrados e invertebrados) e incluindo a classe dos animais terrestres (vertebrados e invertebrados), que podem ser representados por elefantes, cavalos, formigas e abelhas.
- (9) **A negação de p (símbolo $\sim p[q]$ – IA e IT, mas não VA ou VT):** se $(\sim p. q)$ e $(\sim p. \sim q)$ são as únicas verdadeiras, por oposição a $(p. q)$ e $(p. \sim q)$, a operação equivale a negar p , embora afirmando q ou $\sim q$: $\sim p [q] = (\sim p. q) \vee (\sim p. \sim q)$. Exemplo: $p =$ vertebrados, $q =$ terrestres e $\sim q =$ aquáticos, a classe total U sendo dos animais. Somente a classe $\sim PQ$, representada por animais invertebrados terrestres, e $P\sim Q$, representada por animais invertebrados aquáticos, serão então não vazias. Assim, se $p = x_i \in P$ e $q = x_i \in Q$, há proporção. A negação de p será representada por animais invertebrados (aquáticos e terrestres), como polvos, lulas, formigas, aranhas etc.
- (10) **A bicondicional (símbolo $p \equiv q$ - VT e IA, mas não VA ou IT):** suponhamos que sejam verdadeiras apenas as conjunções $p.q$ e $\sim p.\sim q$, enquanto $p.\sim q$ e $\sim p. q$ permanecem falsas. Isso significa que p e q são verdadeiras (juntas) e falsas (juntas). Em termos de proposição, a bicondicional será, portanto: $(p \equiv q) = df (p \supset q) \cdot (q \supset p)$ seja $(p. q) \vee (\sim p. \sim q)$. Exemplo: $P =$ vertebrados e $Q =$ terrestres. Se $p = x_i \in P$ e $q = x_i \in Q$, temos a equivalência $(p. q) \vee (\sim p. \sim q)$, porque as classes $P\sim Q$ e $\sim PQ$ são vazias. Desse modo, os representantes dessa classe são os vertebrados terrestres e invertebrados aquáticos, tais como: elefantes, cavalos, lulas e estrelas-do-mar.
- (11) **A exclusão recíproca (símbolo: $p w q$ - VA e IT, mas não VT ou IA):** A negação da bicondicional (isto é, sua complementar) é a operação que afirmará a verdade de $p. \sim q$ e $\sim p. q$, e negará a de $p. q$ e $\sim p. \sim q$. Ora, afirmar $p. \sim q$ e $\sim p. q$ apenas é exprimir a exclusão recíproca de p e de q : ou p é verdadeira e q é falsa, ou p é falsa e q é verdadeira. Em termos de proposição, a exclusão recíproca será, portanto: $(p w q) = df (\sim p. q) \vee (p. \sim q)$, sendo w a exclusão, que corresponde à adição disjuntiva das classes, e a alternativa (\vee) a adição não disjuntiva. Exemplo: se $P =$ vertebrados e $Q =$ terrestres, a classe total U sendo dos animais, tem-se $P\sim Q$ e $\sim PQ$, mas não PQ , nem $\sim P\sim Q$. Se $p = x_i \in P$ e $q = x_i \in Q$, a classe que constitui o grupo de animais é formada por baleias, golfinhos, formigas e abelhas.
- (12) **A condicional inversa (VA, VT e IA, mas não IT):** A condicional inversa é a operação $q \supset p$. Trata-se de uma inversão, no sentido da reciprocidade, e não da complementaridade simples ou negação (com efeito, $q \supset p$ é incompatível com $p \supset q$). Em termos de proposição, a condicional inversa será, portanto: $(p \supset q) = df (q \supset p) = df (p. q) \vee (p. \sim q) \vee (\sim p. \sim q)$. Exemplo: se $p =$ vertebrados, $\sim p =$ invertebrados, $q =$ terrestres, $\sim q =$ aquáticos, a classe total de animais ($U =$ animais), e sendo a condicional inversa constituída pelas proposições $(p. q) \vee (p. \sim q) \vee (\sim p. \sim q)$, excluindo $(\sim p. q)$, os representantes dessa classe são os vertebrados aquáticos, vertebrados terrestres e invertebrados aquáticos, tais como baleias, golfinhos, elefantes, cavalos, lulas e estrelas-do-mar.
- (13) **A disjunção não exclusiva ou trilema (VA, VT e IT, mas não IA):** é constituída pelas verdades das associações $p. q$; $p. \sim q$ e $\sim p. q$, mas $\sim p. \sim q$ é falsa. Essa composição entre $p. q$ exprimirá, então, uma alternativa com três ramos – um trilema: ou p é verdadeira ($p. q$), ou q é verdadeira ($\sim p. q$), ou ambas são verdadeiras ($p. q$), mas a possibilidade de um destes três casos ser falsa fica excluída. Em termos de proposição, a linguagem da disjunção não exclusiva será, portanto: $(p \vee q) = df (p. q) \cdot (p. \sim q) \vee (\sim p. q)$. Exemplo: se $P =$ vertebrados e $Q =$ terrestres, há animais vertebrados e aquáticos ($P\sim Q$), invertebrados e terrestres ($\sim P. Q$), e vertebrados e terrestres ($P. Q$), mas não há invertebrados aquáticos ($\sim P\sim Q$). Se $p = x_i \in P$ e $q = x_i \in Q$ (e se $U = P + Q$), tem-se, então, realmente $p \vee q$, isto é, $(p. q) \cdot (p. \sim q) \vee (\sim p. q)$, que pode ser representada por baleias, golfinhos, elefantes, cavalos, formigas e abelhas.
- (14) **A incompatibilidade (VA, IA e IT, mas não VT):** na incompatibilidade, admitimos que a associação $(p. q)$ falte: isto significa que p é incompatível com q , já que a presença de uma dessas duas proposições só é compatível com a ausência da outra. Em termos de proposição, a incompatibilidade será, portanto: $(p / q) = df (p. \sim q) \vee (\sim p. q) \vee (\sim p. \sim q)$. Exemplo: Se $p = x_i$ é vertebrado (P) e $q = x_i$ é terrestre (Q), a classe PQ permanece vazia, enquanto os P são todos $P\sim Q$, os Q são todos $\sim PQ$, e existem alguns $\sim P\sim Q$. Se os $\sim P\sim Q$ não existissem, isto é, se todos os animais U fossem vertebrados ou terrestres, não haveria apenas incompatibilidade, mas “exclusões recíprocas”. Tem-se, então, a proposição $(p. \sim q) \vee (\sim p. q) \vee (\sim p. \sim q)$, que pode ser representada por baleias, golfinhos, elefantes, cavalos, formigas e abelhas.
- (15) **A condicional (VT, IA e IT, mas não VA):** representada pelo símbolo $(p \supset q)$. Sendo as conjunções $(p. q)$, $(\sim p. q)$ e $(\sim p.\sim q)$ verdadeiras, enquanto $p.\sim q$ é falsa, tem-se a proposição “se p então q ”: $(p \supset q) = df (p. q) \vee (\sim p. q) \vee (\sim p. \sim q)$. Exemplo: sendo $U =$ animais e $x_i =$ vertebrados (P), e se $q = x_i$ é terrestre (Q), tem-se apenas três casos verdadeiros: PQ

(vertebrados terrestres), $\sim PQ$ (invertebrados terrestres) e $\sim P\sim Q$ (invertebrados aquáticos), representados por elefantes, cavalos, formigas, abelhas, lulas e estrelas-do-mar. $P\sim Q$, no entanto, representa o grupo dos vertebrados aquáticos.

(16) **A negação completa (nenhuma classe):** constitui a negação da afirmação completa, na qual cada uma das quatro combinações (p, q ; $p, \sim q$; $\sim p, q$; $\sim p, \sim q$) seria falsa. A negação completa será equivalente a um arranjo total quadruplicamente vazio, designado pelo símbolo (0), sendo $(0) = df = (0) \vee (0) \vee (0) \vee (0)$. Em termos de proposição, a negação completa será, portanto: $\sim(p*q) = df \sim(p, q) \vee \sim(\sim p, q) \vee \sim(p, \sim q) \vee \sim(\sim p, \sim q)$.

Diante da aquisição da combinatória, o pensamento hipotético muda a natureza das argumentações. “Uma argumentação frutífera e construtiva significa que, por meio do uso de hipóteses, podemos adotar o ponto de vista do adversário (embora sem necessidade de acreditar nele) e retirar as consequências lógicas que ele implica”. (PIAGET, 1993, p. 3-4) Somente uma combinatória permite destrinchar e esmiuçar exhaustivamente as consequências de uma hipótese – as que se comprovam ou não.

Piaget (1993), incentivado por pesquisas realizadas em diferentes culturas e com sujeitos de várias idades, amplia a sua explicação teórica e admite que, em geral, os sujeitos atingem o nível das operações concretas. O pensamento formal (conceitual) parece ser atingido pelos sujeitos em diferentes áreas, de acordo com suas aptidões e especializações profissionais – estudos avançados ou diferentes tipos de aprendizagem para várias profissões. Desse modo, a independência da forma em relação ao conteúdo só é verdadeira, se as situações envolverem aptidões iguais ou interesses comparáveis entre os sujeitos.

De qualquer modo, a evolução do sujeito – do operatório concreto ao formal – é lenta e laboriosa, envolvendo uma longa trajetória evolutiva, mediante o processo de desequilíbrios e reequilibrações, por meio de regulações e coordenações sucessivas, nos sistemas de significação do sujeito, que conduzem a um pensamento conceitual. Somente no estágio operatório, quando o pensamento da criança é reversível, ela será capaz de categorizações sistemáticas – ordenar, classificar, seriar – e, portanto, formar conceitos, definidos em termos de extensão e compreensão.

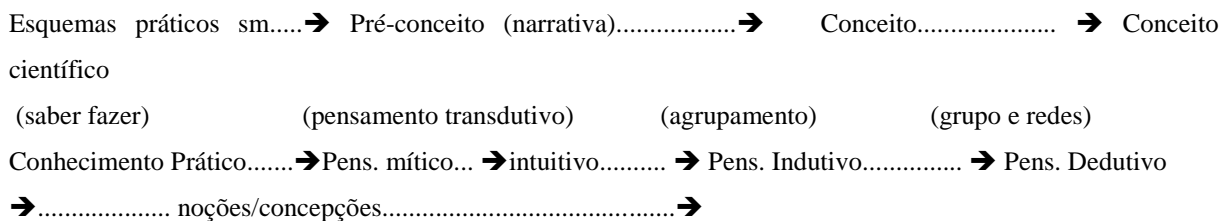
Desse modo, a discussão sobre o que é um conceito nos remete à relação entre linguagem e pensamento. Para Aristóteles e Fodor, ninguém apreende uma palavra que exprima um conceito não possuído, ou seja, ninguém aprende, por exemplo, a palavra “transgênico”, sem saber o que é um transgênico. Já para Platão e Piaget, a palavra não é um conceito em si, pois a construção de um verdadeiro conceito implica um esforço, uma dialética. (RAMOZZI-CHIAROTTINO, 1994)

Saber definir transgênicos – um ser vivo (micro-organismo, planta ou animal), em cujo genoma foi inserido um gene de outro organismo (ARAGÃO, 2003) – não implica saber o que é transgênico, pois um conceito, na perspectiva de Piaget, pressupõe um conhecimento em extensão e uma compreensão que vai muito além de uma definição. Por exemplo, entender

transgênico também implica conhecer seus impactos na sociedade, sua relação com a Engenharia Genética, com a Biotecnologia, sua aplicabilidade na sociedade etc. Assim, a ideia de conceito, na perspectiva piagetiana, pressupõe um domínio do conhecimento que se define em termos de extensão e compreensão, cuja origem ocorre por meio da tomada de consciência.

Em resumo, a evolução da representação dos sujeitos ocorre de maneira lenta e laboriosa, mediante transformações que se sucedem no processo de interiorização dos esquemas de ação, o que envolve reorganização por abstrações refletidas. Esses estádios de desenvolvimento são caracterizados por Piaget como: a) ausência de representação, com predomínio dos esquemas práticos; b) representação pré-conceitual, com predomínio do pensamento transdutivo; c) representação conceitual como “compreensão do sujeito”, a totalidade que ele chegou a constituir; e d) representação científica como compreensão e expressão de conhecimento construído em co-operação, por experimentos ou deduções, a partir de proposições verbais. Essa evolução pode ser pensada também de acordo com a característica do objeto a conceituar (campo de conhecimento implicado). Veja o Esquema 2:

Esquema 2 – Desenvolvimento do pensamento científico



Fonte: Adaptado de Montoya (2011).

Esse desenvolvimento do pensamento científico – que para Piaget é endógeno –, segundo Montoya (2011, p. 126), não se opõe à evolução das próprias interações sociais.

As relações inter-individuais partem de relações centradas sobre as ações particulares para as coordenações descentradas dos pontos de vista; de relações unilaterais de coação intelectual e moral para relações de reciprocidade e de co-operação propriamente dita. A evolução da ação do indivíduo depende da evolução das relações nas quais se encontra inserido e isso reciprocamente. Nessa evolução a socialização se encontra intimamente relacionada com a co-operação: socializar significa compartilhar noções e signos com uma continuidade de falantes e ao mesmo tempo distingui-los das próprias idiossincrasias e dos particulares pontos de vista.

Dessa maneira, é importante frisar que um dos papéis do ensino de ciências (quer no ensino fundamental, médio ou superior) é promover a co-operação entre os sujeitos, propiciando a emergência de tomadas de consciência sucessivas, conduzindo à construção de um pensamento conceitual. É nesse sentido que a escola, quando propicia a interação de seus alunos com os conhecimentos nas áreas de ciências, permite que construam estruturas de pensamento cada vez mais complexas, reduzindo, assim, seu pensamento mítico, intuitivo e conceitual, ainda preso à experiência de cada sujeito, em direção a um pensamento conceitual proposicional, generalizado e científico. (PIAGET, 2005)

Devemos lembrar que a afetividade poderá acelerar ou retardar a construção dessas estruturas, tão importantes na escolarização. Para Piaget, a afetividade não se restringe a sentimentos, mas se refere também a questões intelectuais, como interesse, simpatia, antipatia – por temas ou pessoas –, atitudes éticas etc. O afeto é o “motor da ação”, podendo retardar ou acelerar o desenvolvimento intelectual: o professor, para intervir de forma eficiente no aprendizado, precisa se relacionar com o aluno. Dessa interação, emerge o desejo, a vontade de aprender. Como disse o autor: “todo ato de desejo é um ato de conhecimento e vice-versa”. (PIAGET, 2005, p. 8)

4 O PROCESSO DE TOMADA DE CONSCIÊNCIA EM PIAGET

Neste capítulo abordamos com mais detalhes o processo de tomada de consciência, teorizado por Piaget durante os anos de 1970, em duas de suas obras: *A tomada de consciência* (1978b) e *Fazer e compreender* (1978a), para explicar as relações entre o saber fazer e a conceituação – ou ação e pensamento. Vale ressaltar também que nessas obras Piaget amplia a explicação teórica, passando a utilizar a expressão **nível de periferia**, em vez de estágio, para caracterizar as etapas de desenvolvimento de um dado conhecimento. (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998)

Ao iniciar a análise do processo de tomada de consciência, o autor critica o conceito de consciência na obra freudiana, que considera um sistema estático, onde as sensações se limitam a receber, por mero processo de iluminação, uma matéria do exterior, sem transformá-la. Em suas pesquisas, Piaget insere a consciência num paradigma diferente do freudiano, considerando-a um sistema dinâmico e em permanente transformação. Assim, ressalta Piaget (1978b, p. 197): “[...] ninguém mais do que Freud contribuiu para nos levar a considerar o ‘inconsciente’ como um sistema dinâmico em permanente atividade”. Portanto, sendo o consciente e o inconsciente dois processos diferentes, devemos considerar que a passagem de um para o outro não ocorra por um simples processo de iluminação, mas se trate de uma elaboração minuciosa por parte do sujeito.

Mas, embora exista um começo de respostas em relação ao “como” da tomada de consciência, resta o problema do “por que”, isto é, das razões funcionais que desencadeiam esse processo. Quanto a esta questão, devemos levar em conta as contribuições de Claparède (apud PIAGET, 1978b) sobre a consciência das semelhanças e diferenças, que considera as inadaptações como responsáveis pela tomada de consciência, ainda que, para Piaget, as inadaptações não sejam suficientes para explicar a complexidade deste processo. É preciso ir além, é preciso considerar também o mecanismo das regulações que conduzem às readaptações. (PIAGET, 1978b)

Na obra piagetiana, o termo inadaptações refere-se aos desequilíbrios perturbadores, que podem ser descritos como conflitos momentâneos devidos a reforço e correções. Os primeiros referem-se às resistências que os objetos exteriores (as coisas) oferecem a sua assimilação e aos obstáculos inerentes à assimilação recíproca entre esquemas ou subsistemas; o segundo refere-se a lacunas que resultam da carência de um conhecimento indispensável

para resolver um problema ou à ausência de um objeto ou das condições para levar a cabo uma ação. **Já as regulações** referem-se à tentativa do sujeito de recuperar o equilíbrio – reequilibrações – rompido pelos obstáculos ou resistências ao objeto. Assim, as regulações representam o mecanismo pelo qual o sujeito entra em atividade para diluir as perturbações ou os obstáculos que impedem as compensações. (PIAGET, 1976b)

As construções compensatórias conduzem o sujeito a uma nova reequilibração: as condutas *alfa*, *beta* e *gama*. De acordo com Piaget, durante as reequilibrações, aparecem condutas do tipo *alfa*, em duas situações: a) para uma perturbação vizinha ao ponto de equilíbrio, a compensação será obtida por uma simples modificação introduzida pelo sujeito; e b) se a perturbação for mais forte, o sujeito a anulará, simplesmente negligenciando-a ou afastando-a. As condutas do tipo *beta* consistirão em integrar ao sistema o elemento perturbador, modificando-o, para, em seguida, promover uma alteração da explicação causal. Graças à majoração interposta, a perturbação perde sua característica perturbadora. Nas condutas do tipo *gama*, o sujeito consegue antecipar todas as variações possíveis e o que era perturbador não o é mais; o sistema pode permanecer tal como é. (MONTANGERO; MAURICE-NAVILLE, 1998)

Por outro lado, as pesquisas também demonstraram que podem ocorrer tomadas de consciência sem a intervenção de nenhuma inadaptação. Nesse caso, convém situar as razões funcionais da tomada de consciência num contexto ainda mais amplo, no qual tanto êxitos como fracassos (inaptações), com suas regulações e coordenações sucessivas, conduzem à tomada de consciência. No entanto, o que desencadeia a tomada de consciência é o fato de que as regulações automáticas não são mais suficientes para resolver um problema. É preciso ir à procura de novos meios, o que ocorre por regulações ativas e fontes de escolha deliberadas que supõem um trabalho de interpretação e a consciência. (PIAGET, 1978b)

Quando nós nos colocamos no ponto de vista da ação material para passar em seguida à interiorização dos atos em pensamento, “a lei geral que parece resultar dos fatos estudados é que a tomada de consciência procede da periferia (objetivos e resultados) para o centro, sendo esses termos definidos em função do percurso de um determinado comportamento”. (PIAGET, 1978b, p. 198)

Dito de outra maneira, o processo de tomada de consciência realiza-se segundo a lei periferia (P), centro (C – C’). Sendo assim, o conhecimento origina-se da interação entre sujeito (S) e objeto (O) e produz modificações em duas direções, em relação ao sujeito (C) e em relação ao objeto (C’) – (Figura 1). A periferia (P) corresponde à relação mais imediata e exterior do sujeito face ao objeto, constituindo-se assim em um estado de indiferenciação que

pode ser entendido sempre como um ponto de partida de um conhecimento menor para um conhecimento maior, ou seja, a passagem do “por que” (indiferenciação) ao “como” (interiorização) via coordenações. (PIAGET, 1978b)

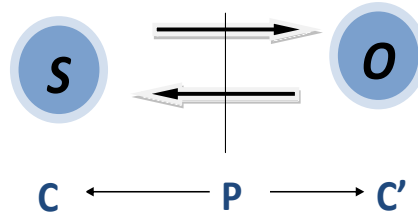


Figura 1 – Modelo geral de tomada de consciência

Fonte: Piaget (1978b, p. 199).

Esse processo se repete infinitamente, o que nos remete à circularidade dialética, base de todo conhecimento, ou seja, a tomada de consciência ocorre via regulações ativas e coordenações que reconstruem, em um novo patamar, o que foi projetado a partir do precedente. Dito de outra maneira, o “por quê” passa a ser “como”, e este conduz novamente ao “por quê”, em uma alternância ininterrupta. (PIAGET, 1978b)

Os diferentes experimentos realizados por Piaget (1978b) permitiram chegar a essa interpretação, de que a lei da direção da periferia (P) para os centros (C – C’) não poderia se limitar à tomada de consciência da ação material. Esse processo conduziria a uma interiorização das ações, que propicia uma consciência dos problemas a resolver, e daí para a consciência dos meios cognitivos (e não mais materiais) empregados para resolvê-los. Durante os experimentos, as crianças foram questionadas sobre como elas chegaram a tal e tal processo, e os sujeitos mais novos se limitaram a relatar sucessivas ações (e mesmo no início, a reproduzi-las por meio de gestos e sem palavras), ao passo que chegaram, depois, a expressões tais como: “eu percebi que... eu disse comigo então...”, ou “eu encontrei então a idéia...” etc. (PIAGET, 1978b, p. 200)

Em relação ao mecanismo de tomada de consciência, ou seja, se sairmos das razões funcionais rumo ao seu mecanismo efetivo que torna conscientes os elementos que permaneciam inconscientes, ou seja, a passagem do “por que” ao “como”, verificou-se, diante dos experimentos realizados, que neste processo ocorre, desde o início, “[...] uma conceituação propriamente dita, em outras palavras, uma passagem de assimilação prática (assimilação de um objeto a um esquema) a uma assimilação por meio de conceitos”. (PIAGET, 1978b, p. 200)

Essa passagem conduz à conceituação, pois implica regulações ativas e coordenações. Se assim não fosse, a consciência não passaria de simples iluminação e essas coordenações não teriam necessidade de nenhuma construção nova – essa passagem para o consciente seria como num espelho: bastaria refletir o que são os movimentos da própria ação, inconscientes, para se obter uma “representação”.

Contudo, as coordenações, mesmo no plano da ação material, já exigem um trabalho de elaboração, por parte do sujeito, o que implica dizer que esse domínio da ação material já constitui um *savoir-faire*, um saber autônomo e não um conhecimento consciente no sentido de uma compreensão conceituada. Porém, o domínio da ação material exige do sujeito a necessidade de uma compreensão conceitual, pois, para poder explicá-la, ele tem que reconstruir, na consciência, o que já foi conhecido pela ação. Isso pressupõe, desde o início, uma interdependência entre ação material e compreensão conceituada.²⁹ (PIAGET, 1978b)

Essa reconstrução na consciência não ocorre dos dados de observação e sim de coordenações inferenciais, que comportam conexões deduzidas por composição operatória (e não por simples generalizações amplificadoras), e que, portanto, ultrapassam os dados da observação, introduzindo relações de necessidade, por exemplo, coordenações baseadas na transitividade. Nessa lógica, as coordenações inferenciais só podem ter por fonte a lógica do sujeito, o que ele extrai, de forma próxima ou remota, das coordenações gerais de suas próprias ações. (PIAGET, 1978b)

Para Becker e outros pesquisadores (2007, p. 112), o progresso da tomada de consciência consiste em:

[...] coordenações que procedem primeiro, por assimilações recíprocas dos esquemas utilizados e se orientam, depois, na direção das formas cada vez mais gerais e independentes de seu conteúdo. Quando um novo conteúdo é subsumido pelos esquemas ou estruturas do sujeito, há uma reorganização das coordenações existentes por reflexão. O reflexionamento projetará essa transformação para um patamar superior. A nova estrutura inclui a anterior. Há uma complementaridade com superação e a possibilidade inesgotável de refazer esse ciclo. Assim, o sujeito transforma a si mesmo, na medida de sua ação transformadora sobre os objetos.

Logo, o caminho para se passar de um sistema de conhecimento mais simples para um mais complexo – ampliando a aprendizagem – é o das regulações ativas, mediante abstrações empíricas e reflexionantes, pseudoempíricas e refletidas. Enfim, “[...] cada novo nível de conhecimento alcançado caracteriza-se por uma complexidade e uma organização lógica

²⁹ A interdependência entre a ação material e a compreensão é pontuada em relação às pesquisas, na obra *A tomada de consciência* (PIAGET, 1978b), cujos êxitos são precoces. Já na obra, *Fazer e compreender* (PIAGET, 1978a), o autor procura analisar o êxito das ações, por etapas e coordenações sucessivas, e não mais de maneira precoce, o que implica dizer que a tomada de consciência se torna cada vez mais independente da ação material.

maior que as dos sistemas de conhecimentos anteriores, embora estes, em boa medida os restrinjam”. (CASTORINA; BAQUERO, 2008, p. 63)

No entanto, não devemos esquecer que existe uma defasagem temporal e uma diferença qualitativa entre o fazer e o compreender, situados no recalçamento cognitivo, nesse processo, que pode ser definido como a impossibilidade do sujeito de perceber como um problema, no plano consciente, as incoerências entre o que ele pensa e faz e, portanto, pensar nos “comos” e “por quês” das ações. (DUTRA, 2006)

No ensino de Ciências e Biologia, um exemplo de recalçamento pode ser observado durante um exercício de termologia, quando é exigido do aluno medir a temperatura de ebulição da água, em uma cidade situada acima do nível do mar. Sabendo que a água ferve a 100°C (ao nível do mar), ele, ao obter um valor menor, se nega a reconhecer essa perturbação, atribuindo a anomalia a um defeito do termômetro. Em síntese, ao desconsiderar a diferença de temperatura na fervura da água, o sujeito não entra em contradição. (CARVALHO, A., 2005)

Para podermos fazer com que o aluno reconheça que esse valor menor de temperatura não constitui uma anomalia do termômetro, e acabe por reconhecer essa perturbação, é necessário criar espaços de diálogo na sala de aula, pois “[...] é através dos debates e discussões entre iguais que ocorre a otimização das perturbações intra-alunos, nos quais os argumentos de uns promovem a reelaboração dos argumentos de outros”. (CARVALHO, A., 2005, p. 54) Só dialoga quem se deixa transformar pelo outro (BUBER, 1979), em todas as esferas da sociedade, e em particular no ensino de Ciências e Biologia.

Outro aspecto, ainda em relação ao como, na tomada de consciência, é que, entre o sucesso precoce da ação e os inícios errôneos da tomada de consciência, existem momentos intermediários, que apontam para uma consciência incompleta da ação. O que já pressupõe um avanço, em relação a uma ação motora e uma conceituação, que se justifica pelo fato da conceituação ser considerada um processo, logo, sua construção pressupõe diferentes níveis, e, portanto, a passagem da inconsciência para consciência não pode ser imediata. Nesse caso, não há uma diferença de natureza entre a tomada de consciência da própria ação e o conhecimento das sequências exteriores ao sujeito. (PIAGET, 1978b)

Desse modo, a tomada de consciência é um crescimento da consciência, um aumento de luz – e não uma iluminação súbita –, um reforço da coerência psíquica, pois a consciência, em si mesma, é um ato humano, um ato vivo, um ato pleno. (BACHELARD, 2009) Desse modo, a conceituação se origina através de um processo laborioso, que pressupõe uma verdadeira construção do sujeito, e não a elaboração de uma consciência totalitária, mas de

seus diferentes níveis, com sistemas de implicações que variam dos mais simples aos mais complexos, em diferentes áreas do conhecimento. (PIAGET, 1978b)

Esse processo de elaboração gradual da tomada de consciência pode fazer parte das pesquisas realizadas em psicologia cognitiva acerca da transferência de informações da memória de curto prazo para a memória de trabalho. Esses estudos apontam a importância de períodos espaçados de sono tranquilo (que envolve muitas horas de estágio REM³⁰) para a consolidação da memória, enfatizando a importância de fatores biológicos nessa consolidação.³¹ Assim, para que a memória seja transferida para a consciência, ou para que o sujeito chegue a uma tomada de consciência, uma prática distributiva, ao invés de uma prática contínua, é melhor para o aprendizado. (BAHRICK; PHELPS, 1987) Isso implica dizer que as memórias são mais propensas a se manterem, se a aprendizagem incluir períodos regulares de repouso, e não um estudo exaustivo na véspera da prova.

Em resumo, tanto a Epistemologia Genética quanto a psicologia cognitiva e a neuropsicologia apontam para uma defasagem temporal em relação à tomada de consciência e à consolidação da memória de trabalho. Assim, a exposição repetida em dias subsequentes e a reativação repetida durante períodos subsequentes de sono ajudam as tomadas de consciência sucessivas e, assim, a consolidação de memórias mais permanentes, conduzindo a uma aprendizagem significativa.

Se pensarmos essa construção numa área específica, como a de Engenharia Genética, entendemos que um geneticista, diante de sua especificidade, tem um nível de consciência complexo – próprio ao pensamento formal; já em outra área, seu pensamento se apresenta a partir de implicações de ordem bastante simples – não formais. Alguns geneticistas “[...] proclamam serem capazes de explicar tudo – da violência urbana à orientação sexual – pelas propriedades do cérebro e dos genes, tendência denominada de determinismo neurogenético”. (ROSE, 1997, p. 18) Para a psicologia genética, esse raciocínio é fruto de um pensamento fragmentado, reducionista e próprio ao senso comum.

Pode-se entender, portanto, que o pensamento não é homogêneo e as estruturas do pensamento formal não são universais e aplicadas a qualquer conteúdo, pois “[...] o essencial

³⁰ É a quantidade de sono de movimentos rápido dos olhos (REM), um estágio específico do sono caracterizado por sonhos e maior atividade de ondas cerebrais. (STERNBERG, 2010)

³¹ Diante destes argumentos, podemos questionar se existe algo especial no cérebro que poderia explicar porque o sono REM é tão importante para a consolidação da memória. Pesquisas em neuropsicologia em aprendizagem animais (SCAGGS; MCNAUGHTON, 1996; WILSON; MCNAUGHTON, 1994) e em seres humanos (PEIGNEUX et al., 2004), apontam que células do hipocampo que foram ativadas durante a aprendizagem são reativadas durante períodos de sono subsequente, como se reacendessem o episódio de aprendizagem inicial consolidando a memória. Outros pesquisadores (GAIS; BORN, 2004) demonstraram que durante esta atividade o hipocampo apresenta níveis extremamente baixos de acetilcolina, e ministrando-se níveis acetilcolina em pacientes durante o sono houve uma menor consolidação da memória.

é que não há forma em si nem conteúdo em si, e que a distinção entre o formal e o não formal é sempre relativa”. (PIAGET, 2006, p. 68) Devemos entender que forma e conteúdo são indissociáveis³² e que somente o processo da interdisciplinaridade permitiria uma assimilação recíproca, em todas as espécies de fronteiras (da psicologia, da sociologia etc.). Isso para permitir que o sujeito alcance novos níveis de consciência, o que o levaria à superação desse pensamento fragmentado e reducionista.

Em síntese, o mecanismo de tomada de consciência, acima apresentado, em todos esses aspectos, pode ser definido como:

[...] um processo de conceituação que reconstrói e depois ultrapassa, no plano da semiotização e da representação, o que era adquirido no plano dos esquemas de ação. Não há, portanto diferença de natureza, numa tal perspectiva, entre a tomada de consciência da ação própria e o conhecimento das sequências exteriores do sujeito comportando ambos uma elaboração gradativa de noções a partir de um dado, quer este consista em aspectos materiais da ação executada pelo sujeito, quer em aspectos materiais das ações que são realizadas entre objetos. (PIAGET, 1978b, p. 204)

A tomada de consciência pode ser interpretada pelos movimentos denominados de interiorização e exteriorização. Este último é responsável pelas elaborações físicas (causalidade); aquele, pela construção de estruturas lógicas – matemáticas. São, porém, indissociáveis, ou seja, o progresso de um acarreta o de outro. Esse processo ocorre no nível da ação material, da conceituação e das abstrações refletidas. (PIAGET, 1978b)

Em relação ao nível das ações materiais, a interiorização conduz à assimilação de esquemas e a coordenações cada vez mais centrais da ação, o que possibilita uma lógica dos esquemas, anterior à linguagem e ao pensamento, que já inclui os principais elementos de futuras estruturas operatórias, tais como: relações de ordem, encaixes dos esquemas, correspondências, certa transitividade etc. Já o processo de exteriorização é marcado, desde o nível sensório-motor, por acomodações sempre maiores dos esquemas de assimilação aos objetos, com a construção de condutas instrumentais, de estruturas físicas espaço-temporais e de uma causalidade objetiva e espacializada. (PIAGET, 1978b)

Quanto ao nível da conceituação, o movimento de interiorização é marcado inicialmente por um processo geral de tomada de consciência da própria ação, o que conduz a diversas formas de representação semiótica, tais como linguagem, imagem mental. E, à

³² Esse caráter pode ser entendido da seguinte maneira: “[...] uma estrutura dada é certamente uma forma em relação com o seu conteúdo, que é o conjunto de dados anteriores dos quais tira seus elementos, mas ela própria é um conteúdo em relação a uma estrutura de nível superior”. (PIAGET, 1978b, p. 68)

medida que ocorre progresso da própria ação, a tomada de consciência ocorrerá de duas formas, em função de dois tipos possíveis de abstração: a abstração empírica e a abstração reflexionante. A abstração empírica fornece uma conceituação a partir dos dados da observação, como tais, ou das ações do sujeito sobre suas características materiais, de um modo geral. A abstração reflexionante extrai da coordenação das ações do sujeito o necessário para a construção das coordenações inferenciais, o que permite o desenvolvimento das estruturas ou formas operatórias. (PIAGET, 1978b)

Já no movimento de exteriorização, enquanto, a partir dos dados, a abstração empírica fornece uma representação dos dados de observação, a abstração reflexionante permite um salto qualitativo, nas explicações causais, pois os acontecimentos passam por uma interpretação dedutiva, ou seja, as explicações causais tornam-se operatórias. Vejamos um relato de Piaget (1978b, p. 120), sobre a causalidade do sujeito:

Mas, por outro lado, a abstração refletidora que, na direção (C), é responsável pelas estruturações de formas operatórias, permite, por via de consequência, uma interpretação dedutiva dos acontecimentos na direção do objeto (C'): donde a formação das explicações causais por atribuições das operações aos próprios objetos, promovidos assim à condição de operações eficazes. Mas deve-se ressaltar, e isso em apoio à solidariedade desses movimentos de interiorização e exteriorização, que essas atribuições permanecem inconscientes, do ponto de vista do próprio sujeito, assim como o são as estruturas operatórias como tais em suas inferências lógico-matemáticas.

No que concerne ao terceiro nível, o da abstração reflexionante, devemos ressaltar que ela comporta dois aspectos inseparáveis: o “reflexionamento” (*réfléchissement*) e a reflexão (*réflexion*). O primeiro projeta, através de um refletor sobre um patamar superior, aquilo extraído do patamar inferior (da ação à representação); o segundo é um ato mental de reconstrução e reorganização, no patamar superior, do que foi extraído do patamar inferior. Então, a tomada de consciência começa a se tornar uma reflexão do pensamento sobre si mesmo, e isso significa que o sujeito se torna capaz de teoria (movimento de exteriorização causal), alcançando sistemas superiores de equilíbrio. (PIAGET, 1995)

Ao conceber a abstração sob estas duas formas, Piaget estabelece uma diferença entre abstração lógico-matemática e abstração empírica, assim como entre as formas de generalização, denominadas indutiva e construtiva. Enfatiza o autor:

A generalização indutiva parte dos observáveis presos aos objetos, portanto empíricas, e sobre as quais a gente se detém para verificar a validade de relações observadas, para estabelecer seu grau de generalidade e tirar daí previsões ulteriores (mas sem, ainda, encontrar explicações ou ‘razões’, o que conduziria a ultrapassar os observáveis), é então de natureza essencialmente extensiva e consiste em proceder

do 'algum' ao 'todo' ou do 'até aqui' ao 'sempre'. [...] Ao contrário, as generalizações construtivas apoia-se ou se dá sobre operações do sujeito ou seus produtos, é ela neste caso de natureza simultaneamente compreensiva e extensiva e chega, portanto, à produção de novas formas e por vezes de novos conteúdos (cf. os números e suas múltiplas variedades). Estes conteúdos são então engendrados por estas formas e não dados nos observáveis empíricos. (PIAGET, 1991, p. 1, grifo nosso)

5 TOMADA DE CONSCIÊNCIA, IMPLICAÇÕES SIGNIFICANTES, INFERÊNCIA E CONEXÕES LÓGICAS

Neste capítulo, discutimos a última obra de Jean Piaget (1988): *Hacia una logica de significaciones*. Este livro, escrito juntamente com Rolando Garcia, apresenta uma nova linha de estudos empíricos baseados em uma revisão de sua teoria do desenvolvimento do raciocínio lógico. Essas novas análises superam muitos problemas e críticas de suas formulações anteriores, por oferecerem uma nova explicação para a origem das operações mentais e da organização mental, com base no conceito de Implicação Significante. Oferecem, também, uma visão mais alinhada da continuidade do desenvolvimento mental, desde o nascimento até a idade adulta.

Na realidade, nesse último trabalho, Piaget conduz um estudo mais direcionado³³ ao papel das significações no processo de conceituação, acabando definitivamente com a dicotomia entre conteúdo (significados) e forma (operatividade). Entretanto, para muitos leitores de Piaget, parece que é comum entender a abordagem da formação dos conceitos como relativamente independente do conteúdo. Por isso, enfatizamos que essa interdependência entre forma e conteúdo permeou várias de suas obras, em especial a que trata da teoria da abstração reflexionante, denominada *Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais* (PIAGET, 1995). Essa obra deixa claro que não há como construir formas sem ter utilizado conteúdos, pois existe uma alternância ininterrupta entre os dois, vejamos a passagem a seguir:

Até agora assistimos, pois, a um processo em espiral: todo reflexionamento de conteúdos (observáveis), e os conteúdos assim transferidos exigem a construção de novas formas devido à reflexão. Há, assim, pois, uma alternância ininterrupta de reflexionamento → reflexão → reflexionamento; e (ou) de conteúdos → formas → conteúdos reelaborados → novas formas, etc., de domínios cada vez mais amplos, sem fim e, sobretudo, sem começo absoluto. (PIAGET, 1995, p. 276-277)

Podemos entender, a partir do que foi dito anteriormente, que para o autor o conhecimento prévio e o conhecimento científico estão integrados em um único sistema dialético – é a partir dos conhecimentos prévios dos alunos que serão construídos os conhecimentos científicos. Assim, a formação do conhecimento científico implica sempre o jogo ininterrupto de conteúdo → forma → conteúdo → forma, e um trabalho de construção. É

³³ Digo um estudo mais direcionado, pois essa ideia já permeava toda a sua obra.

preciso, pois, trabalhar com os conhecimentos prévios dos alunos, favorecendo, progressivamente, por transformações, que se constituam como uma forma, o que implica uma circularidade dialética entre reflexionamento e a reflexão sobre este.

Para Piaget e Garcia (1988), nos conhecimentos prévios (com base em enunciados), e também nas ações, existe uma lógica das significações, pautada em forma de inferência: a Implicação Significante, que subjaz à lógica operatória própria ao conhecimento científico. A Implicação Significante é um tipo de relação lógica que constitui fragmentos de estruturas (ideias não coordenadas conjuntamente: radicadas na crença, no imaginário etc.) que progressivamente vão se coordenando, constituindo, eventualmente, agrupamentos e, então, as 16 operações da lógica formal. Dessa forma, a construção do conhecimento é processual, e a coordenação dos conhecimentos prévios, pelos sujeitos, é fundamental na construção do conhecimento científico.

Ao considerar a implicação como uma forma de inferência, a capacidade de raciocinar do sujeito, nessa perspectiva, se torna mais ampla, a criança começa a raciocinar antes mesmo da aquisição da linguagem, quando é capaz de antecipar uma relação entre ações. No campo dos enunciados, existem inferências que são lógico-matemáticas, necessárias e universais – uma exigência do discurso científico, que essencialmente busca uma descrição verdadeira da realidade. Porém existe, também, um tipo característico de inferências que não estão pautadas na tabela da verdade da lógica extensional – são contingentes, estabelecidas na experiência vivida de cada um.

A inferência não pautada na lógica extensional pode ser entendida também como um conhecimento que provém de outro, que tanto adultos quanto crianças fazem enquanto interagem com os objetos. Temos exemplos desse tipo de inferência pautada em enunciados:

- 1) “Eu gosto do professor de ciências, logo eu gosto de ciências”, trata-se de inferência;
- 2) “O bicho da goiaba é grande, logo deve ter surgido do apodrecimento da goiaba” – a aluna chega a essa afirmativa, ao perceber que os buracos presentes na goiaba são muitos pequenos e, portanto, os bichos da goiaba não poderiam ter entrado por ele, chegando à conclusão de que devem ter surgido do apodrecimento da goiaba. Essas formas de raciocínio (inferências), baseadas na afetividade ou em uma constatação ingênua acerca da origem do bicho, apoiam-se nas implicações significantes, que são, na realidade, uma relação lógica elementar. (ANDRADE, 2008; PIAGET, 1995)

Sendo a Implicação Significante uma relação lógica elementar, não podemos deixar de enfatizar o papel preponderante da abstração empírica, que imprime uma limitação às implicações significantes, visto que as atividades do sujeito ficam reduzidas quando comparadas ao pensamento formal. São duas as limitações: a primeira refere-se à natureza qualitativa das significações, em que somente a qualidade é dada e toda quantificação deve ser construída. A segunda é a ausência de negações construídas pelo sujeito (não A em relação a A). A carência inicial das negações parece, pois, estar conjugada com a ausência das extensões e das quantificações. (PIAGET, 1995)

As implicações significantes, em *Hacia una logica de significaciones* (PIAGET; GARCIA, 1988), foram amplamente estudadas nas ações. A passagem seguinte mostra a implicação entre ações:

[...] quando a criança se serve de um cartão para puxar um objeto para si, pode-se dizer que, para ela, a situação **colocado sobre um suporte** (grifo meu) implica a possibilidade do objeto ser trazido, mas se (e somente se) ele (objeto) está bem colocado **sobre o suporte** (grifo meu) e não ao lado ou próximo. (PIAGET; GARCIA 1988, p. 177)

A criança toma consciência de que, se colocar um objeto sobre um suporte, isto implicará a possibilidade de que o objeto seja trazido para si, mas se (e somente se) o objeto estiver bem colocado sobre o suporte, e não ao lado ou próximo. Assim, ela será capaz de antecipações. Esse exemplo demonstra uma transição entre as ações materiais e suas coordenações e as coordenações das ações das quais os resultados podem ser antecipados. No último caso, as significações impõem-se a partir de suas antecipações. Já o emprego de toda significação supõe e assume certas implicações. Estas não se reduzem a implicações entre enunciados e intervêm desde o início da passagem progressiva das coordenações de ações às composições inferenciais. Em suma, as relações de implicação envolvem coordenações entre significações, possibilitando que o sujeito faça antecipações, isto é, inferências.

Na perspectiva interacionista de uma educação em ciências, conhecer é dar sentido; compreender o que significa é agir sobre o objeto do conhecimento. Compreender um fato requer uma noção – é decidir relacionar esses dados dentro de uma rede de significados que explique por que se produzem e que consenso têm. Os bebês sabem que os objetos suspensos caem quando o veem caindo (relações causais); entretanto, outra coisa é saber antecipar ou interpretar esse fato (relações de implicação). Conhecer um dado nos permite, ao menos, reproduzi-lo (transgênicos são alimentos modificados) ou predizê-lo (quando consumidos, os

transgênicos causam alergias) ou, então, dar sentido ou interpretá-los (por que os transgênicos causam alergias? Todos os transgênicos causam alergias? O que existe nos transgênicos que causa alergias? Somos nós que somos alérgicos ou são os transgênicos que causam alergias?).

Resumindo, Piaget enfatiza que existem duas formas de relação entre ações ou enunciados: as relações causais e as relações de implicação. As primeiras são centradas nos objetos e se referem aos resultados das ações, que não são constatáveis antes de que as ações sejam efetuadas. As segundas são relações entre significações e, como tais, suscetíveis de serem antecipadas. Vejamos, a seguir, a definição de Implicação Significante proposta por Piaget em duas de suas obras.

Em *Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais* (PIAGET, 1995, p. 96), encontramos a seguinte definição:

Assim, uma implicação significativa ‘consiste em reconhecer nos objetos a existência de propriedades qualitativas, significativas para o sujeito, em discernir laços suficientemente constantes entre elas, a fim de permitir a inferência da presença de uma a partir da percepção da outra’. (PIAGET, 1995, p. 96)

Já em *Hacia una logica de significaciones* (PIAGET; GARCIA, 1988, p. 151), a Implicação Significante é definida em fórmula matemática, como:

Se A implica B ($A \rightarrow B$) se uma significação s de A estiver englobada nas de B e se esta significação s comum for transitiva. Neste caso, os ‘englobamentos’ de significações em compreensão correspondem aos encaixamentos em extensão. Eles dão acesso aos ‘valores de verdade’ mais parciais e determinados pelas significações, com relativização das negações com respeito aos referenciais que constituem os encaixamentos.

Essas duas definições podem ser traduzidas da seguinte maneira: em qualquer relação entre duas significações, na qual a primeira conduza à segunda, teremos uma Implicação Significante.

Piaget e Garcia (1988) também demonstram o desenvolvimento correlativo das inferências e implicações, sendo possível diferenciar três níveis em cada uma delas: no primeiro nível, denominado de antecipações limitadas, o sujeito não infere, não raciocina, a menos que se encontre em um universo de objetos empíricos. As abstrações dos sujeitos são exclusivamente empíricas, pois ele tira suas informações dos objetos como tais, ou das ações dos sujeitos sobre suas características materiais. No segundo nível, as inferências são fundadas em antecipações que ultrapassam o constatável, em implicações que são necessárias, mas ainda não exibem suas razões. Têm-se, aqui, implicações entre ações que são

engendradas por abstração reflexionante, pois se apoiam sobre as coordenações das ações dos sujeitos, podendo estas coordenações e o próprio processo reflexionante permanecerem inconscientes, darem lugar a tomadas de consciência ou a conceituações variadas. De um modo geral, as inferências deste nível não se limitam mais a obter consequências lógicas de abstrações empíricas. No terceiro nível, as inferências são fundadas em uma necessidade lógica, em razões (conjunto de possibilidades e relações necessárias).

Em relação às implicações significantes, também encontramos três níveis, descritos pelo autor: 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. Contudo, essas inferências não são suficientes para alcançar as “ligações” necessárias, mas são preparatórias da construção das implicações estruturais. 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)

Tais implicações de significações, mesmo as mais gerais ou locais, sempre resultam de uma assimilação dos objetos, a partir de esquemas prévios, e, portanto, as propriedades não são observáveis “puros”, mas pressupõem sempre uma atividade do sujeito, constituindo sempre um quadro interpretativo. A interpretação, para Piaget e Garcia (1988), é uma conduta complexa de base constantemente inferencial, por mais banais que sejam essas implicações. Sendo assim, mesmo os conhecimentos mais elementares dos sujeitos são constituídos de implicações entre significações, que comportam inferências, e constituem o berço da lógica operatória.

Desse modo, as ações (mentais ou materiais) – sejam elas elementares ou de ordem superior (operações) – são interdependentes e comportam o círculo das significações e das implicações constituintes, que é uma das expressões da circulação genética geral, fonte da dialética.

Essa circularidade dialética (em forma de espiral, pois ela muda sem cessar os conteúdos), engloba conceitos e juízos de todos os níveis, que Piaget (1996) denomina, em um sentido amplo, de “conexões lógicas”. Ao consideramos um objeto de conhecimento como um conjunto de predicados coordenados, a significação é vista como “o que se pode fazer”. Se, por outro lado, os juízos comportam sempre uma dimensão inferencial (que

envolve uma predicação obrigada ou livre), podemos ampliar esse círculo, considerando conceitos C e predicados P, por um lado, e juízos J e inferências I, por outro.

Seguindo a ordem das composições, sustentamos que os conceitos C são amálgamas de predicados P; que os juízos J são relações entre conceitos C, e que as inferências I são compostas de juízos J. Porém, se passarmos das composições às justificações, devemos enfatizar que todo juízo J repousa sobre inferências I (por exemplo, o juízo: “isto é, um transgênico”, só é verdade porque expressa uma proteína exógena, devida a um gene que foi inserido de outra espécie, pela técnica de engenharia genética); que o emprego de todo conceito C exige o reconhecimento de juízos, e que os predicados P resultam das comparações de vários aspectos. As duas ordens de percurso: P – C – J – I e I – J – C – P são, portanto, indissociáveis, mas sem círculo vicioso, pois possuem significações diferentes. (PIAGET, 1996)

Essa circularidade dialética permite que os sujeitos avancem progressivamente de pré-conceitos para conceitos científicos (pré-conceitos... → conceitos....→ conceitos científicos), ambos tão necessários à tomada de consciência. Esse desenvolvimento do conhecimento científico é um processo que envolve o alargamento das formas e dos conteúdos, sob o efeito dos processos dialéticos – um ascendente, de composição, que leva dos predicados às inferências, e outro, descendente, levando das inferências aos juízos, conceitos e predicados e que, justificando-os, multiplica os possíveis e as relações necessárias.

Em resumo, a tese central desta obra é que existe uma lógica das significações que precede a lógica formal dos enunciados (anterior à linguagem), uma lógica que está fundada nas implicações entre significações ou, então, sobre as implicações entre ações. A Implicação Significante é bem anterior à inclusão (que supõe a extensão) e a todos os encaixes constituídos dos “agrupamentos” ou estruturas das operações concretas, além das implicações proposicionais.

6 ESTUDOS RELACIONADOS AO TEMA DE PESQUISA

Nesse capítulo, pretendemos apresentar um panorama dos estudos atuais que enfocam uma temática semelhante, ou complementar, à abordada neste trabalho, presentes em dissertações de mestrado e teses de doutorado. Para tal, foi realizada uma pesquisa, no banco de teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), nos últimos cinco anos. O objetivo desse levantamento é discutir a relevância atual do tema, assim como demonstrar a originalidade do trabalho aqui proposto.

Na busca de pesquisas relacionadas a este estudo, foram elencados e combinados grupos de palavras-chave: **epistemologia genética, tomada de consciência, ensino de ciências, biotecnologia**. Essas palavras foram eleitas por proporcionarem os resultados mais adequados a este trabalho, após uma série de tentativas, não só com outras palavras, mas com outras combinações das mesmas. Dentre os estudos pesquisados, foram selecionados aqueles que abordavam a temática da tomada de consciência na epistemologia genética e o ensino de ciências e biotecnologia.

Todos os trabalhos resultantes da pesquisa com as palavras-chave foram analisados, mas aqui estão referidos apenas aqueles que apresentaram maior relevância em relação ao tema em pauta neste estudo.

6.1 TOMADA DE CONSCIÊNCIA E EPISTEMOLOGIA GENÉTICA

Este tópico trata dos trabalhos relacionados à Tomada de Consciência e à Epistemologia Genética. Inicialmente, realizamos a busca no banco de teses da Capes, pesquisando pela expressão exata. Nesta busca, obtivemos 231 teses e dissertações. Também realizamos uma segunda busca, pesquisando todas as palavras da expressão Epistemologia Genética, e obtivemos 112 trabalhos. A partir desses dados, fizemos uma pré-seleção das teses e dissertações que abordavam a tomada de consciência da Epistemologia Genética, e encontramos 32 teses e dissertações – dentre estas, escolhemos as mais relevantes a este projeto.

Os trabalhos selecionados foram organizados em dois quadros, para facilitar uma rápida visualização e a análise. No Quadro 2, listamos seis trabalhos ao todo, sendo quatro trabalhos de doutorado e dois de mestrado, cujos estudos foram realizados entre os anos de

2008 e 2010. Em seguida, há um breve detalhamento de todos os trabalhos listados, acompanhado de uma justificativa e de sua relevância para este projeto.

Quadro 2 – Teses e dissertações produzidas entre 2008 e 2010

TÍTULO	AUTOR	LOCAL	ÁREA	ANO
Formação inicial de professores de história e a tomada de consciência das relações espaço-temporais	Susana Schwartz Zaslavsky	UFRGS – Educação	Ensino- aprendizagem Doutorado	2010
Interação social e tomada de consciência das noções básicas de probabilidade em crianças do primeiro ano do ensino fundamental.	Ramolise do Rocio Pieruccini	UFPR	Educação Mestrado	2010
Formação a distância e prática da alfabetização: avaliação do impacto do uso de recursos informatizados no ensino da leitura.	Nara Luz Chierighini Salamunes	UFRGS – Informática na Educação	Informática na Educação Doutorado	2009
A formação da noção da força corporal na criança: contribuições para a educação física	Orlando Mendes Fogaça Júnior	UNESP, Marília, SP	Educação Doutorado	2009
Interação social e tomada de consciência a partir do desenho de adultos	Marta Teixeira	UFPR	Educação Mestrado	2008
Formação continuada de professores: da abstração reflexionante à tomada de consciência.	Jaqueline Santos Picetti	UFRGS – Educação	Psicologia Educacional Doutorado	2008

Fonte: Capes.

Iniciamos o detalhamento dos trabalhos analisando a tese de Suzana Zaslavsky (2010), que teve como objetivo promover a tomada de consciência de professores/estagiários, durante o preparo de suas aulas, com o intuito de possibilitar que os estagiários promovessem aulas de história diferenciadas e significativas para seus alunos. Trata-se de uma pesquisa participante, em conformidade com o estudo de caso múltiplo, cuja amostra constitui-se de cinco professores de história, no último ano de graduação, em instituições privadas de ensino superior de Porto Alegre. Os critérios de escolha dos participantes foram a motivação e as qualificações acadêmicas. A fundamentação teórica da pesquisa baseia-se na tomada de consciência segundo a Epistemologia Genética. A estratégia de pesquisa mostrou-se adequada ao que se pretendia investigar, e os resultados remetem à necessidade de revisão dos currículos de formação de professores de história, cujo objetivo deve se voltar para uma maior integração entre conteúdo e ação pedagógica.

Essa pesquisa é relevante para o nosso projeto, pois parte de situações-problema e procura acarretar desequilíbrios aos professores/estagiários de história, para que estes possam tomar consciência de sua ação pedagógica, tendo em vista alcançar, em seus alunos, uma aprendizagem significativa. Nossa tese também parte de situações de sala de aula e procura

criar desequilíbrios entre os alunos, a partir da discussão de diferentes textos e jogos de simulação, com o intuito de promover tomadas de consciência acerca da temática da biotecnologia, produzindo aprendizagens significativas entre os alunos.

A dissertação de mestrado de Ramolise Pieruccini (2010) teve como objetivo investigar, entre estudantes, o processo de tomada de consciência das noções básicas de probabilidade. Também foi investigado o interacionismo social, partindo do pressuposto de que diferentes propostas de interação social podem interferir no processo de tomada de consciência das noções básicas de probabilidade. A pesquisa é de natureza qualitativa e a amostra constitui-se de 12 discentes do primeiro ano do ensino fundamental envolvidos no processo de alfabetização matemática. Após a aplicação de um pré-teste, os sujeitos foram divididos em três grupos experimentais: GE¹, GE² e GE³ e um grupo de controle (GC). Utilizou-se do método clínico piagetiano para investigar e analisar as tomadas de consciência das ações, durante a realização de estratégias, em um jogo de regras, desenvolvido pela pesquisadora, no qual as crianças se utilizam de um ábaco, em que se trabalha a composição probabilista. Os resultados apontam que a construção da noção probabilista é determinada pelo processo de equilíbrio, que coordena os outros fatores de desenvolvimento, visto que não há diferenças significativas entre os grupos experimentais e o grupo de controle. O estudo permitiu validar o constructo explicativo piagetiano da gênese do acaso e da probabilidade. Foi possível perceber as relações estabelecidas entre a construção da aleatoriedade e da operatoriedade, como paralelas e antagônicas. Nesse sentido, observa-se um movimento interativo dialético entre a indução empírica e a indução ativa, na construção da composição probabilista. A interação social voltada ao favorecimento da construção dessa noção deverá oportunizar a indução empírica e a indução ativa, por meio de questionamentos que contribuam para a passagem do saber fazer ao compreender.

O trabalho da autora contribui para este estudo, por destacar a importância da tomada de consciência na construção da noção de probabilidade, validando, assim, o constructo explicativo piagetiano da gênese do acaso e da probabilidade. Assim, a dissertação de mestrado de Ramolise Pieruccini (2010) vem ao encontro de nossa pesquisa, ao trabalhar com a mesma temática (a tomada de consciência na Epistemologia Genética), e por demonstrar o quanto as ideias de Piaget sobre a tomada da consciência são atuais.

A pesquisa de Nara Salamunes (2009) apoia-se no entendimento de que a tomada de consciência do professor sobre sua ação pedagógica é fundamental para a melhoria do ensino. Trata-se de um estudo de casos múltiplos – ao todo quatro casos – no qual a autora procura compreender como pensam e agem didaticamente professores alfabetizadores formados em

cursos à distância. Os dados foram levantados em análise documental, observações e entrevistas filmadas, as quais seguiram os protocolos do método clínico-crítico. A teoria que dá sustentação a essa pesquisa é a tomada de consciência da Epistemologia Genética. A análise dos resultados indica aspectos, a serem considerados nos currículos de cursos de formação de alfabetizadores à distância, e na organização escolar dos anos iniciais do ensino fundamental, para a prevenção do analfabetismo funcional e digital, e também apresenta indícios do impacto da formação de alfabetizadores à distância no ensino fundamental.

O ponto de convergência entre o nosso trabalho e o da autora é que ambos abordam a tomada de consciência – o saber fazer e o compreender, como fundamentais à melhoria do ensino. Um agir consciente tanto por parte dos professores alfabetizadores quanto dos alunos – nos cursos de ciências da saúde da UESB, no caso da nossa pesquisa – é fundamental para a melhoria do ensino. Apesar de recortes diferentes (um analisa a tomada de consciência do professor e, o outro, a do aluno), entendemos que esse processo é contínuo, isto é, na interação entre professores e alunos, ambos devem partir da ação prática para a compreensão desta ação.

A tese de Orlando Fogaça Júnior (2009) tem como objetivo verificar a evolução e a estruturação do conceito de força corporal em crianças, durante aulas de educação física. A pesquisa é de natureza qualitativa, e a amostra constitui-se de quarenta crianças. A fundamentação teórica baseia-se na Epistemologia Genética, e foram utilizadas, como instrumentos investigativos, duas provas piagetianas. Para verificar a compreensão da formação da noção de força corporal da criança, foram utilizados, nessa prova, os mesmos níveis encontrados por Piaget no mundo físico, buscando uma paridade nos protocolos de pesquisa. A análise dos resultados indica, de forma significativa, que somente a sensação de esforço muscular não possibilita ao sujeito compreender a noção de força; para tanto, é necessária a composição de um sistema de relações de outras noções, como espaço, tempo, velocidade, peso, deslocamento e ultrapassagem.

O nosso trabalho e o de Fogaça Júnior (2009) se aproximam: ambos abordam a tomada de consciência da Epistemologia Genética. Fogaça Júnior enfoca a evolução do conceito de força corporal, e o nosso aborda a construção do conceito de biotecnologia e suas relações entre transgênicos e clonagem. Ambos os trabalhos apontam, também, para a importância da superação das práticas de intervenção pedagógica tradicionais – o que requer um aperfeiçoamento contínuo do professor. Somente assim este poderá proceder a uma análise reflexiva e crítica de seus pressupostos epistemológicos, contribuindo para a formação crítica de seus alunos.

A dissertação de mestrado de Marta Teixeira (2008) tem como objetivo promover a tomada de consciência, entre discentes do EJA, sobre certos aspectos da própria existência, a partir de questionamentos sobre desenhos livres confeccionados por eles, e também verificar a interação social que contribui para esse processo. O aporte teórico desse estudo é a teoria do desenvolvimento humano de Piaget. A amostra constitui-se de seis discentes voluntários que participaram de cinco sessões de desenho livre. Após cada sessão, eles foram entrevistados com base no método clínico-crítico de Piaget. Os resultados apontam para um maior nível de compreensão sobre si mesmo e do outro, sobre os próprios valores e necessidades, e sobre a própria atividade do desenho como possibilidade de aprendizado. Conclui-se que a interação social que questiona o sujeito sobre a relação de sua produção gráfica com a sua própria vida é essencial para o processo de tomada de consciência.

Essa dissertação se assemelha a nossas pesquisas, ao considerar a interação social como um fator importante da tomada de consciência. Também fundamentamos a nossa proposta pedagógica considerando as trocas (entre alunos e entre alunos e professores) como peça chave do processo de ensino-aprendizagem, pois nessas trocas se criam situações que geram desequilíbrios, conduzindo assim à tomada de consciência.

A tese de Jaqueline Picetti (2008) tem como objetivo analisar o processo de tomada de consciência de professores em formação continuada, e as possíveis transformações que ocorrem, a partir desse processo, no fazer pedagógico. O referencial metodológico utilizado é o da pesquisa qualitativa e participante. A coleta de dados ocorreu a partir de um grupo de estudos organizado especialmente para esse fim, com professores de uma escola estadual de uma cidade do interior do Rio Grande do Sul. A fundamentação teórica são os estudos de Jean Piaget sobre os processos de tomada de consciência e de abstração reflexionante. A análise dos resultados aponta para a tomada de consciência que acontece na formação continuada de professores, devido a alguns aspectos que se inter-relacionam: a) o planejamento dos estudos com base na discussão das dificuldades, necessidades e experiências dos professores participantes; b) o indispensável estudo teórico em um processo de formação continuada; e c) o trabalho coletivo dos participantes como desencadeador do processo de tomada de consciência. Constatou-se, ao final da pesquisa, que a transformação do fazer pedagógico acontece de forma processual, e lentamente, na estrita dependência da tomada de consciência.

A tese de Jaqueline Picetti (2008) aproxima-se desta pesquisa, por trabalhar com a tomada de consciência e as possíveis transformações que ela produz no fazer pedagógico. Em nossa pesquisa, analisamos a tomada de consciência de alunos dos cursos de ciências da saúde

da UESB, a partir da discussão de diferentes textos acerca da temática da biotecnologia, dos transgênicos e da clonagem, bem como de suas relações.

No Quadro 3, listamos cinco trabalhos de doutorado e dois trabalhos de mestrado que abordam a temática da tomada de consciência, sob a perspectiva da Epistemologia Genética. Esses estudos foram realizados em 2006 e 2007. Faremos um breve detalhamento de todos os trabalhos listados, acompanhado de uma justificativa e de sua relevância para este projeto.

Quadro 3 – Teses e dissertações produzidas entre 2006 e 2007

TÍTULO	AUTOR	LOCAL	ÁREA	ANO
Abstração reflexionante e aprendizagem de proporção: ensino de matemática na 6ª série	Larissa De Conti Martins	UFRGS Educação.	Ensino-Aprendizagem Mestrado	2007
As descobertas da astronomia à luz da teoria da abstração reflexionante de Jean Piaget	Luiz Carlos Gomes	UFRGS Educação	Ensino-Aprendizagem Mestrado	2007
A construção cooperativa de noções fundamentais de química	Vander Edier Ebling Samrsla	UFRGS Educação	Educação Ensino de Ciências e Matemática Mestrado	2007
O ensino de história e a formação para a democracia.	André Augusto da Fonseca	UFRGS Educação.	Psicologia Educacional Doutorado	2006
O conhecimento do desenvolvimento histórico dos conceitos matemáticos e o ensino de matemática: possíveis relações	Adriana Aparecida Dambros	UFPR Educação	Ensino-Aprendizagem Doutorado	2006
Mapas conceituais no acompanhamento dos processos de conceituação	Italo Modesto Dutra	UFRGS - Informática - Educação	Psicologia Doutorado	2006
A educação física e a tomada de consciência da ação motora da criança	Ana Cláudia Saladini	UEJMF – Marília, SP – Educação	Educação Doutorado	2006
O papel da inferência no diálogo entre modelos mentais e modelos científicos da célula	Monica Fogaça	USP	Educação Mestrado	2006

Fonte: Capes.

A dissertação de mestrado de Larissa Martins (2007) apoia-se em quatro conceitos da Epistemologia Genética: abstração reflexionante, generalização construtiva, tomada de consciência e fazer e compreender. A autora problematiza o ensino transmissivo, no ensino fundamental, como um fator limitador do processo de abstração, refletido na aprendizagem do conceito de proporção. Aborda as práticas sobre proporção, vigentes nas aulas de duas turmas de sexta série do ensino fundamental – uma de uma escola estadual de Porto Alegre e, a outra, de uma escola municipal de São Leopoldo. A investigação é de caráter qualitativo e baseia-se em observações em sala de aula, entrevistas com professores e aplicação de tarefas que

envolvem proporção, em que se utiliza o método clínico piagetiano. Os dados coletados indicam que o ensino de proporção baseia-se em uma prática de faz de conta, em que professores pensam que ensinam e alunos acreditam que, com os métodos de ensino adotados por seus professores, aprendem. Além disso, grande parte dos alunos demonstra gostar das aulas de Matemática. Esse pacto velado entre professores e alunos se firma pelo aprender por meio da cópia e da repetição, que são instauradas nas aulas e determinam as relações entre eles. Os aspectos levantados indicam quais são as limitações ao processo de abstração refletida pelo qual se dá o conhecimento matemático.

Há semelhança entre a dissertação de mestrado da autora e a nossa, na medida em que ela aponta para a necessidade de uma formação continuada dos professores, para que eles possam refletir sobre sua práxis pedagógica.

Em sua dissertação de mestrado, Luiz Gomes (2007) procura demonstrar como o conhecimento astronômico, iniciando-se pela percepção do céu, mediado pelo processo de equilíbrio e de abstração reflexionante, evolui por sucessivas tomadas de consciência dos fenômenos celestes e, ao mesmo tempo, pela compreensão do próprio sujeito. O autor baseia-se na Epistemologia Genética de Jean Piaget, em particular na teoria da abstração reflexionante. Na revisão bibliográfica, são apontados os aspectos considerados relevantes para o conhecimento astronômico, tanto do ponto de vista teórico quanto histórico, seguindo uma direção que estrutura a gênese desse conhecimento específico, desde as estruturas sensório-motoras do sujeito, até o pensamento pré-operatório e operatório. O caminho seguido, uma vez que não se pode abranger o trabalho de Piaget em sua totalidade, foi o de fundamentar a aquisição do conhecimento no equilíbrio cognitivo, conseguido por meio de abstrações empíricas e reflexionantes, tendo como modelo, principalmente, o equilíbrio dos sistemas biológicos. O autor aponta algumas sugestões pedagógicas para que os fenômenos dos céus, inferenciais na sua totalidade, possam ser compreendidos nos diferentes níveis de suas possíveis leituras.

O trabalho de Gomes (2007) pretende mostrar a evolução da compreensão dos conhecimentos astronômicos por parte dos sujeitos pesquisados, assim como a nossa pesquisa pretende mostrar a evolução dos conhecimentos na área de biotecnologia, por parte de alunos. Em ambas as pesquisas, essa evolução é investigada sob a perspectiva da tomada de consciência da Epistemologia Genética. Assim como o autor aponta algumas sugestões pedagógicas para a compreensão dessa temática, por parte dos alunos, também pretendemos investigar que interações facilitam o processo de tomada de consciência, para podermos generalizar tal aprendizado a outras situações semelhantes.

A dissertação de Vander Samrsla (2007) apresenta um estudo sobre a elaboração conceitual de alunos acerca das noções sobre a natureza particulada da matéria. A fundamentação teórica é orientada segundo proposições didáticas construtivistas e interacionistas, ambas inspiradas na Epistemologia Genética. Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa, na qual foram analisadas sequências de atividades que foram gravadas em vídeo e transcritas na forma de protocolos. O material de análise foi obtido em quatro turmas do Colégio Estadual Paula Soares de Porto Alegre, onde foi aplicada uma proposta pedagógica que utiliza a mineralogia e os estudos dos minerais, previstos no currículo de alunos do ensino médio. A análise do material produzido nessas atividades resultou em quatro temas de investigação. O primeiro investiga a atribuição da ideia de partículas, ao explicar os fenômenos; o segundo investiga como ocorre a elaboração conceitual da noção de vazio, no modelo particulado de matéria; o terceiro investiga a noção da conservação da matéria, e o quarto estuda o papel do professor na construção cooperativa destas noções. A análise dos resultados aponta para uma evolução dos estudantes, em relação à compreensão dos fundamentos da organização da matéria no nível submicroscópico. Embora os estudantes tenham mostrado sua compreensão dos fenômenos estudados em sala de aula, é importante salientar que eles conservam alguma dificuldade em mobilizar o conhecimento construído para novas situações de aprendizagem. Para finalizar, a pesquisa destaca a importância do papel mediador do professor na construção de conceitos pelos alunos.

Essa dissertação se assemelha às nossas pesquisas, em dois aspectos. No primeiro, ao utilizar a tomada de consciência da Epistemologia Genética como fundamentação importante para a compreensão da elaboração conceitual de alunos acerca das noções sobre a natureza particulada da matéria. Em nossas pesquisas, também procuramos acompanhar os processos de tomada de consciência de alunos acerca da temática da biotecnologia. No segundo, ao criar uma proposta pedagógica baseada nos pressupostos interacionista e construtivista, intervindo no sentido de contribuir para a aprendizagem dos alunos. Em nossa pesquisa, também criamos toda uma metodologia que contribua na construção do conhecimento pelo aluno.

André Fonseca (2006), em sua dissertação, faz um estudo de caso que busca as possibilidades do ensino de história favorecer a formação para a democracia, em uma turma de ensino fundamental. A pesquisa, embasada teoricamente na Epistemologia Genética, desenvolve-se por meio da criação, pelo professor-pesquisador, de situações em sala de aula que favoreçam a tomada de consciência e a superação, pelos alunos, de atitudes egocêntricas, com a constituição de relações de respeito mútuo e de autonomia moral e cognitiva. O trabalho foi realizado com os conteúdos da disciplina de História, utilizados como

instrumentos para as descentrações, e com a busca da cooperação em aula. Os resultados do autor apontam a necessidade do professor intervir em sala de aula, propondo ações coletivas, para que se promova o desenvolvimento moral do grupo. Indicam também que as tomadas de consciência do próprio professor-pesquisador são relevantes para a compreensão dos processos de aprendizagem dos alunos, e para sua intervenção de modo mais eficaz (e cooperativo) no ambiente escolar.

A temática da pesquisa de André Fonseca (2006) está em consonância com a nossa pesquisa, na medida em que a tomada de consciência é favorecida pelo professor-pesquisador, assim como a superação das atitudes egocêntricas pelos alunos, com a constituição de relações de respeito mútuo e de autonomia moral e cognitiva. Também nas nossas pesquisas procuramos criar situações que favoreçam a tomada de consciência, como, por exemplo, a utilização de um jogo de simulação que coloca os alunos a favor ou contra os transgênicos, para que possam superar certas noções acerca da biotecnologia. Em ambos os trabalhos, procura-se intervir de forma a contribuir para criar um ambiente que favoreça a tomada de consciência pelos alunos.

A tese de Adriana Dambros (2006) objetiva investigar a história da matemática no ensino de matemática e busca relações que possam ser estabelecidas entre o conhecimento do desenvolvimento histórico de um conceito matemático, pelo professor, e o ensino desse conceito. A autora realiza um estudo de caso com uma professora das séries iniciais, no qual a história do sistema de numeração decimal foi estudada durante vários encontros e, posteriormente, as alterações ocorridas nas aulas dessa professora foram analisadas. Nessa análise, foram tomados como referência os estudos de Piaget sobre as relações entre o pensamento científico e a gênese do conhecimento na criança. Concluiu-se que o conhecimento da historicidade do sistema de numeração decimal, pela professora, mudou a sua forma de compreendê-lo e ensiná-lo, transparecendo principalmente na consideração que ela passou a demonstrar pelas formas de pensar de seus alunos.

O trabalho da autora aproxima-se do nosso, ao apontar a necessidade de uma formação continuada dos professores, com o objetivo de gerar uma reflexão sobre sua práxis pedagógica. Também acreditamos que o conhecimento do desenvolvimento histórico acerca da biotecnologia contribuiria para o aprendizado dos alunos.

O trabalho de Ítalo Dutra (2006) teve como objetivo apresentar um modelo de utilização dos mapas conceituais digitais, construídos e compartilhados na internet, com o software *CmapTools*, como forma de acompanhamento dos processos de conceituação de crianças do Projeto Amora – Colégio de Aplicação – UFRGS. O método de investigação foi o

estudo de caso, a partir de dados obtidos nos registros em meios digitais realizados pelos sujeitos do estudo: (a) nos blogs (diários de bordo virtuais); (b) nos mapas conceituais digitais salvos e compartilhados na internet em um servidor, e (c) em um *wiki* – sistema on-line de editoração eletrônica de páginas da internet. Além disso, os dados de um diário de campo digital e de entrevistas (usando o método clínico piagetiano) sobre as diferentes versões dos mapas conceituais construídos pelos sujeitos foram igualmente utilizados. Também o estudo de Dutra se utilizou da lógica natural de Jean-Blaise Grize, para proceder às análises dos dados que envolvem a linguagem natural. A análise dos resultados demonstrou que é possível acompanhar os processos de conceituação, por meio da construção e de consequentes revisões de mapas conceituais, com apoio em evidências obtidas nos registros em linguagem natural.

O trabalho de Dutra (2006) com o *software Cmap Tools*, como forma de acompanhamento dos processos de conceituação de crianças, assemelha-se à nossa pesquisa de doutorado, na qual utilizamos mapas conceituais seguindo os mesmos pressupostos do autor, que situa a concepção de mapas conceituais na perspectiva da Epistemologia Genética. Para o autor, as palavras inseridas nas caixas texto, na perspectiva dos sujeitos, não são necessariamente os conceitos, pois, para Piaget, as construções dos conceitos ocorrem por processos contínuos de transformação dos sistemas lógicos e de significação desses sujeitos, via regulações e coordenações sucessivas ativadas por desequilíbrios nesse sistema. Assim, ainda que tais palavras possam representá-los, são as relações construídas que os delimitam, no exercício de atribuições de significado, o que somente é alcançado por complexas atividades de coordenação de suas interações com objetos, em determinado contexto.

A tese de Ana Cláudia Saladini (2006) teve como objetivo investigar como as aulas de Educação Física têm se ocupado da tomada de consciência da ação motora da criança, tendo em vista uma professora que apresenta uma ação pedagógica tradicional e outra com uma ação pedagógica construtivista. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, com aplicação do método clínico piagetiano. A fundamentação teórica baseia-se na Epistemologia Genética de Jean Piaget. Para a identificação dos pressupostos epistemológicos na ação docente das duas professoras, a autora utilizou-se de três instrumentos: uma avaliação situacional, uma entrevista semiestruturada e a observação de três aulas de cada uma. Após a análise dos dados, conclui que a professora que tem sua ação pedagógica fundamentada nos pressupostos epistemológicos do construtivismo poderá contribuir de forma mais significativa para a construção e a compreensão da motricidade junto aos alunos. Para investigar sua problemática junto às crianças, elaborou a prova motora do chute, composta por duas etapas: chute na bola e conversa pelo telefone. Para aplicar essa prova, constituiu dois grupos, com dezesseis

crianças cada um, com idade entre seis e oito anos, que foram filmadas e questionadas individualmente, em dois momentos distintos, com um intervalo de oito meses entre a primeira e segunda filmagem. Diante das informações encontradas junto às crianças, foi possível organizar três níveis de consciência da ação motora do chute: níveis um, dois e três, sendo o primeiro o mais primitivo e o último o mais elaborado. Diante desse estudo concluiu-se que, antes que o sujeito construa conceitos, há uma consciência própria do corpo, e o funcionamento deste não obedece a leis mecânicas. Portanto, na Educação Física Escolar, além de vivenciar as experiências motoras, o aluno deverá compreendê-las para que a construção e a compreensão de sua motricidade sejam uma realidade.

Essa tese se assemelha às nossas pesquisas, em dois aspectos. O primeiro é o uso da tomada de consciência da Epistemologia Genética, mostrando a importância do processo de construção dos conceitos, na área de educação física, já que também pretendemos acompanhar os processos de tomada de consciência de alunos acerca da temática da biotecnologia. O segundo é a demonstração da importância da qualificação de professores, no que diz respeito às teorias pedagógicas, pois a professora que tem sua ação pedagógica fundamentada nos pressupostos epistemológicos do construtivismo contribuiu de forma mais significativa para a construção e a compreensão da motricidade junto aos alunos. Da mesma forma, nossas pesquisas apontam para o aperfeiçoamento contínuo de professores na área de ciências e biologia.

A dissertação de Monica Fogaça (2006) objetivou investigar as relações entre a compreensão do modelo científico da célula, por alunos de ensino médio, e a transformação de seus modelos, a partir da construção de inferências, que proporcionam novas possibilidades de operações mentais. Sua fundamentação teórica baseia-se nos pressupostos da Epistemologia Genética. Trata-se de uma pesquisa experimental, na qual a metodologia de coleta de dados fundamentou-se no método clínico, em sua versão experimental, e na metodologia de resolução de situações-problema, aplicada por intermédio do jogo denominado “dominó do ciclo celular”. As oficinas de jogos foram oferecidas a alunos de primeiro e terceiro anos do ensino médio, transcritas na forma de narrativas, e, em seguida, foram criadas as categorias de análise, por meio da inferência das estruturas de pensamento dos alunos que se ajustavam aos dados empíricos. Constatou-se que os modelos mentais dos alunos sobre a célula se transformam em função do nível de operações mentais empregadas e, assim, podem ser bons indicadores para a avaliação da aprendizagem, bem como do desenvolvimento das operações mentais. Os resultados indicaram também a importância da integração entre a ação e a linguagem, na compreensão de conceitos dessa natureza. A

linguagem esteve presente, tanto no diálogo, essencial para acessar as operações mentais, como na criação das metáforas que constituem os modelos mentais e científicos. Acredita-se que a integração e a evolução das operações mentais, por meio de inferências, associadas à linguagem metafórica, possibilitem a construção da noção de um tipo de objeto permanente, pertinente ao estágio das operações formais: a noção de objeto invisível.

Essa tese se assemelha às nossas pesquisas, ao utilizar a tomada de consciência da Epistemologia Genética na compreensão de como os alunos constroem o modelo científico de célula. Ambos os trabalhos focalizam a atenção sobre os processos inferenciais, que são responsáveis pelas coordenações dos esquemas de ação, propiciando novas possibilidades de operações mentais.

6.2 ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOTECNOLOGIA

Este tópico traz os trabalhos que abordam temas relacionados ao ensino de ciências e biotecnologia. Realizamos a busca, no banco de teses da CAPES, pesquisando por todas as palavras, utilizando as expressões ensino de ciências e biotecnologia. Nessa busca, obtivemos ao todo dez trabalhos, incluindo teses e dissertações. Desses, selecionamos seis trabalhos, que se mostraram mais relevantes para esse projeto. Os trabalhos encontram-se organizados no Quadro 4, para facilitar uma melhor visualização e análise. Também faremos um breve detalhamento de todos os trabalhos listados, acompanhado de uma justificativa e de sua relevância para este projeto.

Quadro 4 – Teses e dissertações sobre ensino de Ciências e Biotecnologia entre 2006 a 2010

TÍTULO	AUTOR	LOCAL	ÁREA	ANO
O jogo do genoma: um estudo sobre o ensino de genética no ensino médio	Alexandre de Sá Freire	Fundação Oswaldo Cruz	Ensino em Biociências e Saúde Doutorado	2009
Inovação no ensino de biologia celular: desenvolvimento e avaliação de estratégias educativas	Tânia da Silveira Cardona	Fundação Oswaldo Cruz	Biologia Celular e Molecular Doutorado	2007
Biotecnologia e meio ambiente: representações sociais de professores de ciências	Jussara Bernardo Alves	Universidade de Mogi das Cruzes - Biotecnologia	Ciências Biológicas Mestrado	2007
Ensino de biotecnologia: representações sociais de professores de biologia	Willian Antonio Guimarães	Universidade de Mogi das Cruzes - Biotecnologia	Ciências Biológicas Mestrado	2007
Biotecnologia e transgênicos: representações sociais de professores de ciências	Elenise Rocha Lopes	Universidade de Mogi das Cruzes - Biotecnologia	Ciências Biológicas Mestrado	2006

Biotecnologia e saúde: representações sociais de professores de biologia	Elizabeth Reymi Rodrigues	Universidade de Mogi das Cruzes - Biotecnologia	Ciências Biológicas Mestrado	2006
--	---------------------------	---	------------------------------	------

Fonte: Capes.

Iniciaremos com a tese de doutorado de Alexandre Freire (2009), que teve como objetivos discutir a genética clássica e a moderna, a partir da avaliação do espaço dedicado a esses assuntos, nos livros didáticos, analisar as visões dos estudantes acerca dos novos conceitos da “nova biologia” e, por fim, desenvolver e discutir o uso do “jogo do genoma” entre estudantes de ensino médio. A análise dos resultados sugere que os livros didáticos não abrangem o conteúdo mínimo relativo aos avanços biotecnológicos, e os estudantes não são fluentes na maioria dos temas da nova biologia. Por outro lado, o jogo do genoma parece motivar os alunos e, assim, atua como uma ferramenta auxiliar e eficiente para o ensino de ciências e biologia.

O trabalho de Freire (2009), assim como a nossa pesquisa, aponta a necessidade de uma formação crítica dos alunos, no que se refere aos conhecimentos na área de biotecnologia. Essa formação necessariamente perpassa pela melhoria dos livros didáticos e programas de aperfeiçoamento de professores.

A tese de Tânia Cardona (2009) objetiva desenvolver e avaliar materiais educativos de apoio ao ensino de biologia celular e molecular. Iniciou-se com a elaboração de uma série de fascículos chamados *Ciência da Escola* e um jogo chamado “célula dentro”. Esses instrumentos foram testados, por estudantes e professores do ensino fundamental e médio, principalmente do Rio de Janeiro, mas também com alunos do ensino secundário e professores em formação de Neuchatel e La Chaux-de-Fonds, na Suíça. A análise dos resultados demonstrou que os materiais são importantes como auxiliares do aprendizado de conceitos abstratos em biologia, utilizando imagens (fotos e micrografias), dados científicos e esquemas, em propostas pedagógicas que ajudem à superação das dificuldades em gerir aulas experimentais nas escolas.

O trabalho de Tânia Cardona (2007) aproxima-se das nossas pesquisas por também procurar criar situações que permitam qualificar alunos para que possam refletir sobre os conhecimentos biotecnológicos. Nesse sentido, é preciso propor estratégias (por meio de jogos, discussões de texto, confecções de mapas conceituais etc.) para que os alunos sejam capazes de analisar, discutir, refletir, argumentar, compreender e contextualizar o objeto de estudo e o próprio processo de aprendizagem, desenvolvendo competências para atuarem em

um mundo em rápida transformação. Ambas as pesquisas reconhecem a importância da formação continuada do professor para que ele possa contribuir na formação crítica do aluno.

A dissertação de mestrado de Jussara Alves (2007) objetiva analisar as representações sociais de professores de ciências sobre biotecnologia e meio ambiente. Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa, na qual se utilizou o teste estatístico de qui-quadrado, considerando $p > 0,05$. A amostra constitui-se de 55 professores de Ciências da rede estadual de ensino do Estado de São Paulo. O instrumento de pesquisa utilizado foi um questionário contendo 28 questões. As respostas dadas às questões abertas foram analisadas pela técnica de análise de conteúdo, e as categorias foram expressas em porcentagens, assim como as respostas dadas às questões fechadas. A análise dos resultados demonstrou a necessidade de divulgação e esclarecimento aos professores sobre o que é biotecnologia e quais as suas aplicações. Em relação aos temas específicos, transgênicos e clonagem, a análise dos resultados ficou muito prejudicada, pois havia frequente justificativa da falta de conhecimento científico e informações relativas à segurança e à ética.

O trabalho de pesquisa de Jussara Alves (2007), assim como o nosso, aponta a necessidade de capacitação ou orientações técnicas relacionadas à biotecnologia, pois os professores e alunos necessitam de recursos e de fontes científicas de informações seguras, para que possam ter uma discussão reflexiva sobre a biotecnologia.

A dissertação de mestrado de Willian Guimarães (2007) teve como objetivo explorar e analisar os conhecimentos e as representações sociais de professores de Biologia sobre a biotecnologia e os Parâmetros Curriculares Nacionais. A pesquisa é de natureza quantitativa, e se utilizou do teste estatístico de qui-quadrado, considerando $p > 0,05$. A amostra constitui-se de vinte professores de Ciências e Biologia da rede pública do Município de São Paulo. O instrumento de pesquisa utilizado foi um questionário contendo 41 questões, abertas e fechadas. As respostas dadas às questões abertas foram analisadas e categorizadas de acordo com a técnica de análise de conteúdo, e ambas as questões (abertas e fechadas) foram expressas em porcentagens. Na análise dos resultados, pôde-se concluir que há pouco conhecimento sobre os conteúdos e aplicações da biotecnologia, assim como sobre os PCN. Embora os professores indiquem que a escola deva ensinar biotecnologia, admitem a impossibilidade de assumir tal tarefa, devido a dificuldades estruturais da escola. Os resultados sugerem que os professores, cuja maioria indicou ter ouvido falar sobre biotecnologia em seu curso de graduação, devem ser capacitados quanto aos conhecimentos e

fundamentos científicos do tema, já que expressaram poucos conhecimentos relevantes sobre este assunto.

Podemos relacionar a dissertação de Guimarães (2007) a esta pesquisa, por seus dados apontarem o mesmo que afirmam nossas premissas, ou seja, que a formação continuada dos professores constitui um dos elementos importantes para que possam contribuir com a formação de alunos críticos.

O objetivo da pesquisa de mestrado de Elenise Lopes (2006) foi levantar as representações sociais de professores de Ciências do ensino fundamental sobre biotecnologia e transgênicos. A amostra constituiu-se de 32 professores de Ciências da rede pública estadual do Município de Mauá, no Estado de São Paulo. Um questionário foi utilizado como instrumento de coleta de dados, e as respostas abertas foram analisadas e categorizadas de acordo com a análise de conteúdo. Todos os resultados (questões abertas e fechadas) foram apresentados em porcentagens e demonstraram representações duvidosas e negativas a respeito dos transgênicos e dos PCN, que se mostraram pouco compreendidos nas escolas. A pesquisa apresentou um quadro de indefinições e contradições quanto às representações dos professores em relação aos avanços da ciência e da tecnologia, demonstrando um distanciamento dos conceitos científicos necessários para se lecionar esse conteúdo, na disciplina de Ciências do ensino fundamental, o que nos remete a uma necessidade de formação continuada dos professores.

Os resultados do trabalho de Elenise Lopes (2006) indicam a necessidade de se repensar a formação dos professores em exercício, quanto ao tema biotecnologia e aos transgênicos. Essa pesquisa e nossos resultados convergem, ao apontarem, como condição necessária à melhoria do ensino de ciências e biologia, a criação de programas de aperfeiçoamento de professores, para que estes possam contribuir na formação crítica do aluno.

A dissertação de mestrado de Elizabeth Rodrigues (2006) teve como objetivo levantar as representações sociais de professores de Biologia sobre a biotecnologia, com enfoque na área de saúde, e também seu conhecimento e compreensão dos *Parâmetros curriculares nacionais*. A amostra constituiu-se de professores do Ensino Médio da Rede Pública Estadual de São Paulo. A pesquisa é de natureza quantitativa, e o instrumento utilizado foi o questionário, analisado estatisticamente a partir do teste do qui-quadrado, considerando $p > 0,05$ para significância. Pôde-se concluir que há ausência ou divergência de compreensão de técnicas e aplicações da biotecnologia. Dentre os resultados, pode-se afirmar que há

divergências e contradições quanto à compreensão dos processos que envolvem a biotecnologia e seus produtos e aplicações em saúde. Verifica-se maior restrição, quando a biotecnologia é aplicada aos seres humanos, seguida dos alimentos geneticamente modificados e das medicações, e há indecisão no que se refere ao consumo de alimentos e vacina. As conclusões remetem a uma ausência de compreensão ou divergência sobre as técnicas e aplicações da biotecnologia, além da falta de informação e de divulgação científica, elaborada pelo meio científico, acessível aos professores, e da pouca discussão e estudos sobre a história da ciência e das diretrizes educacionais nacionais em sua atuação profissional.

O trabalho de Elizabeth Rodrigues (2006) também converge com nossos resultados, ao apontar a necessidade de criação de programas de aperfeiçoamento de professores para que estes possam contribuir com uma formação crítica do aluno no ensino de Ciências e Biologia.

6.3 SÍNTESE DOS ESTUDOS

Os trabalhos referentes à tomada de consciência, acima citados e descritos, fundamentam a relevância do referencial escolhido, sob dois aspectos:

- 1) A escolha da tomada de consciência na Epistemologia Genética é apontada pelos autores como uma temática de maior pertinência para o campo educacional, pois, ao discutirem acerca das interações que facilitam o processo de construção da tomada de consciência, ou quais fatores são responsáveis por esse processo, ou, ainda, como intervir no sentido de contribuir para essa construção, lhes é permitido fazer generalizações a outras situações de ensino/aprendizagem semelhantes, contribuindo assim para a melhoria da qualidade do ensino.
- 2) A maioria das pesquisas que utilizam a tomada de consciência da Epistemologia Genética como referencial teórico, apesar de relevante, diz respeito à construção de conceitos nas áreas de Física (FOGAÇA JUNIOR, 2009), Matemática (DAMBROS, 2006; MARTINS, 2007; PIERUCCINI, 2010), História (FONSECA, A., 2006; ZASLAVSKY, 2010), Educação Física (SALADINI, 2006), Química (SAMRSLA, 2007), Literatura (SALAMUNES, 2009) e Astronomia (GOMES, 2007), e as contribuições dessas pesquisas para a área de biologia são ainda pouco exploradas. Encontramos apenas uma

pesquisa – Fogaça (2006) – que trabalha a tomada de consciência acerca do conceito científico de célula.

No que diz respeito às pesquisas direcionadas à temática do ensino de ciência e biotecnologia, percebe-se que a maioria dos trabalhos – Rodrigues (2006), Lopes, E. (2006), Guimarães (2007), Alves (2007) – tem uma preocupação descritiva – Quais as noções dos alunos e professores acerca de biotecnologia? O que a distingue de conceitos científicos? –, que também é importante, pois contribui para traçar um panorama dessas noções, em nível nacional, apontando para uma necessidade de investimento em educação nas áreas de ciências. Entretanto, é preciso avançar, e ter uma preocupação mais prescritiva: como podem os professores usar essas noções dos seus alunos? Como podem ajudar para que essas noções evoluam? É nesse sentido que, ao fundamentar esta tese, utilizando a tomada de consciência da Epistemologia Genética, procuramos avançar no sentido de entender os processos de conceituação, na temática da biotecnologia, para podermos generalizar esses resultados para outras situações de ensino-aprendizagem semelhantes.

Este levantamento indica também o ineditismo da proposta, pois encontramos apenas um trabalho que envolve diretamente o campo das ciências biológicas, que foi a pesquisa de Fogaça (2006) sobre a construção do conceito de célula. Não foi encontrado nenhum trabalho, igual ou semelhante, que tivesse como objetivo acompanhar a evolução do conceito de biotecnologia. Também consideramos inovadora a proposta pedagógica desenvolvida, bem como a metodologia utilizada na análise dos resultados. O caminho nesta pesquisa, também é pedagógico, pois, ao demonstrar as etapas que conduzem a níveis mais complexos de conceituação da biotecnologia, estamos fornecendo subsídios ao trabalho pedagógico planejado do professor. Visto que as noções de biotecnologia que os sujeitos estão construindo e sistematizando em sua trajetória escolar podem não estar se constituindo naquelas que seriam adequadas e necessárias, cada uma destes níveis pode oferecer, de diferentes formas, resistências ao conhecimento da biotecnologia. Cabe ao professor saber tratá-las. A análise e o diagnóstico dos erros cometidos pelos alunos, no que respeita ao conceito de biotecnologia, e sua exploração didática podem indicar um caminho para esse tratamento.

7 DELINEAMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Apresentaremos, a seguir, a natureza da pesquisa e a proposta pedagógica deste trabalho. Logo após, a amostra e os instrumentos de coleta de dados, e, por fim, momentos da pesquisa, categorias e subcategorias de análise.

7.1 NATUREZA DA PESQUISA E PROPOSTA PEDAGÓGICA

Trata-se de uma pesquisa de natureza quali-quantitativa. A escolha desse tipo de pesquisa deve-se à interface na qual a tese de doutorado está sendo construída, ou seja, apesar de ser uma tese desenvolvida no programa de Biologia Celular e Molecular – que prima pelas abordagens quantitativas – ela apresenta um enfoque voltado para as questões de ensino-aprendizagem, necessitando de fundamentação teórica na área de educação – que prima pelas abordagens qualitativas. Muitos autores (BOUDON, 1979; BRÜGGEMANN; PARPINELLI, 2008; LAZARSELD; BARTON, 1967; MINAYO; SANCHES, 1993; REICHARDT; COOK, 1979; WALLACE, 1971) enfatizam a complementaridade dessas abordagens, mas não apresentam suas características. Assim, optamos pela construção de uma metodologia que conseguisse agrupar aspectos de ambas as perspectivas.

Em nossa proposta pedagógica, o planejamento das atividades visa produzir mudanças (ação) e compreensão (pesquisa), configurando-se como uma intervenção social, de base empírica, no dia a dia dos atores sociais, num esforço de apreendê-la em toda a sua singularidade. O seu caráter participativo designa que o sujeito é ativo, devendo o pesquisador criar um espaço relacional, de confiança e respeito mútuo, em um processo de interação simétrica e contínua, entre pesquisador e pesquisados, levando-os a construir um contexto de interação cooperativa, que propicie as tomadas de consciência sucessivas de ambos os envolvidos.

Outrossim, procuramos intervir em qualquer momento da atividade, com o intuito de provocar situações de desequilíbrio, tendo em vista promover abstrações refletidas. Entretanto, procuramos não direcionar as respostas ou a ação para o que o aluno deseja; pelo contrário, acolhemos a fala ou decisão dos participantes, respeitando sua manifestação genuína. Assim, a ação, aqui investigada, envolve produção e circulação de informações e tomada de consciência, dentre outros aspectos, supondo a capacidade de aprendizagem dos participantes.

Nesse aspecto, sem sermos rigorosos em seguir regras ou passos predeterminados, procuramos resgatar um “sujeito ativo”, negando-se, pois, a um “sujeito passivo”. Assim, durante os debates em sala de aula procuramos intervir estimulando os alunos a prosseguirem na elaboração das atividades. Intervimos também no sentido de propiciar situações que conduzissem a contradições (sempre questionávamos escolhas de textos contraditórios, técnica de *rolly playing*). Quando percebíamos que existiam lacunas, naquele momento, e que esta esvaziava a discussão, algumas informações eram fornecidas, no intuito de criar novas necessidades. Ao fazermos isso, procuramos criar um ambiente que valorizasse a abstração refletida ou a tomada de consciência, alargando o campo de consciência dos alunos e enriquecendo sua conceituação acerca dos conhecimentos na área de biotecnologia.

Diante das considerações acima, tentarei descrever passo a passo o caminho percorrido para se chegar aos objetivos propostos nesta tese. Iniciaremos pela orientação e o planejamento das atividades. A orientação e planejamento das atividades foram realizados pelo professor pesquisador, com a colaboração de mais três professores-doutores da mesma instituição (dois da área de genética e um da área de filosofia) e o monitor da disciplina (bolsista de monitoria da disciplina de *Biologia Básica*, para Odontologia, e *Citologia e Genética* para Fisioterapia).

As disciplinas de *Biologia Básica* e *Citologia e Genética* apresentam uma carga horária total de 60 horas. Foram previstos oito encontros em cada disciplina – cinco para debates dos textos acerca da temática Biotecnologia e três para a confecção dos mapas conceituais. Para cada encontro, foi programada uma carga horária de 2h, perfazendo um total de 16 horas. O primeiro encontro foi dividido entre a sala de aula e o laboratório de informática. Na sala de aula, os alunos responderam a um questionário sobre biotecnologia e, no laboratório, tiveram o primeiro contato com o *software Cmap Tools*,³⁴ e construíram o primeiro mapa conceitual.

Após a análise do questionário e dos mapas iniciais dos alunos, resolvemos trabalhar com textos de linguagem mais acessível. Partimos para autores, como Francisco José Lima Aragão, José Eli da Veiga, Lygia da Veiga Pereira, dentre outros, que abordam as temáticas em estudo, privilegiando os seguintes pontos: a) aspectos históricos do desenvolvimento da

³⁴ O software *Cmap Tools* foi produzido pelo Institute for Human and Machine Cognition, da University of West Florida, sob a supervisão do Dr. Alberto J. Cañas, e permite a construção de mapas conceituais que podem ser publicados e compartilhados em servidores *camp*, a vinculação a outros mapas, a inserção de comentários, a edição síncrona e a exportação dos arquivos em formatos de página web. Entretanto, no contexto deste trabalho, o software *Cmap Tools* foi utilizado para que os alunos construíssem individualmente diferentes versões de mapas conceituais, que eram exportadas como arquivos de imagem ou no formato pdf e posteriormente discutidas pelo grupo. (DUTRA, 2006)

biotecnologia; b) os organismos transgênicos; c) biotecnologia e melhoramento de plantas e animais; d) a tecnologia do DNA recombinante; e e) Clonagem e Biotecnologia.

Aragão (2003), em *Organismos transgênicos: explicando e discutindo a tecnologia*, procura explicar a tecnologia dos organismos geneticamente modificados – OGM ou transgênicos, demonstrando a importância do desenvolvimento histórico da biotecnologia, para se chegar à tecnologia do DNA recombinante. Em seguida, discute o melhoramento de plantas, inserindo a discussão em uma perspectiva histórica e mostrando como essa tecnologia evoluiu ao longo dos anos. Por fim, debate a engenharia genética na internet.

O livro *Transgênicos: sementes da discórdia*, organizado por Veiga (2007), suscita uma discussão sobre a produção de transgênicos, ou organismos geneticamente modificados (OGM), que envolve, dentre outros aspectos, a balança comercial de países exportadores de produtos agrícolas, a questão da fome no mundo e a saúde pública. Para abordar as variantes que o tema implica, este livro apresenta três linhas de estudo de especialistas no assunto, respectivamente a favor, contra ou em posição intermediária, quanto à produção e à comercialização dos OGM.

Lygia da Veiga Pereira (2002), no seu livro *Clonagem: fatos e mitos*, apresenta as bases teóricas da genética e da formação de um indivíduo, a partir da primeira célula – conhecimentos fundamentais ao entendimento dos diferentes aspectos da clonagem. Descreve os aspectos históricos da clonagem, desde os anos de 1940 até os avanços recentes do início do século XXI, demonstrando a importância da clonagem para o melhoramento animal e vegetal. Também aborda temas polêmicos, tais como clonagem de seres humanos e clonagem para fins reprodutivos.

Os trabalhos em sala de aula valorizaram dois momentos. O primeiro, relativo à discussão dos textos previamente lidos pelos grupos; e o segundo um *Role playing* (exercício de simulação), com o intuito de debate acerca de transgênicos e saúde. O diálogo foi valorizado, neste contexto de trabalho, pois acreditamos que a socialização do pensamento é uma condição imprescindível a uma melhor estruturação dos mapas conceituais e, portanto, uma condição da construção do conceito acerca da temática Biotecnologia.

7.2 AMOSTRA E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A amostra constituiu-se de 46 estudantes de ambos os sexos, com média de idade entre 17 e 21 anos. Os dados foram coletados no primeiro semestre de 2009 – quando o pesquisador era responsável pelas disciplinas *Biologia Geral* e *Citologia e Genética* dos cursos de

Odontologia e Fisioterapia, respectivamente, na UESB. Assim, foram utilizados os seguintes instrumentos de registro: questionário, filmagem e mapas conceituais. Entretanto, como os mapas não são um instrumento muito comum nas pesquisas, ainda que muito importantes nesta pesquisa, nos deteremos em uma descrição mais aprofundada dos mesmos. Entretanto, iniciamos com a descrição do questionário.

7.2.1 Questionário

Em relação ao questionário,³⁵ optou-se por uma maioria de questões abertas. Como se trata do mesmo questionário utilizado no mestrado, resolvemos usar apenas algumas questões, com o intuito de facilitar o processo de tabulação das respostas, visto que utilizamos também outros instrumentos de coleta de dados (mapas conceituais e filmagens). Os resultados que serão apresentados neste momento debatem as questões (1 a 9 e 11 a 13), que envolvem os conceitos de biotecnologia, clonagem e transgênicos.

Procedemos ao processo de validação,³⁶ quando selecionamos as questões e o instrumento foi pré-testado, com o intuito de imprimir qualidade a esse processo. Realizamos, ainda, uma verificação do questionário elaborado, observando se todas as perguntas eram válidas para todos os pesquisados e se os temas abordados nas questões abertas eram corretamente interpretados. Essa é uma fase importante da pesquisa, pois tal procedimento procura imprimir uma maior qualidade ao material elaborado. Entretanto, devemos ressaltar que o conceito de validação é dinâmico (e não estático), o que implicou sucessivas atualizações do questionário deste trabalho até sua versão final. (DELIZA; ROSENTHAL; COSTA, 2003; PASQUALLI, 2010)

No momento em que procedemos a uma revisão bibliográfica mais elaborada – baseada na Epistemologia Genética – sobre as justificativas para sua utilização na interpretação e análise dos resultados, também se pode dizer que houve um processo de validação de conteúdo do questionário (validação de conteúdo da escala), o que aumenta ainda mais as evidências de qualidade do instrumento utilizado. (CONTI et al., 2010; HERDMAN; FOX-RUSHBY; BADIA, 1998; URBINA, 2007)

³⁵ Uma das limitações do questionário é que esse instrumento permite conhecer resultados e não processos. Segundo PARRAT-DAYAN (2003), “[...] é muito melhor conhecer os mecanismos do que os resultados”. Nessa perspectiva, incluímos a filmagem e os mapas conceituais como instrumentos que, juntos, viabilizaram acompanhar os processos de tomada de consciência dos alunos acerca da biotecnologia.

³⁶ O conceito de validação utilizado nesta pesquisa vem da psicometria, ou seja, a validação envolve todo e qualquer procedimento de análise das propriedades do instrumento, a fim de verificar seu grau de coerência e qualidade.

Em seguida, após a coleta do material, foram extraídas as categorias e subcategorias (Implicação Significante, Todos, Alguns e Nenhum, Integrações e Diferenciações etc.), que emergiram da interação entre os dados empíricos e a Epistemologia Genética. Logo após, o questionário foi analisado, com base nos pressupostos teóricos.

Para esta análise, utilizamos a categoria Implicação Significante. Por exemplo, diante da sexta questão - o que são transgênicos? Cite exemplos- onde o aluno precisa responder o que ele entende por transgênicos e citar exemplos, classificamos as respostas em três grandes níveis da implicação: **local, sistêmica e estrutural**, conforme mostra o Quadro 5:

Quadro 5 – Classificação das respostas dos alunos referentes à Questão 6

1	Implicação Local (regulações e coordenações locais): considerar que os transgênicos são alimentos geneticamente modificados, além de citar exemplos de acordo com essa definição.
1,5	
2	Implicação Sistêmica (regulações e coordenações sistêmicas): considerar que transgênicos podem ser plantas e animais ou plantas e micro-organismos geneticamente modificados, em cujo genoma foi inserido um gene de outro organismo, além de citar exemplos (de plantas e animais) de acordo com essa definição.
2,5	
3	Implicação Estrutural (regulações e coordenações estruturais): considera que transgênicos podem ser plantas, animais e micro-organismos geneticamente modificados, em cujo genoma foi inserido um gene de outro organismo. Também generaliza a transgenia como técnica que pode ser aplicada a todos os seres vivos – enfatizando o caráter universal do código genético –, além de citar exemplos de plantas, animais e micro-organismos geneticamente modificados.
3,5	

Fonte: Elaboração do Autor.

Entendemos também que a implicação local pode conter subníveis. Desse modo, criamos as pontuações 1,5, 2,5 e 3,5 para diferenciar as respostas situadas em um mesmo nível de implicação. Por exemplo, entendemos que os alunos que tiveram pontuação 1,5, na definição de transgênicos, consideram transgênicos como plantas geneticamente modificadas, já que plantas incluem alimentos. Na pontuação 2,5, consideram que transgênicos podem ser plantas, animais e micro-organismos geneticamente modificados, em cujo genoma foi inserido um gene de outro organismo, mas os sujeitos não a generalizam como técnica que pode ser aplicada a todos os seres vivos (enfatizando o caráter universal do código genético). Também entendemos que a pontuação 3,5 se refere às implicações estruturais de ordem operatória, pois uma implicação estruturante certamente combina relações lógicas, mas que não são necessariamente operações. A classificação das respostas do aluno nessa pontuação implicaria não só a análise da questão, mas do desempenho do aluno em todo o questionário. Esse procedimento foi utilizado em todas as questões – com exceção da questão cinco.

A Tabela 1 mostra o percentual de respostas de acordo com as pontuações para as diferentes perguntas. Cabe salientar que não houve nenhuma resposta com pontuação 3 e 3,5. As pontuações foram agrupadas por níveis de categorias: Implicação Local, Implicação Sistêmica e Implicação Estruturante. Por exemplo, na questão 1, as frequências 48,2% (pontuação 1) e 30,4% (pontuação 1,5) somam uma frequência de 78,6%,³⁷ na categoria Implicação Local. Desse modo, é possível fazer uma análise das frequências, a partir dos pressupostos teóricos que embasam este trabalho.

Tabela 1 – Distribuição de frequências do questionário para perguntas quantitativas*

Questões	CATEGORIA: IMPLICAÇÃO SIGNIFICANTE					
	Implicação local		Implicação sistêmica		Implicação estruturante	
	Pontuação 1	Pontuação 1,5	Pontuação 2	Pontuação 2,5	Pontuação 3	Pontuação 3,5
1	48,2 %	30,4 %	19,2 %	2,2 %	-	-
2	10,9 %	76,1%	13 %	-	-	-
3	80,4 %	-	19,6 %	-	-	-
4	93,5 %	4,3%	2,2 %	-	-	-
6	87,0 %	4,3 %	6,5 %	2,2 %	-	-
7	47,8 %	26,1 %	19,6 %	6,5 %	-	-
8	52,2 %	47,8%	-	-	-	-
9	58,7 %	2,2%	2,2 %	37%	-	-
11	49,6 %	6,5 %	13,0 %	30,9 %	-	-
12	77 %	6,5 %	12,2 %	4,3%	-	-
13	95,7 %	4,3%	-	-	-	-

Fonte: Elaboração do Autor.

* A distribuição pelas frequências, em cada pergunta, mostrou significância estatística de $P < 0,05$, segundo o teste de Qui-Quadrado. A única exceção foi a pergunta 8.

Após estabelecermos os critérios de classificação e levantarmos as frequências do questionário, partimos para sua análise estatística, utilizando o programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), que possibilitou trabalhar com a distribuição das frequências em cada questão. O objetivo da avaliação estatística foi verificar se houve uma distribuição de frequências para cada questão analisada – o que imprime uma qualidade ao instrumento, validando sua consistência interna. O teste de qui-quadrado aplicado mostrou significância estatística de $P < 0,05$. A única exceção foi a pergunta 8.

Essa análise nos permite afirmar que, caso fossem incluídos todos os sujeitos dos cursos de Fisioterapia e Odontologia da UESB, os valores encontrados seriam próximos, o que nos permitiria, com base no conceito de proximidade (intervalo de confiança), generalizar

³⁷ Valor não mencionado na Tabela 1.

os resultados para todos os cursos de Fisioterapia e Odontologia da UESB. (ALTMAN, 1991; CALLEGARI-JACQUES, 2003; KIRKWOOD, 1988)

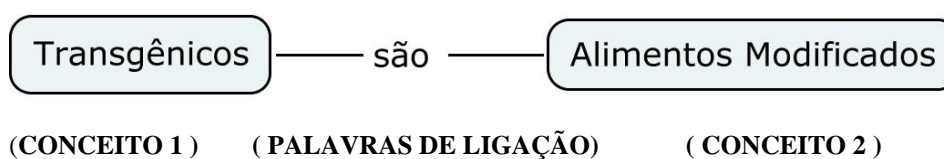
7.2.2 Mapas conceituais

A teoria a acerca dos mapas conceituais foi originalmente desenvolvida pelo professor Joseph Novak, juntamente com seus alunos de pós-graduação, em meados dos anos de 1970, na Universidade de Cornell. Ele define mapa conceitual como uma ferramenta para organizar e representar o conhecimento. A ideia de fundo dos mapas conceituais deriva da teoria de Ausubel, da aprendizagem significativa *versus* a aprendizagem por recepção. Para Ausubel (2000 apud DUTRA, 2006, p. 18), “[...] os mapas conceituais são uma representação gráfica em duas dimensões de um conjunto de conceitos construído de tal forma que as relações entre eles sejam evidentes”.

Uma aprendizagem pode ser significativa quando uma nova informação adquire significado para o aprendiz, através de uma espécie de “ancoragem” em aspectos relevantes da estrutura cognitiva preexistente no indivíduo. Na aprendizagem significativa, há uma interação entre o novo conhecimento e o já existente, na qual ambos se modificam. À medida que o conhecimento prévio serve de base para a atribuição de significados à nova informação, ele também se modifica. A estrutura cognitiva está constantemente se reestruturando durante a aprendizagem significativa. O processo é dinâmico, o que permite que o conhecimento vá sendo construído. (DUTRA, 2006)

De uma maneira geral, os mapas conceituais construídos nesta perspectiva apresentam os seguintes elementos: CONCEITOS, PALAVRAS DE LIGAÇÃO e PROPOSIÇÕES. Observe o exemplo a seguir dos elementos de um mapa conceitual em Biologia.

Esquema 3 – Modelo de uma proposição num mapa conceitual



Fonte: Elaboração do Autor.

Os conceitos estão representados pelas palavras *transgênicos* e *alimentos modificados*, que aparecem dentro de caixas, enquanto as palavras de ligação conectam os dois conceitos entre si, formando uma proposição, que evidencia o significado da relação conceitual. No exemplo acima, a palavra de ligação está especificada pelo verbo *ser* (na terceira pessoa do plural). O **CONCEITO 1** e o **CONCEITO 2** conectados pela **PALAVRA DE LIGAÇÃO** ou **FRASE VERBAL**. Desse modo, a utilização da predicação (palavras de ligação) sobre as linhas, conectando conceitos, é essencial e deve ser incentivada na confecção de mapas conceituais. As proposições, no contexto desta tese, são chamadas também de “implicações significantes”, podendo se apresentar em três níveis: local, sistêmica e estruturante.

Além dos pontos destacados até agora, cabe ressaltar que, segundo Novak e Gowin (1984), nos mapas conceituais, o eixo vertical expressa um modelo hierárquico, onde os conceitos estão dispostos na ordem de importância ou de inclusividade, numa relação de subordinação conceitual – os mais abrangentes ocupam lugar superior e os poucos abrangentes, estão na base (inferior). A organização hierárquica dos mapas conceituais “[...] pode ser utilizada para a identificação de conceitos mais gerais, ajudando na preparação de tarefas de aprendizagem para a recepção de novos conceitos, mais específicos”. (NOVAK; GOWIN, 1984 apud DUTRA, 2006, p. 19)

O uso de mapas conceituais como instrumentos nesta pesquisa segue os mesmos pressupostos de Dutra (2006), que situa a concepção de mapas conceituais na perspectiva da Epistemologia Genética. O autor enfatiza a importância da predicação na constituição das proposições que integram os mapas conceituais, chamando a atenção para a importância dos mapas cíclicos – não hierárquicos, necessários ao acompanhamento do processo de conceituação dos alunos.

Desse modo, na construção de mapas conceituais, as palavras de ligação,³⁸ que geralmente são verbos, têm funções estruturantes e exercem um papel fundamental na representação de uma relação entre dois conceitos. “As predicações, de acordo com Jean-Blaise Grize, sustentam-se em domínios cognitivos. A interconexão lógica de domínios denota a complexidade estrutural da predicação, o aprimoramento conceitual e avanços em relação à compreensão”. (GRIZE, 1997 apud DUTRA, 2006, p. 2) Esses avanços podem ser mais bem observados na construção de diferentes mapas cíclicos – não hierárquicos, tanto em

³⁸ Ao compararmos um mapa conceitual a uma estrutura, no sentido piagetiano, podemos entender as palavras de ligação como as funções estruturantes, uma vez que as mesmas são responsáveis pelas leis de composição do sistema. (DUTRA, 2006)

sua topologia como no tipo de palavras de ligação. (SAFAYENI et al., 2003 apud DUTRA, 2006)

No que se refere à ideia de conceito, a crítica de Dutra (2006) à abordagem ausubeliana está relacionada ao fato de que o mecanismo do processo de conceituação, sob a perspectiva da Epistemologia Genética:

Implica em uma assimilação ativa a partir de coordenações de ações (ou de coordenações de coordenações de ações) do sujeito e de coordenações dos observáveis dos objetos do conhecimento. Assim, o fato de uma assimilação ocorrer, de acordo com a acomodação possível, requer a transformação dos sistemas de significação do sujeito (o que implica em uma atualização dos ditos 'conhecimentos prévios') para que esses possam integrar (e não apenas ancorar) novos conhecimentos, o que implica em modificações nas relações entre noções e conceitos. Tais fenômenos, em diferentes níveis, relacionam-se às tomadas de consciência do sujeito no sentido de conhecer as razões e assimilações práticas a uma assimilação por meio de conceitos. (DUTRA, 2006, p. 20)

Nesse sentido, partindo da perspectiva da Epistemologia Genética, conceitos têm sua origem em processos contínuos, e não predeterminados, de transformação dos sistemas de significação e lógicos dos sujeitos, via regulações e coordenações sucessivas ativadas por desequilíbrios neste sistema. Assim, na perspectiva dos sujeitos, as palavras inseridas nas caixas textos não são necessariamente conceitos. Ainda que tais palavras possam representá-los, são as relações construídas que os delimitam, no exercício de atribuições de significado, o que somente é alcançado por complexas atividades de coordenação de suas interações com objetos, em determinado contexto. “Opõem-se, portanto, à visão de uma organização seqüencial e correta de estratégias, recursos materiais e atividades seja por si só a garantia da aprendizagem de um conceito, por recepção”. (DUTRA, 2006, p. 20)

Os mapas conceituais vistos nesta perspectiva lembram-me um caleidoscópio,³⁹ pois, ambos estão em constante transformação, pois o caleidoscópio, a cada movimento, sob o comando do homem, apresenta combinações variadas e agradáveis de efeito visual. Nos mapas conceituais, as relações (representadas pelas palavras de ligação) e as palavras-chave (conceitos), estão em movimento contínuo, ou seja: palavras-chave e palavras de ligação estão sendo incluídas e excluídas, conduzindo a níveis de conceituação diferenciados, mas, sem dúvida, sob o comando do professor, que é o responsável em gerar desequilíbrios nos sujeitos, impulsionando a construção do conhecimento.

³⁹ É um aparelho óptico formado por um pequeno tubo de cartão ou de metal, com pequenos fragmentos de vidro colorido, que, através do reflexo da luz exterior em pequenos espelhos inclinados, apresentam, a cada movimento, combinações diferentes.

Diante dos argumentos acima, optamos pela escolha dos mapas conceituais como instrumento de pesquisa capaz de acompanhar o processo de tomada de consciência da relação entre biotecnologia, transgênicos e clonagem, na disciplina de *Biologia Básica e Citologia e Genética*, nos cursos de fisioterapia e odontologia da UESB, pois os mesmos permitem ao professor acompanhar e intervir no processo de conceituação, em diferentes níveis de formulação verbal do sujeito, estimulando a criatividade e o pensamento reflexivo, e promovendo aprendizagens.

Todos os alunos receberam instrução para iniciar a construção dos mapas, utilizando-se de três palavras-chave: Biotecnologia, Clonagem e Transgênicos, seguindo duas premissas básicas. A primeira, que deveria haver uma frase de ligação, geralmente um verbo (ou frase verbal) – conjugado corretamente, na ligação entre duas palavras-chave (conceitos). A segunda, que a proposição formasse uma sentença que por si só fizesse sentido.

Também procedemos a uma análise quantitativa dos mapas conceituais. Para tanto, utilizamos as **categorias:** Implicação Significante e Todos, Alguns e Nenhum, e **subcategorias:** Atributos, Palavras-chave, Palavras-chave Incluídas e Excluídas e Implicações Significantes Incluídas e Excluídas, Exemplos, Integrações e Diferenciações e Atributos.

Em relação à quantificação da categoria implicações significantes, esta se procedeu da seguinte maneira: analisamos os mapas um, dois e três do aluno número 13 da turma de Fisioterapia – 13FM1, e apresentamos o número de implicações significantes, palavras-chave, presente no mapa um e dois do aluno 13 do curso de Fisioterapia. Na Figura 2, nós quantificamos cinco tipos de implicações significantes (relações): biotecnologia é transgênico, transgênicos têm como exemplo tomate, transgênico tem como exemplo soja, biotecnologia é clonagem, clonagem tem como exemplo a ovelha Dolly. Em relação às palavras-chave, nós obtivemos seis palavras-chave: biotecnologia, transgênicos, clonagem, tomate, soja e ovelha Dolly.

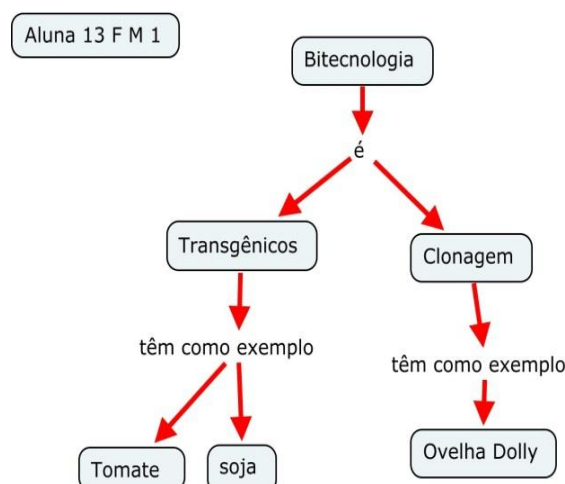


Figura 2 – Quantificação do número de Implicações Significantes e Palavras-chave presentes no mapa um confeccionado pelo aluno 13 da turma de Fisioterapia – 13FM1. Conectores vermelhos (→) indicam a Implicação Significante. As palavras-chave estão inseridas em caixas textos (representadas pelos retângulos)

Fonte: Elaboração do aluno 13FM1 (aluno treze de fisioterapia mapa um).

Vejamos agora o número de Implicações Significantes e Palavras-chave presente no segundo mapa do mesmo aluno. Na Figura 3, nós quantificamos vinte e três tipos de implicações significantes (relações): biotecnologia compreende clonagem, clonagem tem como exemplo a ovelha Dolly, transgênicos podem ser micro-organismos, clonagem envolve manipulação do genoma e pode evitar a extinção de animais, reprodução de animais (melhoramento) implica aumento de produção gerando leite, biotecnologia compreende transgênico, clonagem uso de pesquisas com células-tronco, diminui a biodiversidade implica em impactos ambientais, clonagem envolve seleção que diminui a biodiversidade, clonagem utiliza técnicas de reprodução de animais (melhoramento), transgênicos podem ser vegetais, vegetais têm como exemplo eucaliptos, animais têm como exemplo ratos, dinheiro (capitalismo) benéfico para o homem, animais têm como exemplos aves, transgênicos podem ser animais, eucaliptos permitem maior produção de celulose, clonagem promove seleção plantas resistentes (agricultura), reprodução de animais (melhoramento) implica aumento de produção gerando carnes, reprodução de animais (melhoramento) implica aumento de produção gerando outros derivados, plantas resistentes (agricultura) envolve aumento de produção gerando dinheiro (capitalismo), reprodução de animais (melhoramento) implica aumento de produção gerando dinheiro, vegetais têm como exemplos alimentos.

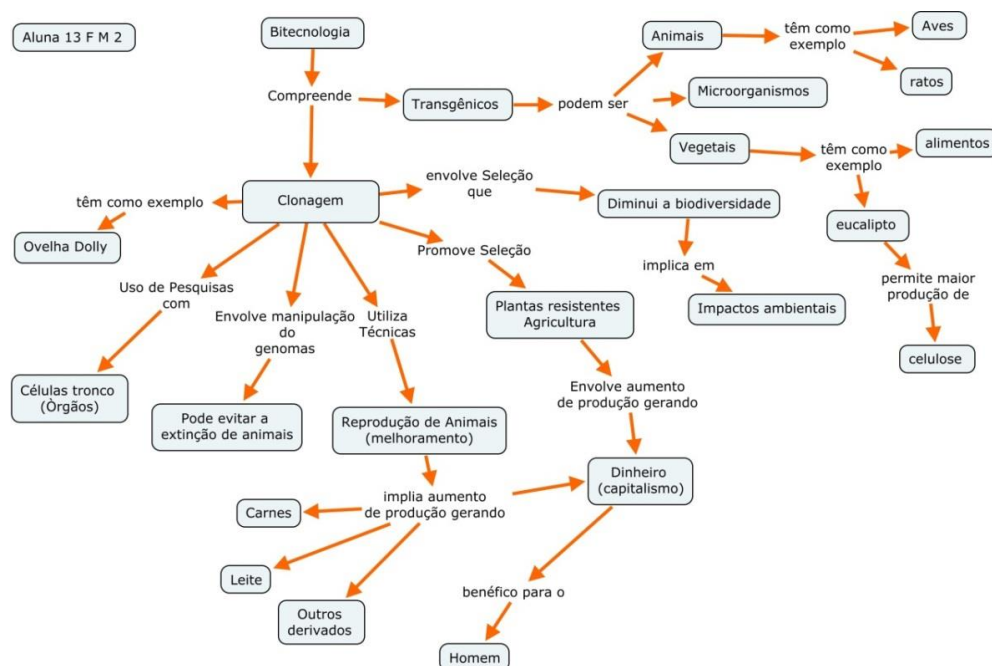


Figura 3 – Quantificação do número de Implicações Significantes e Palavras-chave presentes no mapa dois confeccionado pelo aluno 13 do curso de Fisioterapia – 13FM2. Conectores vermelhos (➔) indicam a Implicação Significante. As palavras-chave estão inseridas em caixas textos (representadas pelos retângulos)

Fonte: Elaboração do aluno 13FM2 (aluno treze de fisioterapia mapa dois).

Em relação às palavras-chave, nós obtivemos 23 palavras-chave: alimentos, animais, aves, ratos, células-tronco (órgãos), diminui a biodiversidade, biotecnologia, celulose, carnes, dinheiro (capitalismo), micro-organismos, clonagem, eucalipto, homem, impactos ambientais, reprodução de animais (melhoramento), leite, vegetais, outros derivados, ovelha Dolly, plantas resistentes, transgênico, extinção de animais. Vejamos agora o número de Implicações Significantes e Palavras-chave presente no terceiro mapa, ainda do mesmo aluno – 13FM3.

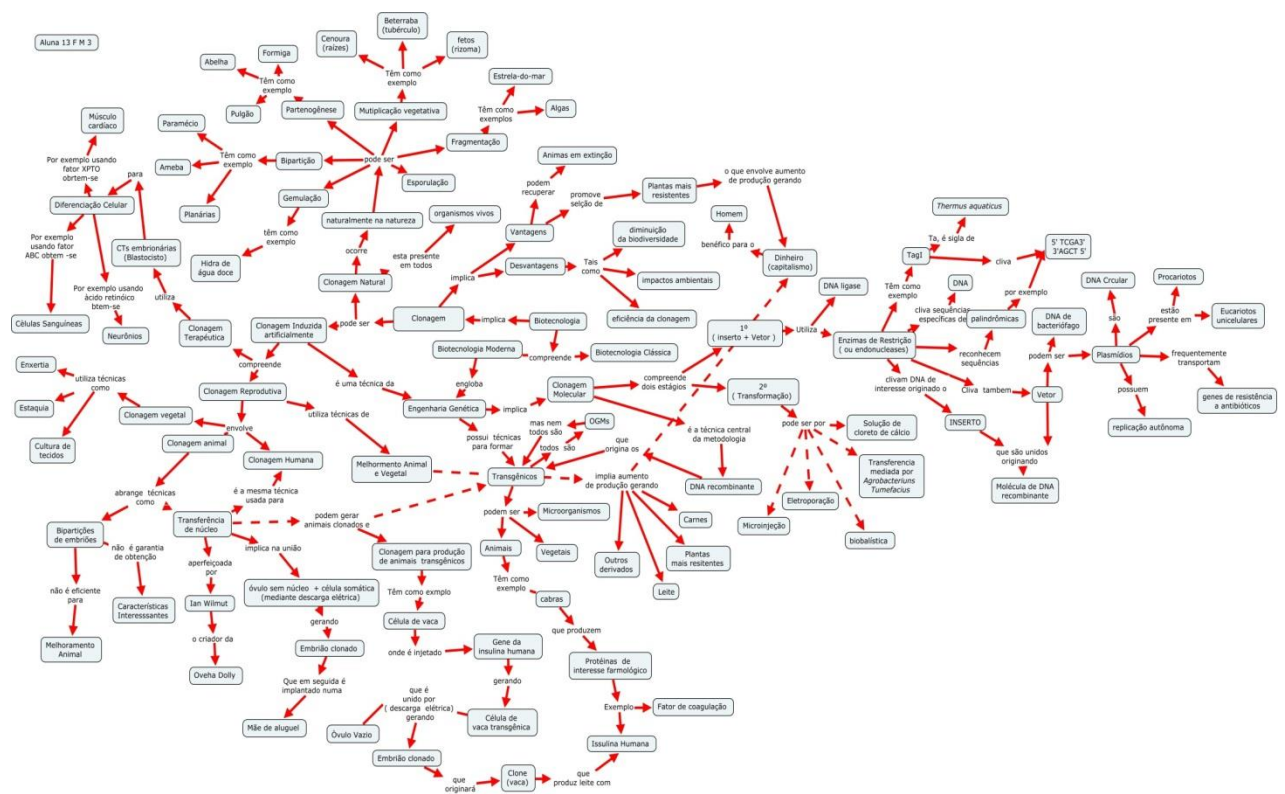


Figura 4 – Quantificação do número de Implicações Significativas e Palavras-chave presentes no mapa três confeccionado pelo aluno 13 do curso de Fisioterapia – 13FM3. Conectores vermelhos (→) indicam a Implicação Significativa. As palavras-chave estão inseridas em caixas textos (representadas pelos retângulos azuis)

Fonte: Elaboração do aluno 13FM3 (aluno treze de fisioterapia mapa três).

Na Figura 4, nós quantificamos cento e cinco palavras-chave: 1º (inserto + vetor), 2º (transformação), 5' tcga3' 3'agct 5', abelha, algas, ameba, animais, animais em extinção, beterraba (tubérculo), biobalística, biotecnologia, biotecnologia clássica, biotecnologia moderna, bipartição, bipartições de embriões, cabras, características interessantes, carnes, cenoura (raízes), clonagem, clonagem terapêutica, clonagem molecular, clonagem animal, clonagem humana, clonagem induzida artificialmente, clonagem natural, clonagem para produção de animais transgênicos, clonagem reprodutiva, clonagem vegetal, clone (vaca), CT embrionárias (blastocisto), cultura de tecidos, células sanguíneas, célula de vaca transgênica, célula de vaca, desvantagens, diferenciação celular, diminuição da biodiversidade, dinheiro (capitalismo), DNA, DNA circular, DNA de bacteriófago, DNA ligase, DNA recombinante, eficiência da clonagem, eletroporação, embrião clonado, engenharia genética, enxertia, enzimas de restrição (ou endonucleases), esporulação, estaquia, estrela-do-mar, eucariotos unicelulares, fator de coagulação, fetos (rizoma), formiga, fragmentação, gemulação, gene da insulina humana, genes de resistência a antibióticos, hidra de água doce, homem, Ian Wilmut,

impactos ambientais, inserto, insulina humana, leite, melhoramento animal, melhoramento animal e vegetal, microinjeção, micro-organismos, molécula de DNA recombinante, multiplicação vegetativa, mãe de aluguel, músculo cardíaco, naturalmente na natureza, neurônios, OGM, organismos vivos, outros derivados, ovelha Dolly, palindrômicas, paramécio, partenogênese, plantas mais resistentes, planárias, plasmídeos, procariotos, plantas mais resistentes, proteínas de interesse farmacológico, pulgão, replicação autônoma, solução de cloreto de cálcio, TagI, *Thermusaquaticus*, transferência mediada por *Agrobacteriuns tumefaciens*, transferência de núcleo, transgênicos, vantagens, vegetais, vetor, óvulo vazio, óvulo sem núcleo + célula somática (mediante descarga elétrica).

Já em relação às implicações significantes, nós obtivemos 113, tais como: Biotecnologia moderna engloba engenharia genética, Clonagem molecular compreende dois estágios 1º (inserto+Vetor), Transgênicos todos são OGM, Clonagem induzida artificialmente compreende clonagem terapêutica, Naturalmente na natureza pode ser gemulação, Vantagens podem recuperar animas em extinção, Transgênicos podem ser vegetais, Clonagem pode ser clonagem induzida artificialmente, Vetor pode ser DNA de bacteriófago, Clonagem reprodutiva envolve clonagem humana, Clonagem reprodutiva envolve clonagem vegetal, Transferência de núcleo implica na união óvulo sem núcleo + célula somática (mediante descarga elétrica), Plasmídeos estão presentes em eucariotos unicelulares, Proteínas de interesse farmacológico exemplo insulina humana, Biotecnologia implica clonagem, Partenogênese têm como exemplo formiga, OGM mas nem todos são transgênicos, Clonagem molecular é a técnica central da metodologia DNA recombinante, Clonagem reprodutiva envolve clonagem animal, 2º (Transformação) pode ser por transferência mediada por *Agrobacteriuns Tumefaciens*, Clonagem natural ocorre naturalmente na natureza, óvulo sem núcleo + célula somática (mediante descarga elétrica) gerando embrião clonado, Clonagem implica desvantagens, Multiplicação vegetativa tem como exemplo beterraba (tubérculo), TagITa, é sigla de *ThermusAquaticus*, Vetores que são unidos originando molécula de DNA recombinante, Naturalmente na natureza pode ser bipartição, Clonagem terapêutica utiliza CT embrionárias (blastocisto), Clonagem vegetal utiliza técnicas como cultura de tecidos, Fragmentação tem como exemplos estrela-do-mar, Enzimas de restrição (ou endonucleases) reconhecem sequências palindrômicas, Transferência de núcleo aperfeiçoada por Ian Wilmut, Dinheiro (capitalismo) benéfico para o homem, Clonagem vegetal utiliza técnicas como enxertia, Melhoramento animal e vegetal implica aumento de produção gerando Leite, Bipartições de embriões não é eficiente para melhoramento animal, Clonagem implica vantagens, Plasmídeos são DNA circular, Clonagem natural está presente em todos os

organismos vivos, Plantas mais resistentes o que envolve aumento de produção gerando dinheiro (capitalismo), Transferência de núcleo é a mesma técnica usada para clonagem humana, Diferenciação celular por exemplo usando fator ABC obtêm-se células sanguíneas, Embrião clonado que originará clone (vaca), Naturalmente na natureza pode ser esporulação, INSERTOS que são unidos originando molécula de DNA recombinante, Multiplicação vegetativa tem como exemplo cenoura (raízes), Biotecnologia compreende biotecnologia moderna, Clone (vaca) que produz leite com insulina humana, Multiplicação vegetativa tem como exemplo fetos (rizoma), Clonagem para produção de animais transgênicos tem como exemplo célula de vaca, Partenogênese tem como exemplo abelha, Transgênicos podem ser micro-organismos, Melhoramento animal e vegetal implica aumento de produção gerando dinheiro (capitalismo), Naturalmente na natureza pode ser fragmentação, Bipartição tem como exemplo ameba, Plasmídeos estão presentes em procariotos, Partenogênese tem como exemplo pulgão, 2º (Transformação) pode ser por microinjeção, DNA recombinante que origina os Transgênicos, Melhoramento animal e vegetal implica aumento de produção gerando outros derivados, Enzimas de restrição (ou endonucleases) clivam DNA de interesse originando o INSERTO, Vantagens promovem seleção de Plantas mais resistentes, Gene da insulina humana gerando célula de vaca transgênica, Desvantagens tais como diminuição da biodiversidade, CT embrionárias (Blastocisto) para diferenciação celular, Gemulação tem como exemplo hidra de água doce, Naturalmente na natureza pode ser multiplicação vegetativa, Bipartições de embriões não é garantia de obtenção de características interessantes, 1º (inserto + Vetor) Utiliza enzimas de restrição (ou endonucleases), Enzimas de restrição (ou endonucleases) clivam também vetor, Célula de vaca transgênica que é unida por (descarga elétrica) gerando embrião clonado, Cabras que produzem proteínas de interesse farmacológico, Diferenciação celular, por exemplo, usando ácido retinóico obtêm-se neurônios, Fragmentação tem como exemplos algas, 2º (Transformação) pode ser por biobalística, Engenharia genética possui técnicas para formar Transgênicos, Desvantagens tais como eficiência da clonagem, Enzimas de restrição (ou endonucleases) cliva sequências específicas de DNA, Animais têm como exemplo cabras, 2º (Transformação) pode ser por solução de cloreto de cálcio, Proteínas de interesse farmacológico exemplo fator de coagulação, Clonagem induzida artificialmente é uma técnica da engenharia genética, Bipartição tem como exemplo paramécio, Melhoramento animal e vegetal implica aumento de produção gerando plantas mais resistentes, Plasmídeos frequentemente transportam genes de resistência a antibióticos, Célula de vaca onde é injetado gene da insulina humana, Plasmídeos possuem replicação autônoma, Clonagem molecular compreende dois estágios 2º

Quando comparamos o mapa um com o mapa dois (Figura 5), referente à inclusão e à exclusão de palavras-chave e implicações significantes, encontramos, duas palavras-chave excluídas e dezenove incluídas, duas implicações significantes excluídas e treze incluídas. As Palavras-chave excluídas foram: tomate e soja. Já em relação à inclusão, obtivemos dezenove palavras-chave incluídas: alimentos, animais, aves, ratos, células-tronco (órgãos), diminui a biodiversidade, celulose, carnes, dinheiro (capitalismo), micro-organismos, eucalipto, homem, impactos ambientais, reprodução de animais (melhoramento), leite, vegetais, outros derivados, plantas resistentes, extinção de animais.

Em relação à exclusão de implicações significantes (relações), obtivemos quatro exclusões, que foram: transgênicos têm como exemplo tomate, transgênicos têm como exemplo soja, biotecnologia é transgênico, biotecnologia é clonagem. Veja que as implicações, no primeiro mapa: biotecnologia é transgênico ou biotecnologia é clonagem, passam, no segundo mapa, para biotecnologia compreende transgênico ou biotecnologia compreende clonagem. Essa mudança na palavra-chave “é” para “compreende” é considerada para nós, como uma exclusão, pois modificou a natureza da implicação.

Os procedimentos descritos acima foram adotados, tanto na comparação do mapa um como o mapa dois, quanto na comparação do mapa dois com o mapa três. Vale ressaltar que vinculamos a inclusão e a exclusão de implicações significantes, baseados na mudança, tanto de uma das palavras-chave como da palavra de ligação. Entretanto, se o deslocamento de uma relação, de um contexto para o outro, preservar a unidade (palavra-chave → palavra-de-ligação → palavra-chave), não consideraremos como uma nova inclusão, mas como uma melhor organização do mapa, que promoveu o deslocamento da relação.

Como as predicções, na constituição dos mapas conceituais, têm funções estruturantes e exercem um papel fundamental na representação de uma relação entre dois conceitos, a quantificação dos mapas conceituais, apresentada a seguir, baseou-se, na maioria das vezes, nos verbos ou frases verbais que podem expressar. Vejamos, a seguir, a análise da subcategoria Atributos, a partir de um recorte do terceiro mapa conceitual, confeccionado pelo aluno 13 do curso de fisioterapia.

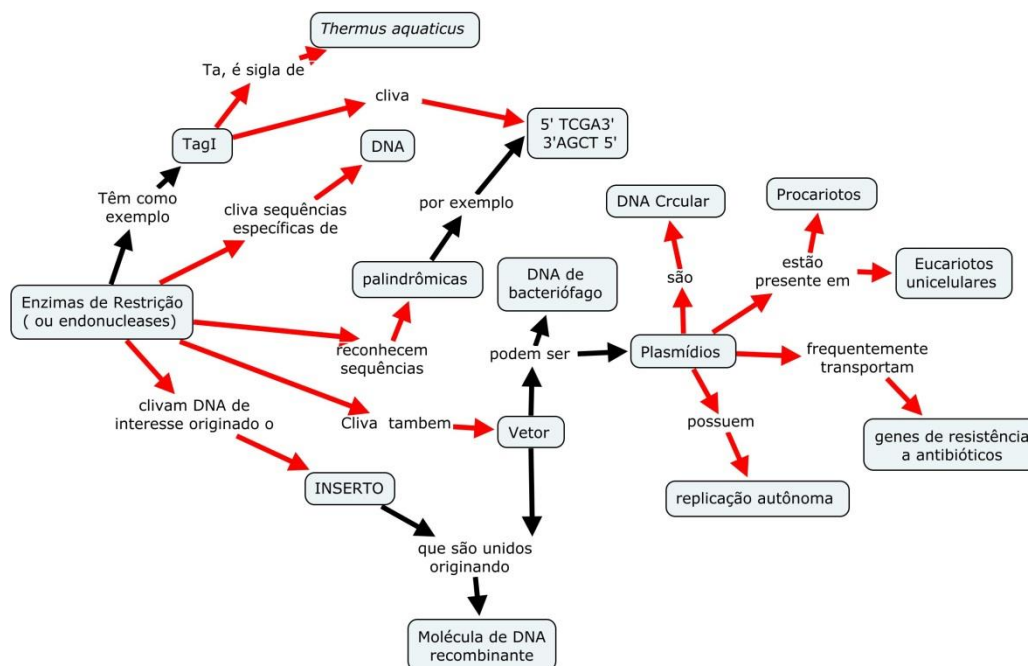


Figura 6 – Quantificação do número de atributos presentes em parte de um terceiro mapa conceitual confeccionado pelo aluno 13 da turma de Fisioterapia – 13FM3. Conectores vermelhos (→) indicam a relação de atributos.

Fonte: Elaboração do aluno 13FM3 (aluno treze de fisioterapia mapa três).

Em um trecho do terceiro mapa confeccionado pelo aluno 13FM3, nós quantificamos 11 atributos: Enzimas de Restrição (ou endonuclease) cliva seqüências específicas de DNA, TagI ta é sigla de *Thermusaquaticus*, TagI cliva 5'TCGA3' / 3AGCT', Enzimas de Restrição (ou endonuclease) reconhecem seqüências palindrômicas, Enzimas de Restrição clivam também vetor, Enzimas de restrições clivam DNA de interesse, originando o inserto, Plasmídeos são DNA circular, Plasmídeos estão presentes em procariotos, Plasmídeos possuem replicação autônoma, Plasmídios estão presentes em eucariotos unicelulares, Plasmídeos frequentemente transportam genes de resistência a antibióticos. Podemos perceber que essas relações de implicação foram classificadas, com base na predicação, por verbos ou frases verbais curtas, tais como: possuem, são, estão presentes em, clivam DNA de interesse etc., que expressam características, por isso, serviram de parâmetros para a subcategoria atributos. Vejamos, a seguir, a quantificação da subcategoria Exemplos.

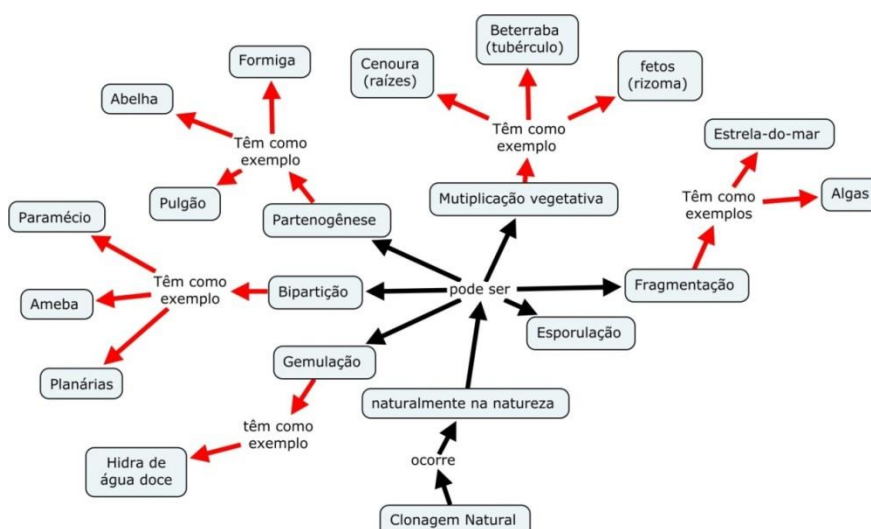


Figura 7 – Quantificação do número de exemplos presentes em parte de um terceiro mapa conceitual confeccionado pelo aluno 13 da turma de Fisioterapia – 13FM3. Conectores vermelhos (→) indicam a relação de exemplificação.

Fonte: Elaboração do aluno 13FM3 (aluno treze de fisioterapia mapa três).

Na subcategoria exemplos, nós quantificamos as expressões de exemplificação de um conceito ou de uma ideia genérica, através das seguintes palavras de ligação: é um exemplo de, têm como exemplo, é como etc. No trecho do mapa conceitual, confeccionado pelo aluno 13 da turma de Fisioterapia – 13FM, nós quantificamos 12 relações de exemplificação, que são: bipartição tem como exemplo paramécio, bipartição tem como exemplo ameoba, bipartição tem como exemplo planária, gemulação tem como exemplo hidra de água doce, partenogênese tem como exemplo formiga, partenogênese tem como exemplo abelha, partenogênese tem como exemplo pulgão, multiplicação vegetativa tem como exemplos fetos (rizomas), multiplicação vegetativa tem como exemplo beterraba (tubérculo), multiplicação vegetativa tem como exemplos fetos cenoura (raízes), fragmentação tem como exemplo estrela-do-mar, fragmentação tem como exemplo algas.

Também classificamos, as palavras de ligação que não foram acompanhadas de verbos. Por exemplo, quando o aluno estabelece a seguinte relação: proteínas de interesse fármaco exemplo fator de coagulação (ver mapa do aluno 13FM3). Veja que a palavra-chave exemplo vem isenta de verbo, apesar dos alunos terem sido orientados a criar uma frase que por si só fizesse sentido, algumas poucas relações nessa categoria não obedeceram a essa regra. Entretanto, quantificamos também essas palavras de ligação, pois entendemos que, num contexto sistêmico, por exemplo: transgênicos podem ser animais têm como exemplo cabras que produzem proteínas de interesse fármaco exemplo fator de coagulação, estas relações ganham um significado – assim as cabras transgênicas produzem uma proteína de interesse

fármaco que é o fator de coagulação. Vejamos a seguir, a quantificação da categoria Todos, Alguns e Nenhum.

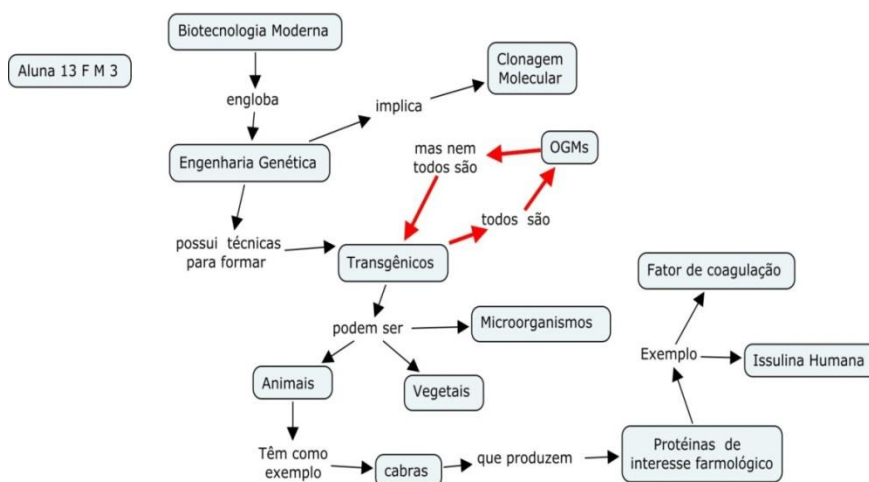


Figura 8 – Quantificação do número de Todos, Alguns e Nenhum presentes em parte de um terceiro mapa conceitual confeccionado pelo aluno 13 da turma de Fisioterapia – 13FM3. Conectores vermelhos (→) indicam a relação de Todos e Alguns.

Fonte: Elaboração do aluno 13FM3.

Classificamos, nessa categoria, as palavras de ligação que indicam a quantificação do predicado, no tocante ao uso do Todos, Alguns e Nenhum, e suas relações de inclusão. Por exemplo, quando o aluno 13FM3 estabelece as seguintes relações: transgênicos todos são OGM e OGM mas nem todos são transgênicos, (Figura 9 – conectores vermelhos), nós quantificamos o uso de um *todos* e o uso de um *alguns*, pois a palavra-chave nem todos, neste contexto, subentende-se que existem alguns OGM que não são transgênicos. Vejamos agora a categoria Interações e Diferenciações. Nessa categoria, privilegiamos as palavras-chave que expressam inclusão, pertença a uma classe. Por exemplo, é um, pode ser, não é um, não pode ser, é um tipo de, compreende, inclui, envolve, engloba etc.

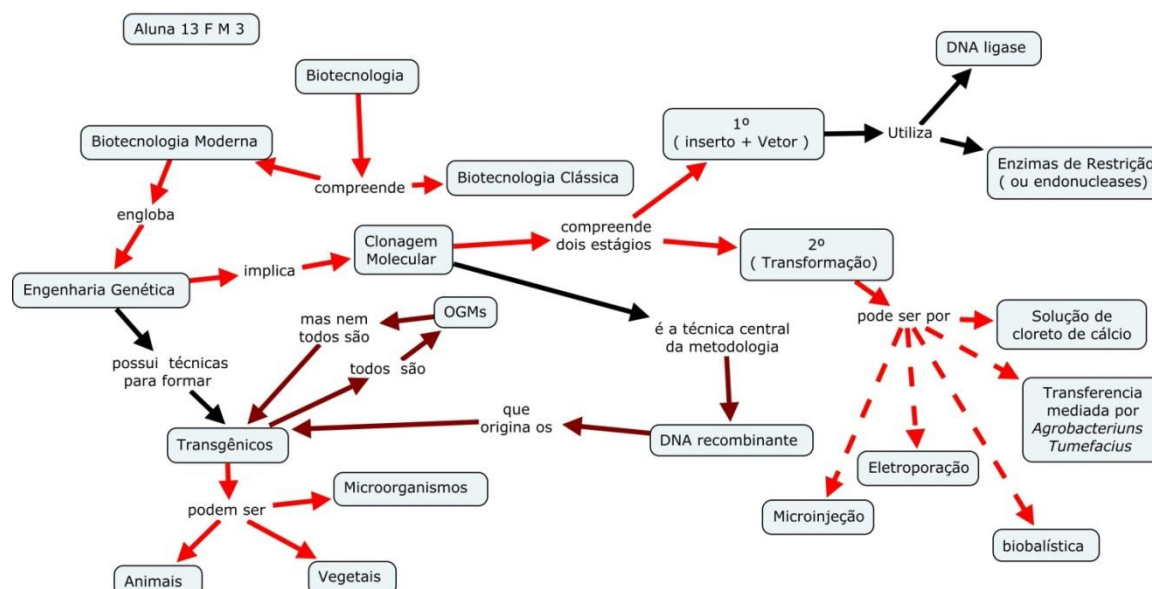


Figura 9 – Quantificação do número de integrações e diferenciações presentes no mapa três confeccionado pelo aluno 13 do curso de Fisioterapia – 13FM3. Conectores vermelhos (→) indicam as Integrações e Diferenciações.

Fonte: Elaboração do aluno 13FM3 (aluno treze de fisioterapia mapa três).

No trecho do mapa conceitual, confeccionado pelo aluno 13FM3 (aluno 13 do curso de Fisioterapia, mapa três), nós quantificamos 14 Integrações e Diferenciações, tais como: Biotecnologia compreende biotecnologia clássica, Biotecnologia compreende biotecnologia moderna, Biotecnologia moderna engloba engenharia genética, Engenharia Genética implica clonagem molecular, Transgênicos podem ser animais, Transgênicos podem ser vegetais, Transgênicos podem ser micro-organismos, 2º (transformação) pode ser por solução de cloreto de sódio, 2º (transformação) pode ser por transferência mediada por *Agrobacterium Tumefaciens*, 2º (transformação) pode ser por eletroporação, 2º (transformação) pode ser por microinjeção, 2º (transformação) pode ser por biobalística, Clonagem molecular compreende dois estágios 1º (inserir + vetor), Clonagem molecular compreende dois estágios 2º (transformação).

Após a quantificação das categorias e subcategorias de análise, utilizamos o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) na análise dos dados. O SPSS é um *software* aplicativo (programa de computador) do tipo científico, que permite realizar cálculos estatísticos complexos. Optamos pelo uso deste aplicativo, pois este torna a análise estatística de dados acessível ao utilizador causal e conveniente para o mais experiente. (PEREIRA, 2006) Contudo, tivemos um cuidado minucioso na especificidade do teste a ser utilizado, pois entendemos que saber qual o teste estatístico que deverá ser utilizado para responder às questões de pesquisa é fundamental num trabalho científico.

Também é importante ressaltar que, quando procedemos a uma revisão bibliográfica mais elaborada sobre as justificativas para a interpretação e a análise dos mapas, pode-se dizer que foi realizado um processo de validação. Desse modo, as categorias de análise emergiram da interação entre o vivido em sala de aula e o quadro conceitual teórico da Epistemologia Genética. Ao realizamos um estudo de caso único, publicado no Encontro Nacional da Pesquisa em Educação em Ciências – VIII ENPEC e no *I Encuentro Iberoamericano de Investigación Didáctica de las Ciencias* – I EIPEC, sob o título: *Consciousness of the Relationship between Biotechnology, Transgenics and Cloning: a single case study*, entre 5 e 9 de dezembro de 2011, alinhamos melhor a análise quantitativa dos mapas conceituais, o que aumenta ainda mais as evidências de validação do instrumento. Vejamos as Tabelas 2, 3 e 4, com as análises efetuadas pelo programa.

Tabela 2 – Descrição da média e do desvio padrão dos mapas um, dois e três, a partir das distintas categorias e subcategorias de análise

CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DE ANÁLISE	MAPA 1 *	MAPA 2 *	MAPA 3 *
CATEGORIAS			
Implicações significantes (IMS)	9,67 (3,43)	53,15 (18,49)	102,17 (16,00)
Todos, Alguns e Nenhum (TAN)	0 (0)	0,72 (0,45)	2,85 (0,35)
SUBCATEGORIAS			
Palavras-Chave (PC)	10,28 (2,91)	47,70 (16,33)	86,96 (12,67)
Palavras-Chave Incluídas (PCI)	0 (0)	42,52 (16,73)	58,37 (19,25)
Palavras-Chave Excluídas (PCE)	0 (0)	5,41 (2,47)	15,39 (8,62)
Implicações Significantes Incluídas (ISI)	0 (0)	29,26 (11,00)	43,20 (14,00)
Implicações Significante Excluídas (ISE)	0 (0)	5,37 (4,73)	12,98 (5,78)
Exemplos (EX)	2,80 (1,51)	2,98 (1,93)	9,24 (7,1)
Integrações e Diferenciações (ID)	0 (0)	19,04 (7,52)	40,28 (9,31)
Atributos (AT)	2,20 (1,42)	11,37 (4,33)	23,41 (4,29)

Fonte: Elaboração do Autor.

* O primeiro valor de cada item corresponde à média e o desvio padrão está descrito entre parênteses.

Tabela 3 – Comparação das diferentes unidades de análise (categorias) entre o mapa um e o mapa dois

CATEGORIA e SUBCATEGORIA COMPARADA (MAPAS 1 E 2)	MÉDIA DAS DIFERENÇAS *	TAMANHO DE EFEITO PADRONIZADO (IC 95%) **	VALOR DO TESTE
CATEGORIA			
Implicações significantes (IMS)	43,48	3,27 (2,62 a 3,86)	15,68 (P< 0,05)***
SUBCATEGORIAS			
Palavras-Chave (PC)	37,41	3,19 (2,55 a 3,78)	15,29 (P< 0,05)***
Atributos (AT)	9,17	2,78 (2,18 a 3,32)	13,64 (P< 0,05)***

Fonte: Elaboração do Autor.

* A média das diferenças representa a diferença entre a média das categorias do mapa dois e do mapa um.

** O intervalo de confiança representa (com 95% de certeza) o intervalo no qual os dados podem ser generalizados à população original do estudo (alunos de Fisioterapia e Odontologia da UESB).

*** Valor estatisticamente significativo, segundo o teste t para amostras independentes.

Tabela 4 – Comparação das diferentes unidades de análise (categorias e subcategorias) dos mapas dois e três

CATEGORIA E SUBCATEGORIA COMPARADA (MAPAS 2 E 3)	MÉDIA (DAS DIFERENÇAS*)	TAMANHO DE EFEITO PADRONIZADO (IC 95%) **	VALOR DO TESTE
CATEGORIAS			
Implicações significantes (IMS)	49,02	2,80 (2,21 a 3,36)	13,46 (P< 0,05)***
Todos, Alguns e Nenhum (TAN)	2,13	5,18 (4,33 a 6,04)	8,83 (P< 0,05)****
SUBCATEGORIAS			
Palavras-Chave (PC)	39,26	2,69 (2,10 a 3,23)	12,88 (P< 0,05)***
Palavras-Chave Incluídas (PCI)	15,85	0,88 (0,44 a 1,30)	4,21 (P< 0,05)***
Palavras-Chave Excluídas (PCE)	9,98	1,57 (1,09 a 2,03)	7,54 (P< 0,05)***
Implicação Significante Incluída (ISI)	13,93	1,09 (0,64 a 1,52)	5,21 (P< 0,05)***
Implicação Significante Excluída (ISE)	8,26	1,44 (0,97 a 1,89)	9,02 (P< 0,05)****
Exemplos (EX)	6,26	1,20 (0,75 a 1,64)	6,56 (P< 0,05)****
Integrações e Diferenciações (ID)	21,24	2,51 (1,94 a 3,03)	12,03 (P< 0,05)***
Atributos (AT)	12,04	2,79 (2,20 a 3,34)	13,64 (P<0,05)***

Fonte: Elaboração do Autor.

* A média das diferenças representa a diferença entre a média das categorias do mapa três e do mapa dois.

** O intervalo de confiança representa (com 95% de certeza) o intervalo no qual os dados podem ser generalizados à população original do estudo (alunos de Fisioterapia e Odontologia da UESB).

*** Valor estatisticamente significativo, segundo o teste t para amostras independentes.

**** Valor estatisticamente significativo, segundo de Mann-Whitney.

Em resumo, a análise quantitativa dos mapas não se torna relevante apenas por considerar a definição de significância estatística. A significância estatística representa se duas ou mais amostras de dados são diferentes ou não. Analisando os mapas, fica evidente *a priori* que esta diferença será encontrada. Contudo, o mais importante e relevante para este estudo é verificar o tamanho ou a magnitude desta diferença (tamanho de efeito padronizado – IC 95%), e também a qualidade destas implicações. É neste sentido que optamos por uma abordagem quantitativa e qualitativa, pois não basta apenas quantificar o número de implicações significantes, é preciso identificar em qual nível elas se encontram, para podermos inferir o grau de aprendizagem significativa dos alunos.

7.2.3 Filmagem

O objetivo da gravação em vídeo foi apoiar a análise dos mapas conceituais, acompanhando os processos de tomada de consciência dos alunos. Houve três momentos de filmagem, em cada disciplina. No primeiro momento, nós obtivemos 1h e 17 min., para a turma Odontologia, e 1h e 12 min., para a turma de Fisioterapia. Já no segundo momento, obtivemos 1h e 13 min., para Odontologia, e 1h e 10 min., para Fisioterapia. Por fim, no

terceiro momento, correspondentes ao *Roly Playing*, nós obtivemos 1h e 05 minutos, para Odontologia, e 57min e 53 segundos, para Fisioterapia (Quadro 6).

Quadro 6 – Momentos da pesquisa, turmas, tempo de filmagem e disciplina

MOMENTOS	TURMAS	TEMPO (filmagem)	DISCIPLINA
I	Odontologia Fisioterapia	(1h e 17 min) (1h e 13 min)	Biologia Básica Citologia e Genética
II	Odontologia Fisioterapia	(1h e 13min) (1h e 10 min)	Biologia Básica Citologia e Genética
III	Odontologia Fisioterapia	(1h e 05min) (57 min e 53s)	Biologia Básica Citologia e Genética

Fonte: Elaboração do Autor.

A filmagem dos alunos ficou a cargo de um profissional da empresa Fraga Produções S.A. A instrução que foi dada ao mesmo era de que a câmera deveria se posicionar onde pudesse captar a imagem de todo o grupo, e, durante as discussões, deveriam ser feitas aproximações até que fosse possível enquadrar o aluno que estava falando no momento. Foi possível notar que, inicialmente, alguns alunos se sentiram intimidados pela câmera, mas, com o andamento das atividades, a câmera não mais afetava o comportamento do grupo.

7.3 MOMENTOS DA PESQUISA: CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DE ANÁLISE

A seguir, apresentamos os momentos desta pesquisa, os diferentes instrumentos utilizados em cada um desses momentos e as categorias e subcategorias de análise (Quadro 7).

Quadro 7 – Apresentação dos momentos da pesquisa, instrumentos, categorias e subcategorias de análise

MOMENTOS DA PESQUISA	INSTRUMENTOS	CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DE ANÁLISE
MOMENTO I	QUESTIONÁRIO MAPA UM	Implicações significantes Palavras-chave Integração e Diferenciação Atributos Todos, Alguns e Nenhum
MOMENTO II	MAPA DOIS FILMAGEM – UM e DOIS	Implicações significantes Inclusão e exclusão de palavras-chave Inclusão ou exclusão de implicações significantes Integração e Diferenciação Atributos Todos, Alguns e Nenhum

MOMENTO III	MAPA TRÊS FILMAGEM – TRÊS	Implicações significantes Inclusão e exclusão de palavras-chave Inclusão ou exclusão de implicações significantes Integrações e Diferenciação Atributos Todos, Alguns e Nenhum
--------------------	--------------------------------------	---

Fonte: Elaboração do Autor.

A seguir, apresentamos as categorias de análise, suas respectivas definições, segundo a Epistemologia Genética, e sua importância no contexto desta pesquisa (Quadro 8).

Quadro 8 – Categorias de análise – definição segundo a Epistemologia Genética e importância para o contexto da pesquisa

CATEGORIAS DE ANÁLISE	DEFINIÇÃO SEGUNDO A EPISTEMOLOGIA GENÉTICA	IMPORTÂNCIA PARA PESQUISA
Implicação Significante	<p>No livro <i>Abstração reflexionante</i> encontramos as seguintes definições de implicações significantes: “Uma implicação significativa se define como uma relação entre duas significações tal que a primeira conduz a segunda”. (PIAGET, 1995, p. 96) Ou também: “A implicação significativa consiste em reconhecer nos objetos a existência de propriedades qualitativas, significativas para o sujeito, em discernir laços suficientemente constantes entre elas, a fim de permitir a inferência da presença de uma a partir da percepção da outra. (PIAGET, 1978b, p. 96)</p> <p>Devemos ressaltar que o estabelecimento de uma Implicação Significante não implica que esta esteja coordenada numa totalidade. Desse modo, existem níveis nesta significação, que permanecem “locais” tanto relativos a dados limitados e a contextos particulares, as que convergem em “sistêmica”, como preparatórias da construção de estruturas, e finalmente as “estruturais”, que se referem a composições internas de estruturas já construídas.</p>	<p>Os três níveis de significação propostos por Piaget serviram de critério para a análise do questionário. Por exemplo, na questão 1, onde se solicita do aluno que responda o que ele entende por biotecnologia. As respostas foram classificadas em três níveis de implicação: local, sistêmica e estruturante.</p> <p>Em relação aos mapas conceituais, assumimos que, quando temos uma ou mais palavras-chave ligadas por palavras de ligação, temos uma Implicação Significante, que nada mais é do que a proposição dos mapas conceituais. Esta, por sua vez, exprime um sentido para o sujeito. Assim, relação = proposição = Implicação Significante. Dito de outra maneira, na implicação significativa, devem existir laços suficientes entre as palavras-chave e as palavras de ligação, a fim de permitir a inferência da presença de uma a partir da percepção da outra.</p>
Todos, Alguns e Nenhum	<p>Nas pesquisas de Piaget, ele considerou três níveis referentes ao <i>todos</i> e <i>alguns</i>. No primeiro, a criança não faz a distinção em relação ao <i>todo</i> e <i>alguns</i>. Por exemplo, apresenta-se à criança um buquê de sete margaridas e duas rosas, perguntando-se se há mais flores ou mais margaridas e ela responde que há mais margaridas. Num outro nível, existe uma reflexão concreta do <i>todos</i> e <i>alguns</i>, onde os sujeitos admitirão facilmente, que existem mais animais do que passarinhos, visto que os segundos estão incluídos nos primeiros (Quantificação positiva), mas não admitirão que existam mais não passarinhos do que não animais (quantificação negativa). Num último nível, uma reflexão formal do <i>todos</i> e <i>alguns</i> corresponde a uma estruturação intelectual, que abarca uma quantificação</p>	<p>A importância desta categoria é que a mesma permite analisar a quantificação das extensões, que procede por generalizações indutivas e construtivas.</p>

	positiva e uma quantificação negativa.	
--	--	--

Fonte: Elaboração do Autor.

7.4 QUESTÕES ÉTICAS DA PESQUISA

As questões éticas deste projeto de pesquisa estão em consonância com a proposta defendida por Yves de La Taille (2006), segundo a qual, na pesquisa com seres humanos, devemos respeitar dois princípios fundamentais: dignidade e liberdade. A dignidade nos remete à integridade física e psíquica dos pesquisados e é, portanto, um princípio absoluto. Já a liberdade não é um princípio absoluto – é relativo. Em alguns casos específicos da pesquisa, se for necessário não respeitar a liberdade do sujeito, cabe ao comitê de ética julgar a relevância deste projeto. Desse modo, esta pesquisa se propôs a respeitar os princípios do autor: a dignidade e a liberdade. A dignidade, pois se trata de atividade pedagógica nas disciplinas *Biologia Básica* e *Citologia e Genética*, com o intuito de qualificação de estudantes, e por isso deve preservar a sua integridade física e psíquica. Quanto ao princípio de liberdade, pois os pesquisados precisam consentir que o material produzido em sala de aula (questionário, filmagens e mapas conceituais) pode ser utilizado em futuras publicações – caso aceitem, eles devem assinar um termo de consentimento livre e esclarecido.

8 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, procederemos à análise e à discussão dos resultados, em dois recortes de pesquisa: a) a análise dos resultados do questionário, no primeiro momento da pesquisa, na categoria Implicação Significante (Momento I); e b) uma análise a partir de uma organização diacrônica do conjunto de dados, nas categorias Implicação Significante e Todos, Alguns e Nenhum (Momento II). Por fim, partimos para uma análise das frequências (relações) ou implicações de implicações (relações de relações) mais significativas, com o objetivo de generalizar os dados para os 46 sujeitos pesquisados. Em complemento, procedemos também a uma análise estatística dos mapas conceituais, nas categorias e subcategorias.

8.1 RESULTADOS DA ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO NO MOMENTO I DA PESQUISA: CATEGORIA IMPLICAÇÃO SIGNIFICANTE

Na primeira questão do questionário acerca do significado de biotecnologia, observa-se que 78,6 % das respostas se enquadram em implicações locais (Tabela 5) e são oriundas de informações retiradas diretamente da dissociação da palavra **biotecnologia**. Por exemplo, os trechos das falas: “biotecnologia é um processo biológico mais tecnológico”; “biotecnologia é a tecnologia a serviço da vida”; “é o estudo da biologia mais tecnologia que propicia melhorias, tanto pode ser em alimentos como em animais”; “uma tecnologia aplicada à biologia criada para melhorar procedimentos naturais”; “a biotecnologia é uma tecnologia com base na biologia, para a produção de novos produtos”, ou também: “biotecnologia é tecnologia repousada na biologia, a fim de criar novo tipo de serviço”.

A partir das constatações dos parágrafos acima, pode-se inferir que os alunos apresentam representações elementares sobre biotecnologia, pois a definem a partir da dissociação da palavra sem, com isso, atualizar o conhecimento – o que implica uma indiferenciação do conceito. Desse modo, os alunos não possuem uma representação conceitual acerca de biotecnologia, pois, um conceito, na perspectiva piagetiana, pressupõe um domínio de conhecimento que se define em termos de extensão e compreensão, e que vai muito além de uma simples dissociação de palavra. Por exemplo, entender o conceito de biotecnologia implica compreender suas tecnologias (modernas e tradicionais), sua aplicabilidade diversificada na sociedade (medicina, agroalimentação, meio ambiente etc.),

inserindo tudo isso em um tempo histórico – o que permite uma análise crítica do seu desenvolvimento.

Tabela 5 – Distribuição de frequências das questões 1, 2, 3 e 4 do questionário*

	<i>Implicação Local</i>	<i>Implicação Sistêmica</i>	<i>Implicação Estruturante</i>
<i>Questão 1**</i>	78,6%	21,4%	----
<i>Questão 2***</i>	87%	13%	----
<i>Questão 3****</i>	80,4%	19,6%	----
<i>Questão 4*****</i>	97,8%	2,2%	----

Fonte: Elaboração do Autor.

* A distribuição da frequência nessas questões mostrou significância estatística de $P < 0,05$, segundo o teste de Qui-Quadrado.

** O que você entende por biotecnologia? Cite alguns exemplos de atividades biotecnológicas.

*** Podemos separar a biotecnologia da história do homem, considerando-a uma ciência atual. Justifique a alternativa trazendo exemplos que possam embasar sua resposta.

**** Descreva alguns fatos que demonstram a importância da biotecnologia na vida do homem.

***** Relacione biotecnologia, transgênicos, clonagem, enzimas de restrição, engenharia genética, tecnologia do DNA recombinante, produção de vinho, melhoramento de plantas e animais, clonagem molecular, OGM, agentes mutagênicos.

Ainda em relação à mesma questão, observa-se que 21,4% das respostas se enquadram em implicações sistêmicas (Tabela 5), nas quais as propriedades do objeto não são apenas percebidas, mas deduzidas dele ou da ação sobre ele. Vejamos os exemplos a seguir:

[...] biotecnologia é a ciência que estuda os diversos ramos da tecnologia aplicada à vida, no intuito de fazer descobertas e usufruir desta para o seu aperfeiçoamento. Por exemplo, a insulina humana as vacinas são contribuição da biotecnologia pra vida do homem, pois o homem usa tecnologia e modifica seres vivos para produzir produtos.

Ou ainda: “[...] é a utilização de novas tecnologias com o uso de organismos vivos com a finalidade de criar produtos menos poluentes ao meio ambiente”.

As respostas do parágrafo acima representam um avanço em relação às anteriores, pois não partem apenas de uma simples dissociação da palavra; já existe um esforço em conceituar biotecnologia. Assim, há um início de explicação do termo, no qual os alunos trazem exemplos da contribuição da biotecnologia para a vida do homem (a insulina humana, vacinas, produtos menos poluentes) – o que implica um início de conceituação compreendida etapa por etapa, indicando, dessa forma, juízos sobre o que é possível. Contudo, essas explicações não são suficientes para alcançar as ligações necessárias, ainda que sejam preparatórias à construção de implicações estruturantes.

Na análise da segunda questão, que pergunta ao aluno se poderíamos separar a biotecnologia da história do homem, considerando-a uma ciência atual, observamos que 87% das respostas se enquadram em implicações locais (Tabela 5). Tais respostas não consideram os aspectos de continuidade histórica, ou se os consideram, não apresentam explicações que embasem essas respostas. Por exemplo, nas respostas: “não necessariamente, pois ela a todo o tempo vem se renovando e progredindo sim, pois a biotecnologia só foi descoberta e aperfeiçoada por agora” e “sim porque os processos de transformação da biotecnologia ou engenharia genética são atuais”. Em todas as respostas, observa-se que o conceito biotecnologia se encontra indiferenciado, o que não permite a tomada de consciência, pelos sujeitos pesquisados, de que as atividades biotecnológicas são inerentes à história da humanidade. Biotecnologia, para a maioria dos alunos, é sinônimo de engenharia genética.

Em outras palavras, eles não compreendem que a necessidade de sobrevivência e a melhoria da qualidade de vida permitiu uma tomada de consciência sucessiva, via regulações e coordenações das ações humanas, o que impulsionou o desenvolvimento da biotecnologia, ao longo da história. As atividades biotecnológicas confundem-se com a própria história da humanidade, desde o domínio da agricultura na pré-história até a produção de bebidas fermentadas, pelos babilônios e egípcios (8.000 a 6.000a.C). Já no século XX, o conhecimento científico teve imensas inovações tecnológicas, marcadas por inferências imaginadas,⁴⁰ que permitiram ao homem a criação de um conjunto de técnicas nunca antes sonhadas, que iriam revolucionar a biotecnologia – assim se inicia a era da Engenharia Genética. (BUIATTI, 2004; LA COTARDIÈRE, 2011; PIAGET, 1978b; SOETAERT; VANDAMME, 2010)

Pode-se observar também que 13% das respostas (Tabela 5) se enquadram em implicações sistêmicas, pois já existe um início de tomada de consciência da continuidade histórica dos processos biotecnológicos. Por exemplo, nos trechos: “Não. A história antiga do homem mostra o uso da biotecnologia mesmo sem profundo conhecimento como, por exemplo, os egípcios que observavam que a massa do pão, mantida em repouso, por algum motivo aumentava” e “não podemos considerar a biotecnologia como uma ciência atual. Na história humana, o homem já desenvolveu essa tecnologia no cozimento de alimentos, na plantação, entre outros”. Entretanto, apesar de um início de reconhecimento da biotecnologia, principalmente na antiguidade, o que falta a esses alunos é uma sucessão causal histórica que

⁴⁰ Quando a conceituação vem antes da ação – do fazer. (PIAGET, 1978a)

daria lugar a implicações entre significações, ou seja, coordenação entre implicações criando conexões.

De uma maneira geral, o estabelecimento de conexões causais com os fenômenos já conhecidos e as novas informações adquiridas é o ponto-chave para um ensino de ciências, pois não podemos partir do nada para ensinar os conceitos científicos, devemos sempre fazer os alunos relacioná-los a fenômenos já conhecidos por eles. Melhor ainda é se essas conexões causais forem estabelecidas no âmbito de um processo histórico-crítico da evolução das ciências. Porém, é muito comum, nas escolas e universidades, os professores explanarem um assunto sem o estabelecimento de implicações com fenômenos já estudados.

Na análise da terceira questão do questionário, que pede ao estudante para enumerar fatos que demonstrem a importância da biotecnologia na vida do homem, observa-se que 80% das respostas foram classificadas em implicações locais (Tabela 5). Vejamos alguns exemplos: “A biotecnologia ou engenharia genética utiliza técnicas para o melhoramento de alimentos e na cura de doenças, como a insulina humana”; “o avanço científico com a biotecnologia ou engenharia genética permitiu criar os alimentos transgênicos como milho e soja”; “na agricultura com os transgênicos que são alimentos altamente resistentes a doenças e também a insulina humana”; “a biotecnologia tem melhorado a qualidade dos alimentos e na área da saúde com a criação da insulina humana”; “a biotecnologia ou engenharia genética faz-se presente nos alimentos transgênicos e em alguns métodos novos da saúde como o estudo da insulina humana”.

As respostas acima apresentam um campo de representação muito limitado, no que se refere à importância das atividades biotecnológicas para a vida humana. Essas respostas demonstram que as atividades biotecnológicas são importantes na saúde, mas os únicos exemplos citados se restringem à insulina humana. Também ressaltam a importância da biotecnologia ou engenharia genética para o melhoramento da qualidade dos alimentos, citando como exemplos o milho e a soja. Aqui, novamente, constata-se que a biotecnologia é confundida com a Engenharia Genética.

Ainda em relação à análise da terceira questão, observa-se que 19,6% das respostas dos alunos foram classificadas em implicações sistêmicas (Tabela 5), nas quais eles esboçam um início de explicação, trazendo vários exemplos sobre a importância da biotecnologia para o homem. Vejamos os exemplos a seguir: “a produção de alimentos transgênicos altamente resistentes a secas e pragas e o estudo das células-tronco que podem recuperar pessoas cadeirantes. A biotecnologia está presente na produção de vacinas, interferon”; “a biotecnologia faz-se presente no biocombustível, na fermentação com micro-organismos

melhorados geneticamente, em alguns métodos novos da saúde como o estudo de células-tronco”, ou ainda: “o uso de transgênicos para o melhoramento de plantas e também na área da saúde com a produção de medicamentos como insulina humana, vacinas, antibióticos e também no tratamento do meio ambiente com bactérias que comem substâncias tóxicas”.

Assim, as respostas dos sujeitos acima, ainda que limitadas, constituem um avanço em relação às anteriores, pois eles já ampliam sua conceituação acerca da importância da biotecnologia na vida do homem. Essas respostas ainda não alcançam as ligações necessárias, não são suficientes para permitir uma diferenciação no conceito, pela qual o aluno estabeleceria um panorama geral da importância da biotecnologia para a humanidade, que perpassaria desde a medicina, agroalimentação, indústria, meio ambiente, guerra biológica etc. Melhor ainda seria, se eles situassem as atividades biotecnológicas em um contexto histórico, demonstrando a importância destas atividades na história do desenvolvimento humano.

Na quarta questão, quando é solicitado aos alunos que criem um texto relacionando doze palavras-chave, constatamos que 97,8%, das respostas foram classificadas em implicações locais (Tabela 5). Vejamos algumas delas: “com a biotecnologia nós temos os alimentos transgênicos e clonagem, nós temos a ovelha Dolly”; “biotecnologia produz alimentos geneticamente modificados ou transgênicos”; “a biotecnologia manipula o processo biológico normal dos organismos com a utilização de técnicas na criação dos alimentos transgênicos que é o mesmo que OGM”;

[...] engenharia genética relaciona-se com transgênicos que são alimentos modificados geneticamente, sendo que tais mudanças implicam dar maior eficácia às sementes, as quais se tornam mais resistentes a pragas, além do que melhora a qualidade dos alimentos. Pode-se falar que a clonagem é uma forma de reprodução assexuada onde se utiliza da engenharia genética ou biotecnologia para se produzir um clone, como exemplo a ovelha Dolly.

É necessário ressaltar que as poucas relações estabelecidas pelos alunos, envolvendo os conceitos de engenharia genética, biotecnologia, transgênicos, clonagem e OGM, permanecem elementares, pois Biotecnologia é sinônimo de Engenharia Genética e se limita a relações com transgênicos que são alimentos ou plantas geneticamente modificados. A Biotecnologia também se relaciona com a produção de insulina e a clonagem da ovelha Dolly. Pode-se constatar, por fim, que transgênico é sinônimo de OGM. Desse modo, os conceitos citados acima se encontram indiferenciados, pois ainda não são expressos de modo conceituado e, por isso, podemos fazer analogia a uma *etiquetagem*. A ideia de etiquetagem

quer dizer que, para os sujeitos, engenharia genética, biotecnologia, transgênicos, clonagem e OGM representam apenas palavras, não são ainda expressos na forma de conceitos.

Observamos também que 2,2% das respostas dos alunos se enquadram em implicações sistêmicas (Tabela 5). Vejamos os exemplos a seguir: “todas estas palavras estão intimamente relacionadas com biotecnologia, por exemplo, as enzimas de restrição cortam o DNA em pontos específicos, onde são encaixadas cadeias de DNA de interesse – tecnologia do DNA recombinante ou engenharia genética, isto é, pode-se obter assim um transgênico (organismos geneticamente modificados). A clonagem é outra técnica da biotecnologia, que permite o melhoramento de animais e vegetais”. Ou ainda:

[...] a biotecnologia faz uso da engenharia genética a qual a partir das informações genéticas faz uso do DNA. Essa tecnologia permite a produção de bens de serviços úteis aos homens como melhoramento de plantas e animais utilizando a tecnologia do DNA recombinante.

Essas respostas representam um avanço em relação às anteriores, pois iniciam um começo de explicação, que coordena ativamente os conceitos: biotecnologia, enzimas de restrição, DNA, engenharia genética, transgênicos, clonagem, melhoramento de animais e de vegetais. Desse modo, já são possíveis encaixes, ou seja, clonagem e transgenia são técnicas utilizadas pela biotecnologia ou engenharia genética para o melhoramento animal e vegetal. Também é possível observar um início de conceituação de transgênicos. Entretanto, apesar dos avanços, pode-se observar que Transgênicos/OGM e Biotecnologia/Engenharia Genética continuam sendo considerados sinônimos. Por isso, é necessário ressaltar que conhecer palavras não significa que o sujeito tenha um conceito sobre elas. Para Piaget, é a capacidade de inferir, regulando e coordenando ativamente diversas palavras, que permite mudanças nos sistemas de significação dos sujeitos.

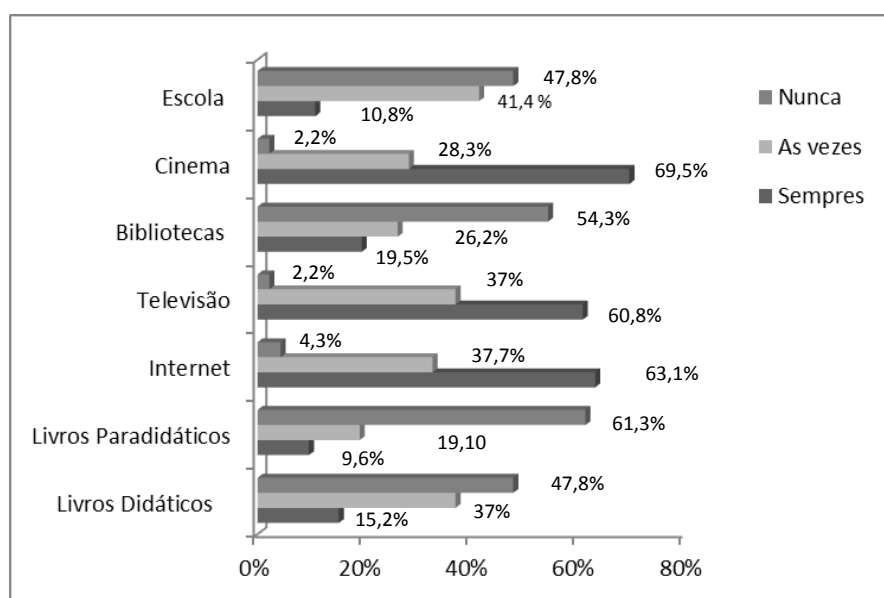
Na quinta questão do questionário, quando os estudantes foram examinados acerca das fontes onde são veiculadas informações que eles recebem acerca de biotecnologia, constatamos que 47,8% e 41,4% dos sujeitos pontuaram que nunca ou as vezes, respectivamente, discutiram temas ligados à biotecnologia no espaço escolar. Entretanto, 10,8% dos estudantes pontuaram que sempre obtêm informações acerca de biotecnologia no espaço escolar. Constatamos ainda que 54,3% e 26,2% nunca ou as vezes, respectivamente, obtêm essas informações em bibliotecas. Já 19,5% de estudantes, apenas, sempre obtêm informações sobre biotecnologia nas bibliotecas (Gráfico 1).

Diante dos resultados acima, podemos inferir que a escola (que inclui a biblioteca) é um espaço onde pouco se discutem os temas ligados à biotecnologia. Talvez diante da

complexidade da temática, inerente ao seu aspecto interdisciplinar, poderíamos então nos questionar: os professores estão preparados para discutir essa temática em sala de aula? Enquanto educadores seriam capazes de compreender a complexidade que envolve a temática? A escassez de material didático e paradidático nas bibliotecas torna-se também um entrave para a aprendizagem dos estudantes?

Constatamos que 47,8% e 37% dos sujeitos nunca e as vezes, respectivamente, leram informações acerca de biotecnologia nos livros didáticos. Já 15,2% sempre obtiveram informações nos livros didáticos. Em relação aos livros paradidáticos, 61,3% e 19,10 nunca e as vezes, respectivamente, obtiveram informações sobre essa temática. Entretanto, 9,6% pontuaram que sempre obtiveram informações em livros paradidáticos (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Fontes que veiculam informações sobre biotecnologia, segundo os estudantes



Fonte: Elaboração do Autor.

Podemos constatar, no parágrafo acima, que os livros didáticos e paradidáticos pouco têm influenciado a formação dos estudantes na construção do conceito de biotecnologia. Diante desses resultados, poderíamos também nos questionar: os livros didáticos estão sendo atualizados com a mesma velocidade dos avanços biotecnológicos? Os livros didáticos têm priorizado as necessidades dos professores? Existem livros paradidáticos que tratem da temática biotecnologia, de forma simples, clara e identificada com o público jovem? Algumas pesquisas (BIZZO, 1996; BONZANINI; BASTOS, 2004; DELLA JUSTINA, 2002) têm demonstrado que as temáticas trabalhadas nos livros didáticos não priorizam as necessidades dos professores, e que estas publicações não têm sido atualizadas com a mesma velocidade

dos avanços biotecnológicos. Segundo Della Justina (2002), os professores encontram dificuldades para trabalhar determinados conteúdos em sala de aula por que, muitas vezes, não estão presentes nos livros didáticos ou, quando estão, há erros conceituais.

Foi possível constatar também que as fontes mais significativas, nas quais os estudantes sempre obtêm informações sobre biotecnologia, provêm principalmente do cinema (69,5%), da televisão (60,8%) e da internet (63,1%) (Gráfico 1). As fontes mais citadas pelos alunos foram: Globo Repórter, Jornal Nacional, Fantástico, Google, Jornal da Band, Jornal do SBT, Blogs, Globo.com, Uol.com, filmes como o *Parque dos dinossauros* e *Replicante*.

Em relação às fontes mais significativas, como televisão, cinema e internet, podemos, então, imaginar a qualidade das informações que são veiculadas fora da sala de aula. Temas ligados à biotecnologia têm permeado filmes, novelas, seriados, programas jornalísticos, entre outros. Em relação à internet, existe um espectro amplo de informações – em uma busca pelo Google, usando a palavra biotecnologia, encontramos 7.440 resultados. O mais agravante é que, na maioria das vezes, as informações veiculadas nesses espaços midiáticos são sensacionalistas, com grande jogo de interesses, linguagem rebuscada e enfoque superficial, sem nenhum compromisso com as questões educacionais.

Diante disso, poderíamos nos questionar: podem as instituições educativas ignorar esse tipo de informação? Do ponto de vista da formação de professores, podemos questionar se estes estão preparados para lidar com a complexidade inerente à temática da biotecnologia. Nesse sentido, a qualificação específica na área e a introdução de cursos para reconhecimento dos artifícios – processos e técnicas editoriais – da mídia é fundamental à formação continuada dos professores, para que estes possam desenvolver o pensamento crítico de seus alunos, no que diz respeito aos conhecimentos da área específica de ciências, ou em qualquer outra área de conhecimento.

Em resumo, as respostas da maioria dos estudantes, em todas as questões investigadas no tocante aos significados de Biotecnologia, foram classificadas em implicações locais (78,6%; 87%, 80,4% e 97,8% – Tabela 5), pois seu pensamento não está organizado e estruturado. Assim, os níveis de implicação local são relativos a dados limitados e contextos particulares, pois os sujeitos a definem a partir da dissociação da palavra, considerando-a uma ciência recente e sinônimo de Engenharia Genética. Pode-se constatar também que a sua aplicabilidade volta-se à agricultura e à saúde, com o uso dos alimentos transgênicos e a insulina humana, respectivamente. É necessário ressaltar que as poucas relações estabelecidas pelos alunos, que envolveram os conceitos Biotecnologia, Transgênicos e Clonagem, permanecem elementares, fruto de regulações e coordenações locais, pois eles não

compreendem que a transgenia e a clonagem são técnicas utilizadas na biotecnologia, que geram diversos produtos biotecnológicos, contribuindo para vida do homem.

Encontramos, ainda, em um número menor de estudantes, respostas mais avançadas, que foram classificadas em implicações sistêmicas (21,4%, 13%, 19,6%, 2,2% – Tabela 5). Para esses sujeitos, o conceito de biotecnologia não se restringe mais a uma simples dissociação da palavra; já existe um esforço de conceituação de biotecnologia, no qual eles trazem exemplos de sua contribuição que vão além de alimentos transgênicos e insulina humana (vacinas, antibióticos etc.). Vemos também que já são possíveis encaixes, por meio de regulações e coordenações sistêmicas, o que indica que os sujeitos pesquisados já coordenam conceitos como: clonagem, transgenia, melhoramento animal e vegetal. Para eles, clonagem e transgenia são técnicas utilizadas pela biotecnologia para o melhoramento animal e vegetal. Apesar dos avanços, pode-se observar que os conceitos: transgênicos/OGM e Biotecnologia/Engenharia Genética continuam sendo considerados sinônimos.

Quanto aos meios onde são veiculadas as informações que os estudantes recebem acerca de biotecnologia, podemos constatar que: a) nos espaços escolares, temas ligados à biotecnologia são pouco discutidos; b) os livros didáticos e paradidáticos pouco têm influenciado os estudantes na estruturação do conceito de biotecnologia, pois estas publicações não tratam da temática, ou, quando a abordam, não acompanham a velocidade dos avanços biotecnológicos, estando desatualizadas; c) as informações mais significativas obtidas pelos estudantes sobre biotecnologia vêm principalmente da televisão, do cinema e da internet, que as tratam de forma muitas vezes superficial e sem nenhum compromisso educacional (inclusive este nem é seu papel). Cabe, sim, ao professor, discutir essas temáticas em sala de aula, trazendo argumentos contraditórios para enriquecer sua prática pedagógica.

Em seguida, serão analisadas as questões 6, 7, 8, 9 e 11, referentes ao significado de transgênicos (Tabela 6).

Na análise da sexta questão, que solicita ao aluno que explique o significado de transgênicos, trazendo exemplos que embasem sua resposta, 91,3% das respostas foram classificadas em implicações locais (Tabela 6), como evidenciam as respostas a seguir: “são alimentos geneticamente modificados como frutas e verduras”; “são organismos modificados (soja, cacau, tomate)”; “alimentos geneticamente modificados como o grão de milho e soja”; “transgênicos são alimentos geneticamente modificados com o intuito de melhorar a qualidade destes, como aumentar a resistência a pragas”; “a soja, o milho, entre outros, são alguns alimentos que já se produz transgênicos”; “são sementes modificadas geneticamente para aumentar a qualidade da produção e o combate a pragas como soja e milho. Podem

causar alergias, infecções e até câncer”; “são alimentos geneticamente modificados que contêm substâncias cancerígenas”.

Conforme o parágrafo acima, o conceito de transgênicos, para esses alunos, restringe-se a plantas e alimentos geneticamente modificados, tais como soja, tomate e milho, evidenciando um conhecimento limitado sobre o significado e o alcance da transgenia. Desse modo, os sujeitos pesquisados não apresentam um conceito ainda formado sobre transgênicos, pois um conceito, para Piaget, pressupõe uma compreensão muito maior – implica um esforço, uma dialética. Compreender o significado de transgênico também implica conhecer seus impactos na sociedade, sua relação com a engenharia genética, sua aplicabilidade na sociedade etc. Assim, a ideia de conceito, na perspectiva piagetiana, pressupõe um domínio do conhecimento que se define em termos de extensão e compreensão, cuja origem ocorre mediante a tomada de consciência.

Ainda em relação à mesma questão, 8,7% das respostas foram classificadas em implicações sistêmicas (Tabela 6), como podemos constatar a seguir: “os transgênicos são organismos geneticamente modificados criados a partir da introdução de trechos de DNA (genes) codificantes de uma espécie em outra, com o intuito de obter determinadas características devidamente selecionadas que tragam benefícios aos seres humanos. Como exemplos de transgênicos presentes no dia a dia, podemos ter: frutas sem sementes ou com cores diferentes, o melhoramento de espécies vegetais como soja, café e milho, algumas bactérias e o setor farmacêutico”, ou quando outro discente afirma: “transgênicos são alimentos geneticamente modificados, aqueles que tiveram genes de outro organismo incorporados ao seu código genético. Exemplos de transgênicos: soja e milho, bactérias produtoras de insulina humana”.

Tabela 6 – Distribuição de frequências das questões 6, 7, 8, 9 e 11 do questionário*

	<i>Implicação Local</i>	<i>Implicação Sistêmica</i>	<i>Implicação Estruturante</i>
Questão 6**	91,3%	8,7%	-----
Questão 7***	73,9 %	26,1 %	-----
Questão 8****	100%	-----	-----
Questão 9*****	60,90 %	39,2%	-----
Questão 11*****	56,1 %	43,9 %	-----

Fonte: Pesquisa do Autor.

* A distribuição da frequência nessas questões mostrou significância estatística de $P < 0,05$, segundo o teste de Qui-Quadrado, com exceção da questão 8.

** O que são transgênicos? Cite exemplos.

*** Em que setores da sociedade os transgênicos são aplicados? Qual sua importância para a vida do homem?

**** Explique por que você considera ou não os transgênicos uma ameaça à saúde.

***** Existem transgênicos que correm, pulam e nadam? Justifique sua resposta.

***** Você considera os alimentos transgênicos uma solução para a fome no planeta? Justifique sua resposta.

As respostas acima representam um avanço em relação às anteriores, pois existe um início de conceituação de transgênicos, quando o aluno ressalta que nos alimentos geneticamente modificados há genes de outro organismo incorporados ao seu código genético, ou ainda quando destaca que os transgênicos são criados a partir da introdução de trechos de DNA (genes) codificantes, de uma espécie em outra, com o intuito de obter determinadas características devidamente selecionadas. Esse início de conceituação amplia a compreensão de sua aplicabilidade, isto é: transgênicos não se restringem apenas a alimentos geneticamente modificados, são também micro-organismos produtores de insulina humana, cuja aplicabilidade volta-se para o setor farmacêutico. Entretanto, apesar dos avanços nessas respostas, não há diferenciação entre transgênicos e OGM, pois os sujeitos ainda consideram transgênicos sinônimos de OGM.

Na análise da sétima questão, que solicita ao aluno que enumere os setores da sociedade nos quais os transgênicos são aplicados, com exemplos que embasem suas respostas, observa-se que 73,9% das respostas se enquadram em implicações locais (Tabela 6). Vejamos alguns exemplos a seguir: “o setor agrícola, criando alimentos mais resistentes a pragas”; “no setor alimentício, no melhoramento de alimentos como milho e soja”; “no setor agrícola. É muito importante, pois desenvolvem organismos melhorados geneticamente (resistentes a pragas e ao clima), possibilitando uma maior produtividade”; “na agricultura, com a criação de soja e milho mais resistentes e, com isso, contribuindo para uma produção economicamente mais viável”; “no setor alimentício, com produtos mais resistentes a pragas e a impactos, como é o caso daquele tomate que possui a casca mais resistente, que durante o transporte os tomates amassavam menos, gerando mais lucro”.

As respostas acima são limitadas, pois os sujeitos não agiram suficientemente sobre a temática, demonstrando limitação de conhecimentos acerca de sua aplicabilidade. Ainda em relação à sétima questão, constatamos que 26,1% das respostas dos discentes foram classificadas em implicações sistêmicas (Tabela 6), como evidenciam as falas a seguir: “os transgênicos são utilizados na agricultura e na saúde. Na agricultura, criando alimentos mais resistentes a pragas, reduzindo o uso de agrotóxicos e aumentando a produtividade, e na saúde o caso da insulina humana”. Ou também:

[...] no setor da agricultura e na saúde. Na agricultura há grande aplicação da transgenia e sua importância está no aumento da produtividade e na melhoria da qualidade dos alimentos, já que suas características são selecionadas anteriormente à produção. Podem-se acrescentar vitaminas e nutrientes aos já existentes em um dado fruto. Na saúde com a criação de fármacos (insulina humana) com isso, pode-se melhorar a qualidade de vida de uma população.

As respostas acima apresentam um avanço em relação às anteriores, por não restringirem a aplicabilidade dos transgênicos ao setor alimentício, quando se referem a seu uso na indústria farmacêutica, com a produção de medicamentos, ainda que o único exemplo citado seja a insulina humana.

Diante dos resultados acima, procuramos investigar mais detalhadamente se os discentes, quando confrontados com uma pergunta direta acerca da existência de animais geneticamente modificados, percebem que transgênicos não se limitam a alimentos ou plantas. Por isso, resolvemos incluir a questão número nove, mas antes analisaremos a questão oito, seguindo a ordem do questionário.

Na oitava questão, é solicitado ao aluno que explique por que ele considera ou não os transgênicos uma ameaça à saúde. Observou-se que 100% das respostas dos discentes foram classificadas em implicações locais (Tabela 6). Vejamos algumas destas respostas: “sim – afeta a saúde humana, pois as pessoas que utilizam esse meio usam artifícios e inserem diversos materiais em determinado alimento, prejudicando dessa forma o organismo humano, pois o mesmo pode apresentar diferença no sistema digestivo”; “sim porque esses alimentos podem causar doenças como câncer e alergias”; “não, pois se tiver é a longo prazo”; “sim – talvez seja uma ameaça pelo fato de que o homem interferiu no processo normal dos alimentos”; “sim – porque há uma modificação na composição genética dos organismos, o que pode alterar na atuação de suas ações no organismos humano”. Ou também uma resposta que expressa um pensamento mítico: “Sim, pois uma vez geneticamente modificados tais organismos podem vir a produzir substâncias indesejáveis, causadoras de doenças, e até mesmo causar malformações nos seres humanos, pois se trata de um processo que vai contra as leis da natureza”.

É possível notar que as respostas dos alunos de que os transgênicos podem causar doenças, como malformações, infecções, câncer e alergias, se manifestam por meio de inferências calcadas em uma lógica incompleta, própria do pensamento mítico e intuitivo. Falta a eles um suporte conceitual sob o tema da biotecnologia, para que possam refletir acerca dos aspectos positivos e negativos da transgenia. É necessário enfatizar que o pensamento transdutivo (mítico ou intuitivo) possui um caráter aparente, pois não está organizado em sistemas de conjuntos, sendo as relações compreendidas parte a parte. O

aparente é sempre fonte de enganos, de erros, e o conhecimento científico se estrutura pela superação desses erros, mediante a reorganização dos esquemas interiorizados por meio de tomadas de consciência sucessivas. Assim, para construirmos ciências, devemos romper com a superficialidade dos saberes cotidianos.

Na análise da nona questão, que pergunta sobre a existência de transgênicos que correm, pulam e nadam, solicitando justificativa, observa-se que 60,90% das respostas se enquadram em implicações locais (Tabela 6). Vejamos alguns exemplos: “não – porque transgênicos são alimentos geneticamente modificados”; “não – os organismos geneticamente modificados são de um modo geral plantas que, portanto, não possuem possibilidade de movimento”; “não – porque até hoje eu não tive conhecimento de nenhum que corresse, pulasse e nadasse, só plantas modificadas”.

Nas respostas acima, as significações dos sujeitos são limitadas, pois para eles organismos transgênicos se resumiriam a plantas ou alimentos geneticamente modificados, demonstrando que o aluno não agiu suficientemente sobre a temática – que desconhece o fato de que a transgenia é uma técnica aplicada a todos os seres vivos, gerando produtos biotecnológicos para diversos setores da sociedade, tais como medicina, meio ambiente, indústria etc.

Ainda em relação à oitava questão, 39,2% das respostas foram classificadas em implicações sistêmicas (Tabela 6). Vejamos alguns exemplos: “Sim – se existem animais transgênicos, logo existem transgênicos que correm, pulam e nadam como a ovelha Dolly e ratos”; “Sim – o processo de transgênicos está sendo aplicado também no reino animal, como a ave Chester, para dobrar de tamanho em pouco tempo e ratos luminosos”; “sim – existem animais geneticamente modificados para a realização de melhoramento genético, e também já foram feitos experimentos em ratos e macacos”.

As respostas acima apresentam um avanço em relação às anteriores, pois a aplicabilidade dos transgênicos não mais se restringe ao reino vegetal, ocorrendo também no reino animal. Entretanto, considerar a ovelha Dolly e a ave Chester como transgênicos nos leva a inferências falsas. Também devemos salientar que os estudantes, ao ampliarem o conjunto dos transgênicos, ao incluírem ratos e macacos além das sojas e milho, não garantem mobilidade ao seu pensamento, pois ainda não são capazes de generalização, de considerar a transgenia como uma técnica aplicável a quaisquer seres vivos, graças à universalidade do código genético.

Na análise da décima primeira questão, que pergunta ao aluno se ele considera os alimentos transgênicos uma solução para a fome no mundo e solicita justificativa, 56,1% das

respostas foram classificadas em implicações locais (Tabela 6), como evidenciam as falas a seguir: “sim – devido à alta produtividade, à qualidade das sementes e aos baixos custos”; “sim, pois permitiria uma maior produtividade, acabando com esse mal, pois quanto maior a produtividade, menor a fome no mundo”; “sim, pois o foco em melhoramento da produtividade, em conjunto com outras medidas, é sim um caminho”; “sim, pois aumenta a produtividade dos alimentos, mas deve ser usado corretamente para benefício da população”.

Essas significações acima são de natureza midiática e ideológica e representam uma defasagem entre a compreensão do potencial dessa tecnologia e as questões de acesso à alimentação, que são de natureza político-social. Trata-se de uma forma de pensamento intuitiva, pois essas noções se deixam dominar por apenas um dos aspectos da situação sobre a qual refletem. A fome não é causada pela falta da terra ou alimento, mas pela falta de acesso ao alimento e de fonte de renda em momentos críticos. (RIECHMANN, 2002)

Por outro lado, 43,9% dos estudantes apresentaram respostas que foram classificadas no nível de implicação sistêmica (Tabela 6). Vejamos alguns exemplos: “Não. As pessoas que têm mais acesso a esse tipo de tecnologia são aquelas que têm um poder aquisitivo maior, a questão da fome está relacionada com a má distribuição de renda”; “Não. Porque apesar desses alimentos terem um maior desenvolvimento, a fome no planeta só poderia ser amenizada com uma política igualitária para todos”. “Não – porque a produção de alimentos no mundo é suficiente pra uma boa alimentação de cada indivíduo, sendo que o problema não se encontra na produção e sim na distribuição dos alimentos”; “não – porque o problema da fome não está na quantidade de alimentos disponíveis no mundo e sim nas desigualdades sociais e no próprio sistema capitalista no qual o homem está inserido”; ou ainda: “não. Porque a questão da fome é um problema que envolve questões de origem política, social, econômica e cultural etc.”

Essas respostas apresentam um avanço significativo em relação às anteriores, pois os alunos já admitem que o problema da fome no mundo não está na escassez de alimentos ou na quantidade de alimentos disponíveis, mas na distribuição dos alimentos, que obedece a interesses comerciais. Raciocínios desse tipo podem ser preparatórios à construção de estruturas – o que exigiria dos alunos uma visão mais crítica e implicaria uma análise sócio-histórica do assunto. Seria necessário que entendessem, por exemplo, que a promessa do fim da fome no planeta é um discurso que vem sendo utilizado desde o fim da Segunda Guerra Mundial, quando muitas indústrias de material bélico, para o aproveitamento de seu maquinário e da tecnologia de produção de venenos de guerra, se inseriram no mercado, dedicando-se à fabricação de máquinas agrícolas e de inseticidas. O que é pior é que o

discurso que legitimava essas iniciativas afirmava que essas técnicas significavam mais alimento para população e, conseqüentemente, menos fome no mundo.

Resumindo, a maioria dos estudantes (91,3%, 73,9%, 100%, 60,9% e 56% – Tabela 6), em todas as questões investigadas sobre transgênicos, não apresenta um pensamento organizado e estruturado. Assim, os níveis de implicação permanecem locais, relativos a dados limitados e contextos particulares, pois os sujeitos pesquisados apresentam um domínio de representação que engloba, sobretudo, a ideia de que os transgênicos são plantas ou alimentos geneticamente modificados, cujos exemplos se restringem a soja, milho e tomate, cuja aplicabilidade e benefícios estão voltados exclusivamente para a agroalimentação, e seus perigos incluem: malformações, câncer, alergias e infecções. Em relação aos transgênicos e à questão da fome no mundo, constatamos que os estudantes relacionam o fim da fome à produção de transgênicos, o que reforça o caráter midiático destas implicações. Também encontramos, em um número menor de alunos (8,7%, 26,1%, 39% e 43,9% – Tabela 6) respostas que apresentavam um início de regulações e coordenações sistêmicas, o que representa um avanço, se comparadas às anteriores. Alguns alunos já admitem a existência de animais transgênicos, como: ratos, macacos, a ovelha Dolly e a ave Chester, isto é, existem transgênicos que pulam, correm e nadam, ainda que tenham estabelecido inferências falsas, como a relação entre a ovelha Dolly e a ave Chester. Ao ampliarem o conjunto dos transgênicos, ampliam seu juízo acerca do seu campo de aplicabilidade, que vai além da indústria agroalimentícia, a exemplo da indústria farmacêutica, ainda que o único medicamento citado nas respostas dos alunos tenha sido a insulina humana. Alguns estudantes já admitem que os transgênicos não solucionam a fome no mundo, mas lhes falta uma análise sócio-histórica da questão.

Contudo, como salienta Piaget, mesmo as implicações mais elementares sempre resultam de uma assimilação dos objetos a partir de esquemas prévios e, portanto, as propriedades não são observáveis “puros”, mas pressupõem sempre uma atividade do sujeito. Sendo assim, são construídas de implicações entre significações, que comportam inferências, que constituem o berço do conhecimento científico.

Em seguida, serão analisadas as questões 12 e 13, referentes ao significado de clonagem.

Na análise da décima segunda questão, que pergunta ao aluno qual é o seu entendimento sobre o conceito de clonagem, diferenciando os tipos e suas relações com a biotecnologia, 83,5% das respostas foram classificadas em implicações locais (Tabela 7). Vejamos algumas respostas: “clonagem é a cópia de informação genética de um ser vivo em

biotecnologia é responsável pela criação de Dolly”; “cria indivíduos cujo material genético é igual ao outro”; “processo artificial usado para produzir um ser através da inserção do material genético no óvulo de outro ser da mesma espécie como, por exemplo, a ovelha Dolly”; “fazer outro ser exatamente igual a outro”; “é a duplicação do DNA e envolve muita polêmica”; “criar um ser através do material genético de outro de uma forma que eles sejam iguais, como a criação da ovelha Dolly”.

Conforme constatado nas respostas acima, os discentes apresentam um significado de clonagem bem restrito, reduzindo-a a uma técnica artificial responsável pela criação da ovelha Dolly. Os estudantes não conseguem diferenciar os tipos de clonagem (natural, induzida, terapêutica, embrionária etc.) e muito menos coordená-los em um contexto abrangente da biotecnologia. Desse modo, por não dominar os conceitos básicos de Biologia, que levariam ao entendimento sobre clonagem e sua relação com a biotecnologia, os discentes não conseguem coordenar conceitos como cultura de tecidos, transferência nuclear, bipartições de embriões, clonagem terapêutica, enxertia, melhoramento animal, melhoramento vegetal etc., o que os conduziria a encaixes.⁴¹

Em outras palavras, as significações dos estudantes, acerca de clonagem e suas relações com a biotecnologia, apresentam uma forma elementar de estrutura, sem inclusões – é a ausência inicial de classes englobantes que chamamos de *encadeamentos*.

Tabela 7 – Distribuição de frequências das questões 12 e 13 do questionário*

	<i>Implicação Local</i>	<i>Implicação Sistêmica</i>	<i>Implicação Estruturante</i>
Questão 12**	83,5%	16,5%	-----
Questão 13***	95,7%	4,3%	-----

Fonte: Elaboração do Autor.

* A distribuição da frequência nessas questões mostrou significância estatística de $P < 0,05$, segundo o teste de Qui-Quadrado.

** Qual o seu entendimento sobre o conceito de clonagem? Diferencie os tipos e explique sua relação com a biotecnologia.

*** Faça um texto estabelecendo relações entre as palavras-chave: clonagem, biotecnologia, reprodução assexuada, gêmeos univitelinos, engenharia genética, células-tronco, ovelha Dolly, ovelha Polly, transferência nuclear, Wilmur, bipartições de embriões, clonagem terapêutica, melhoramento animal, melhoramento vegetal.

⁴¹ Por exemplo, no terceiro momento da pesquisa, os sujeitos já conseguem diferenciar clonagem em clonagem induzida e natural. A clonagem induzida, por sua vez, diferencia-se em reprodutiva e embrionária. Na clonagem reprodutiva, utilizam-se as técnicas de bipartições de embriões, cultura de tecidos. Em resumo, as técnicas de bipartições de embriões e cultura de tecidos encaixam-se em clonagem reprodutiva, que por sua vez se encaixa em clonagem induzida artificialmente, e assim por diante.

Ainda em relação à mesma questão, constatou-se que 16,5 % das respostas foram classificadas em implicações sistêmicas (Tabela 7), pois já há nessas respostas um início de imbricações, quando os estudantes diferenciam a clonagem em natural e artificial. Por exemplo, afirmam que $A =$ clonagem artificial e $A' =$ clonagem natural, então teremos $B = A + A'$, sendo $B =$ clonagem. Vejamos as respostas a seguir: “a clonagem corresponde a natural e artificial, a clonagem artificial é uma técnica avançada da biotecnologia que consiste na produção de um organismo a partir de células somáticas, como no caso da ovelha Dolly”; “clonagem é natural e artificial, a clonagem artificial é um método biotecnológico recente para criação de clones, ou seja, a criação de um ser idêntico a outro, através da inserção do material genético retirado de uma parte do corpo no óvulo de outro ser da mesma espécie”; “tem a Clonagem natural e a artificial, a artificial é um procedimento biotecnológico, é um método de reprodução que faz uso de células somáticas no lugar do óvulo e espermatozoides produzindo células ou organismos idênticos ao organismo que cedeu o núcleo”; “clonagem é um processo onde existem seres geneticamente idênticos. Esses processos natural e artificial têm influência do homem, como no caso da ovelha Dolly”.

Aqui já existe um início de regulação e coordenação sistêmicas entre clonagem e biotecnologia. Assim, o conceito de clonagem se diferencia em natural e artificial, sendo a clonagem artificial um método biotecnológico recente, que deu origem à ovelha Dolly. Apesar dos avanços em relação às respostas anteriores, essas implicações não são suficientes para alcançar as ligações necessárias, que conduziriam a uma melhor diferenciação do conceito de clonagem, inserindo-a no contexto mais amplo da biotecnologia.

Na análise da décima terceira questão, que solicita ao aluno a elaboração de um texto, articulando diversos conceitos, constatamos que 95,7% das relações estabelecidas pelos sujeitos foram classificadas em implicações locais (Tabela 7). Vejamos algumas dessas relações: “podemos falar que clonagem é uma forma de reprodução assexuada que utiliza engenharia genética e biotecnologia para produzir um clone, que temos como exemplo a ovelha Dolly”; “a biotecnologia através da engenharia genética desenvolve técnicas como vista no clone da ovelha Dolly”; “a clonagem é feita através da reprodução assexuada para gerar indivíduos geneticamente (os clones), sendo a ovelha Dolly o primeiro clone. Quanto à engenharia genética, o estudo de células-tronco é realizado juntamente com a clonagem, áreas relacionadas com a biotecnologia”.

Conforme constatado nas respostas acima, as relações estabelecidas pelos estudantes, de uma a três relações, insere a clonagem como uma técnica recente da engenharia genética, responsável pela criação da ovelha Dolly, o que restringe o conceito ao âmbito do

desenvolvimento da biotecnologia. Os alunos não conseguem diferenciar os tipos de clonagem e inseri-los no contexto mais amplo da biotecnologia. Assim, eles apresentam regulações e coordenações locais, por não conseguirem diferenciar seus diferentes tipos (clonagem induzida, clonagem natural, clonagem reprodutiva, clonagem terapêutica etc.) e inseri-los em um contexto biotecnológico mais amplo, o que implicaria a compreensão de procedimentos como a clonagem molecular, a bissecção embrionária, a cultura de tecidos, a enxertia etc.

A falta de coordenação entre os conceitos biotecnologia, clonagem e transgênicos, não permite que os estudantes compreendam que a associação de técnicas avançadas de reprodução, como a transgenia, tem permitido desenvolver animais clonados transgênicos que podem servir a variados objetivos: a) produção de proteínas humanas; b) células, tecidos e órgãos imunotolerantes; c) produção de vacinas etc. As pesquisas nessa área também têm contribuído para: d) um maior conhecimento sobre desenvolvimento e regulação gênica; e) recuperar animais em extinção; e f) a produção de cobaias idênticas, o que facilita a interpretação dos resultados experimentais. Com o avanço das técnicas em vegetais – como hibridação somática, transformação genética, cultura de tecidos – é possível produzir, por exemplo, mudas de árvores frutíferas de alto padrão de qualidade. (COLLARES et al., 2007; PEREIRA, 2005; RIECHMANN, 2002)

Podemos dizer, em relação às questões investigadas nesse questionário, que a maioria dos alunos (83,5% e 95,7% – Tabela 7) não apresenta um pensamento organizado e estruturado em relação ao conceito de clonagem e suas imbricações com a biotecnologia. Desse modo, os níveis de implicação permanecem locais, relativos a dados limitados e contextos particulares, pois clonagem, para eles, é uma técnica artificial da engenharia genética, responsável pela criação da ovelha Dolly. Eles não conseguem diferenciar os tipos de clonagem (induzida, natural, reprodutiva, terapêutica etc.) e muito menos coordená-los em um contexto biotecnológico mais amplo.

Também encontramos um número menor de alunos (16,5% e 4,3% – Tabela 7), cujas respostas apresentam regulações e coordenações sistêmicas, nas quais já existe um começo de diferenciação entre clonagem natural e artificial, o que melhora as coordenações com o conceito de biotecnologia. Apesar dos avanços em relação às respostas anteriores, essas implicações não são suficientes para alcançar as razões de ser da clonagem, que permitiriam sua inserção no contexto mais amplo da biotecnologia.

A análise dos resultados teve como objetivo responder ao seguinte questionamento: Quais as representações de biotecnologia em alunos recém-ingressos na UESB, nas

disciplinas de *Biologia Básica e Citologia e Genética*, dos cursos de Odontologia e Fisioterapia? Nossos resultados indicam um domínio de representação não estruturado acerca dos conhecimentos dessa área. Assim, foi possível perceber formas de pensamento transdutivo, ou seja, quando o raciocínio parte do particular e se dirige ao particular, sem atingir uma generalização – por exemplo, quando os alunos tentam conceituar biotecnologia, partindo apenas da dissociação da palavra **biotecnologia**, ou quando associam **clonagem** apenas à ovelha Dolly e **transgênicos** a alimentos geneticamente modificados, tendo como exemplos principais a soja e o milho, ou ainda quando consideram os transgênicos uma solução para a fome no mundo. São respostas fragmentadas, que não se coordenam conjuntamente, o que demonstra um raciocínio bem simples, próprio a uma lógica inacabada.

Em relação às questões analisadas acima, não podemos deixar de enfatizar o papel preponderante da abstração empírica, que limita as implicações significantes, visto que as atividades do sujeito ficam reduzidas, quando comparadas ao pensamento conceitual proposicional ou científico. São duas as limitações: a primeira refere-se à natureza qualitativa das significações, em que somente a qualidade é dada e toda quantificação deve ser construída. A segunda é a ausência de negações construídas pelo sujeito (não A em relação a A). A carência inicial das negações parece, pois, estar conjugada àquelas das extensões e das quantificações. Entretanto, as respostas descritas acima não são estáticas – são, pois, significativas, o que implica, em sua grande maioria, a assimilação de informações midiáticas (televisão, internet, cinema) e de regulações e coordenações locais, sem atingir generalizações. Contudo, é a partir dessas informações iniciais que o sujeito vai enriquecendo suas estruturas mentais, até chegar a conceituações mais complexas.

Outras respostas, porém, permitiram um início de diferenciação dos conceitos biotecnologia, transgênicos e clonagem. Por exemplo, ao considerarem que a transgenia pode ser aplicada não só em plantas, mas também em animais, os alunos ampliam seu campo de aplicabilidade, para além da indústria alimentícia, incluindo a indústria farmacêutica, ainda que o único medicamento citado tenha sido a insulina humana. No que se refere à clonagem, já se observa um início de diferenciação do conceito de clonagem, entre natural e artificial, ainda que nenhum exemplo de clonagem natural tenha sido citado e que a clonagem artificial se restrinja à ovelha Dolly. Essas novas elaborações provêm de regulações e coordenações sistêmicas, o que melhora a conceituação de clonagem e suas relações com a biotecnologia.

Esses significados prévios, ao mesmo tempo em que são fundamentais para compreendermos como o conhecimento vai se estruturando e se organizando pelos alunos, serviram também para traçar um panorama dos estudantes, ao ingressarem na universidade.

Desse modo, ao empregarmos uma análise de estatística inferencial, utilizando o teste de Qui-Quadrado, pretendemos generalizar os dados para cursos da área de saúde da UESB – Fisioterapia e Odontologia. Porém, diante de outros estudos realizados pelo pesquisador (ANDRADE; PAULA; VAINSTEIN, 2009, 2010) e também de outros pesquisadores na área de ciências (GUIMARÃES, 2007; LOPES, 2006; PEDRANCINI et al., 2007; RODRIGUES, 2006; SOUZA; FARIAS, 2011), podemos fazer uma projeção dessa realidade apenas em nível regional.

Dessa maneira, a recepção não crítica por parte dos estudantes com relação aos conhecimentos científicos básicos, aqui mencionados, não permite uma compreensão dos avanços científicos e tecnológicos nos quais a biotecnologia está inserida, de forma que o conhecimento se torna muito fragmentado – não está organizado e estruturado, o que compromete o entendimento dos aspectos científicos e técnicos dessa ciência, impedindo que esses discentes se posicionem de maneira autônoma e democrática sobre a utilização dessas novas tecnologias. Na sociedade regional, as políticas educativas são relegadas, por razões econômicas e financeiras, à última ordem de prioridades.

A Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI elaborou o relatório para a UNESCO, sob o título *Educação: um tesouro a se descobrir*. O relatório Jacques Delors, como assim se tornou conhecido, iniciado em março de 1993 e concluído em setembro de 1996, enfatiza que a educação, ao longo de toda a vida, é uma necessidade nas sociedades modernas, nas quais o “[...] progresso científico e tecnológico e as transformações dos processos de produção resultantes da busca de uma maior competitividade fazem com que os saberes e as competências adquiridas, na formação inicial, tornem-se rapidamente obsoletos”. (DELORS et al., 2006, p. 104)

Diante dessa situação, sugerimos que, para uma formação crítica dos alunos de Ciências e suas diversas ramificações, é necessário: a) conhecer e considerar as informações e os pré-conceitos que os alunos trazem no início de seus cursos universitários; b) produzir e melhorar os livros didáticos e paradidáticos, de modo que tratem da temática de forma simples, clara e identificada com o público jovem; c) criar programas de aperfeiçoamento de professores, tanto em relação aos conteúdos específicos, quanto em relação às teorias pedagógicas; d) criar canais de comunicação entre alunos, professores e a comunidade acadêmica, por meio de atividades extensionistas; e) introduzir conteúdos biotecnológicos nos currículos de ensino médio e nas universidades; f) incentivar os programas de apoio ao ensino de ciências; g) introduzir cursos para o reconhecimento dos artifícios – processos e técnicas editoriais – da mídia, para que os professores desenvolvam o pensamento crítico, no que

respeita aos meios de comunicação, e possam trabalhar, de maneira crítica, essas ferramentas junto a seus alunos.

8.2 ORGANIZAÇÃO DIACRÔNICA DO CONJUNTO DE DADOS POR CATEGORIA DE ANÁLISE

Neste tópico, analisaremos as respostas dos alunos acerca do significado de biotecnologia nas categorias: Implicação Significante e Todos, Alguns e Nenhum. Essa análise será feita com 12 alunos, sendo seis do curso de Fisioterapia (alunos 4, 5, 6, 9, 10 e 13) e seis do curso de Odontologia (alunos 25, 31, 33, 39, 42 e 46), escolhidos aleatoriamente. Gostaríamos também de ressaltar que essa análise é diacrônica, ou seja, serão acompanhados os mesmos sujeitos, durante os três momentos da pesquisa e em cada categoria.

8.2.1 Implicação Significante

Primeiro momento: ausência de tomada de consciência

No tocante às análises, no primeiro momento da pesquisa, que trata dos significados de Biotecnologia, Transgênicos e Clonagem, observa-se que os sujeitos apresentam representações bem limitadas.

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 sinônimo de Engenharia Genética. Em relação a sua aplicabilidade, esta se volta ao melhoramento de alimentos e à saúde humana – ainda que os únicos exemplos citados se restrinjam à insulina transgênica. Vejamos as respostas a seguir: “biotecnologia é um processo biológico mais tecnológico. Sim porque os processos de transformação da biotecnologia ou engenharia genética são atuais” (aluno 4FRQ); “a biotecnologia ou engenharia genética utiliza técnicas para melhoramento de alimentos e na cura de doenças, como a insulina humana” (aluno 10FRQ); “é uma tecnologia aplicada à biologia criada para melhorar procedimentos naturais. A biotecnologia só foi descoberta e aperfeiçoada por agora” (aluno 13FR). Vejamos também algumas implicações presentes nos mapas conceituais: “tecnologia mais seres vivos (aluno 6FM1, Figura 10 – ver setas vermelhas); Biotecnologia é tecnologia baseada na biologia”. (aluno 9FM1); “Biotecnologia é a ciência que estuda os diversos ramos da tecnologia aplicada à vida” (aluno 39OM1, Figura

10 – ver setas vermelhas). Respostas similares também aparecem no questionário e nos mapas conceituais do restante dos estudantes.

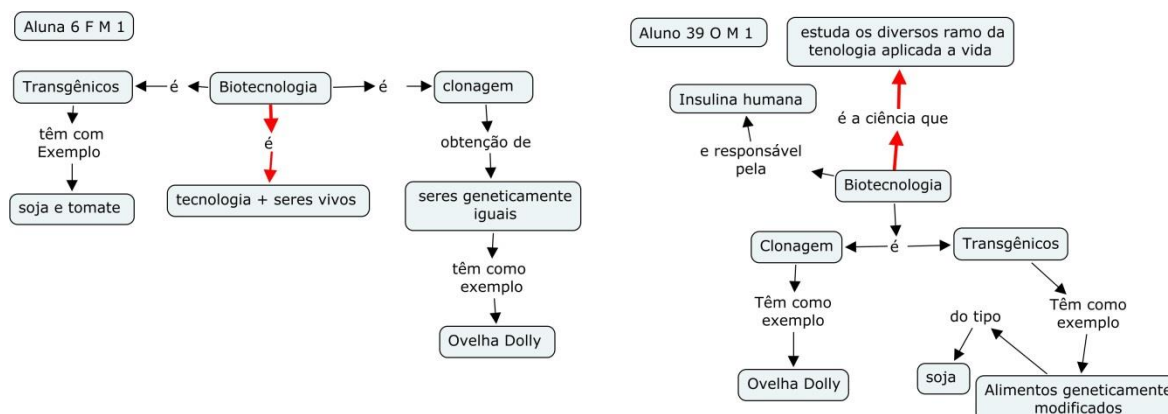


Figura 10 – Mapas conceituais construídos no primeiro momento da pesquisa, pelos alunos 6FM1 e 39OM1
 Fonte: Elaboração dos alunos 6FM1 (aluno seis de fisioterapia mapa um) e 39OM1 (aluno trinta e nove de odontologia mapa um).

Já em relação a Transgênicos, observa-se que o seu significado é sinônimo de OGM e se restringe a plantas e alimentos geneticamente modificados, tais como soja, milho e tomate. Vejamos a seguir as respostas do questionário: “são sementes modificadas geneticamente para aumentar a qualidade, a produção e o combate de pragas. Exemplos soja, milho e tomate” (aluno 9FRQ); “são organismos geneticamente modificados como soja, milho” (aluno 10FRQ); “Alimentos geneticamente modificados como soja” (aluno 13FRQ). Vejamos, também, algumas implicações presentes nos mapas conceituais: “transgênicos são sementes modificadas geneticamente têm como exemplo milho e soja” (aluno 4FM1, Figura 11 – ver setas vermelhas); “transgênicos são alimentos geneticamente modificados exemplos grãos de milho” (aluno 5FM1); “transgênicos são OGM, têm como exemplo milho e soja” (aluno 31OM1); “transgênicos têm como exemplo alimentos geneticamente modificados do tipo soja” (aluno 39OM1, Figura 11 – ver setas vermelhas); “transgênicos envolvem mutação genética gerando alimentos geneticamente modificados” (aluno 42OM1). Respostas similares também aparecem no questionário e mapas conceituais do restante dos estudantes.

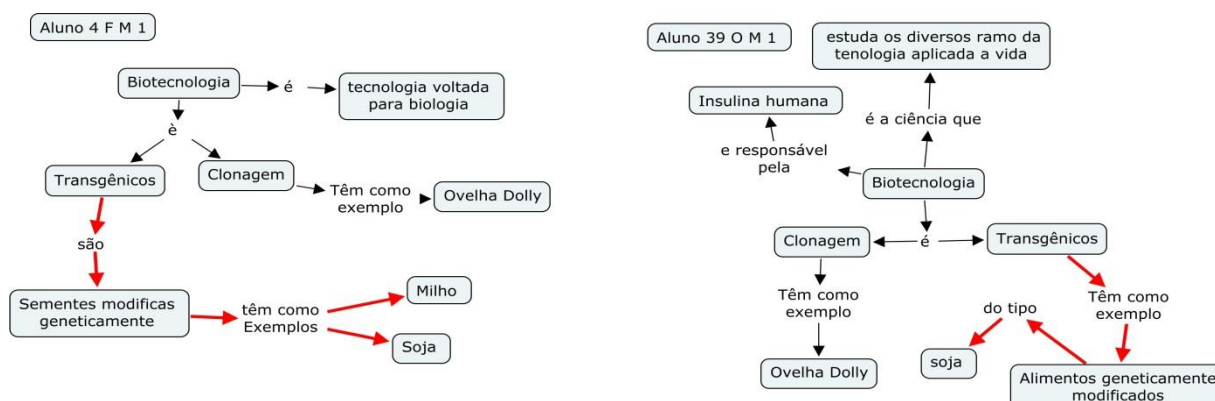


Figura 11 – Mapas conceituais construídos no primeiro momento da pesquisa, pelos alunos 4FM1 e 39OM1
 Fonte: Elaboração dos alunos 4FM1 (aluno quatro de fisioterapia mapa um) e 39OM1 (aluno trinta e nove de odontologia mapa um).

Também vale ressaltar que, quando os sujeitos são indagados se os transgênicos são uma solução para a fome no mundo, observam-se respostas bem simples, o que demonstra uma falta de reflexão sobre a temática em questão. Vejamos alguns exemplos: “sim, devido à alta produtividade qualidade das sementes e baixo custo”; “sim, pois permitirá uma maior produtividade acabando com esse mal, pois quanto maior produtividade menor a fome no mundo” (aluno 4FM1). Ou “sim, se utilizarmos de forma inteligente pode sim vir acabar com o problema da fome no mundo” (aluno 42OM1). Por outro lado, alguns alunos admitem que os transgênicos não solucionariam a fome no mundo, mas também não justificam ou explicam tais afirmativas. Por exemplo: “não, pois a fome envolve assuntos complexos” (aluno 13FRQ) ou “não, porque a fome no planeta já envolve outra questão que é a política” (aluno 9FRQ). Respostas similares também aparecem no questionário.

Essas significações acima são de natureza midiática e ideológica e representam uma defasagem entre a compreensão do potencial desta tecnologia e as questões de acesso à alimentação, que são de natureza político-social. Trata-se de uma forma de pensamento intuitiva, pois estas noções se deixam dominar apenas por um dos aspectos da situação sobre a qual refletem. A fome não é causada pela falta de terra ou de alimento, mas pela falta de acesso ao alimento e de fonte de renda em momentos críticos. (RIECHMANN, 2002) Isso ocorre porque subsistem lacunas, e, para que possamos avançar nesta discussão, precisamos instigar a dúvida, ou seja, desequilibrar os alunos, para que eles possam buscar novas informações e, com isso, passem do “por que” (estado de indiferenciação) e cheguem ao “como” (interiorização – construção de estruturas de pensamento), via regulações e coordenações.

Quanto à Clonagem, esta se restringe a uma técnica artificial responsável pela criação da ovelha Dolly. Assim, os estudantes não conseguem caracterizar os diferentes tipos de clonagem (natural, artificial, reprodutiva, terapêutica etc.). Vejamos algumas respostas, a seguir: “clonagem é uma cópia artificial das características de um animal em outro idêntico como Dolly” (aluno 6FRQ); “clonagem é um método artificial desenvolvido para obtenção de seres geneticamente idênticos como Dolly” (aluno 13FRQ). Vejamos, também, algumas implicações presentes nos mapas conceituais: “clonagem tem como exemplo ovelha Dolly” (alunos 4FM1, Figura 12 – ver setas vermelhas); “clonagem tem como exemplo ovelha Dolly” (aluno 25OM1); “clonagem é obtenção de seres geneticamente iguais tem como exemplo ovelha Dolly” (aluno 6FM1); “clonagem é a criação de seres geneticamente iguais tem como exemplo ovelha Dolly” (aluno 33OM1, Figura 12 – ver setas vermelhas). Respostas similares também aparecem nos mapas conceituais e questionários do restante dos estudantes.

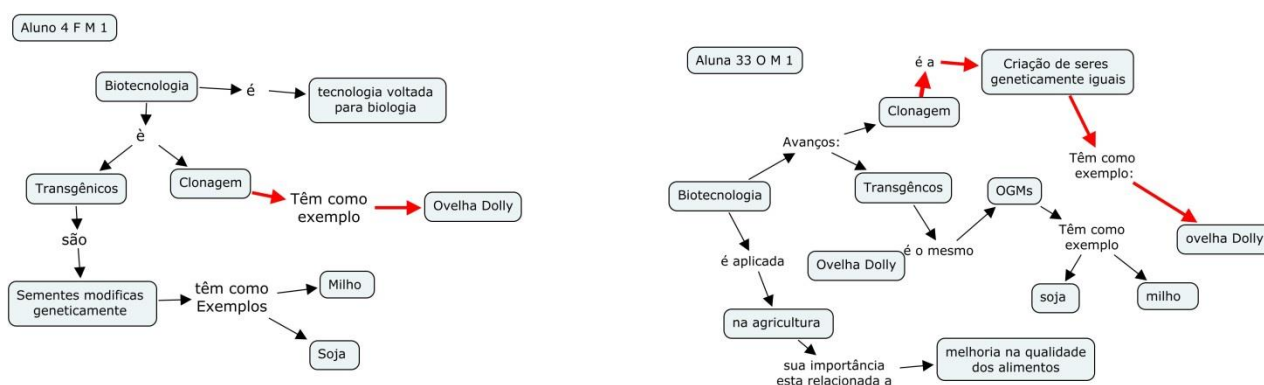


Figura 12 – Mapas conceituais construídos no primeiro momento da pesquisa, pelos alunos 4FM1 e 39OM1
 Fonte: Elaboração dos alunos 4FM1 (aluno quatro de fisioterapia mapa um) e 39OM1 (aluno trinta e nove de odontologia mapa um)

Nas questões do questionário, onde é solicitado que criem um texto relacionando vários conceitos – tais como: Clonagem, Biotecnologia, Transgênicos, Bipartições de Embriões, Transferência Nuclear, Melhoramento Animal, Melhoramento Vegetal etc. – pode-se observar que as relações estabelecidas pelos sujeitos são bem elementares. Vejamos os exemplos a seguir: “com a biotecnologia nós temos os alimentos transgênicos e clonagem nós temos a ovelha Dolly” (aluno 9FRQ); “a biotecnologia manipula o processo biológico normal dos organismos com a utilização de técnicas na criação dos alimentos transgênicos que é o mesmo que OGM” (aluno 46ORQ). Ou também: “podemos falar que clonagem é uma forma de reprodução assexuada onde se utiliza a engenharia genética ou biotecnologia para se produzir um clone, onde temos como exemplo ovelha Dolly” (aluno 25ORQ); “a biotecnologia através da engenharia genética desenvolve técnicas como vista no clone da

ovelha Dolly” (aluno 33ORQ). Respostas similares também foram elaboradas pelo restante dos estudantes pesquisados.

Na construção dos mapas conceituais, onde foi solicitado ao estudante iniciá-la, relacionado os conceitos Biotecnologia, Transgênicos e Clonagem, constataram-se também implicações bem elementares. Vejamos algumas relações: “Biotecnologia é clonagem e transgênicos. Transgênicos são sementes modificadas, têm como exemplo milho e soja. Clonagem tem como exemplo ovelha Dolly” (aluno 4FM1). Ou também: “Biotecnologia avanças com clonagem e transgênicos. Clonagem é a criação de seres geneticamente iguais tem como exemplo ovelha Dolly e transgênicos é o mesmo que OGM tem como exemplo soja e leguminosas” (aluno 33OM1). “Biotecnologia implica clonagem e transgênicos. Transgênicos têm como exemplo alimentos geneticamente modificados do tipo soja e clonagem tem como exemplo ovelha Dolly” (39OM1). Estruturas similares foram construídas pelo restante dos estudantes.

Conforme constatado nos parágrafos acima, as construções dos mapas conceituais e respostas do questionário, onde é solicitado ao estudante estabelecer relações entre Biotecnologia, Clonagem e Transgênicos, observam-se regulações e coordenações locais, entre biotecnologia e transgênicos, e também entre biotecnologia e clonagem. Por exemplo, o conceito de biotecnologia coordena-se, de forma elementar, por um lado, a transgênicos e, por outro, a clonagem. Biotecnologia implica clonagem que se reduz a uma técnica artificial que produz, a exemplo, ovelha Dolly; e, biotecnologia implica transgênicos, que se restringem a alimentos geneticamente modificados, como milho e soja. Há também uma incoordenação ente clonagem e transgênico – o que implica dizer que a intersecção entre estes dois conceitos não é compreendida em absoluto (ver círculos vermelhos na Figura 13). Assim, na construção do primeiro mapa e respostas do questionário, para o modelo $(x \sim y) \vee (\sim xy)$, a parte comum xy não tem relação com as outras duas.

Em síntese, na análise conjunta do questionário e dos mapas conceituais, podemos evidenciar que os estudantes não estabelecem conexões lógicas, ou seja, os significados de biotecnologia, transgênicos e clonagem são restritos, derivados de regulações e coordenações locais. Assim, biotecnologia é sinônimo de Engenharia Genética, que é definida a partir da dissociação da palavra. Transgênicos são sinônimos de OGM e restringem-se a alimentos geneticamente modificados, tendo como principais exemplos soja, milho e tomate, podendo também solucionar a fome no mundo. Já a clonagem confunde-se com uma técnica artificial responsável pela criação da ovelha Dolly. Correspondem, assim, a formas intuitivas de pensamento, isto é, àquelas nas quais o raciocínio dos alunos caminha do particular ao

particular, sem atingir generalizações, mostrando que este não está organizado em sistemas de conjunto, portanto, a qualidade e o número de relações antecipadas são limitados, muitas vezes, midiáticos e reprodutores de uma ideologia dominante, não permitindo ao sujeito regulações e coordenações fundadas sobre suas razões.

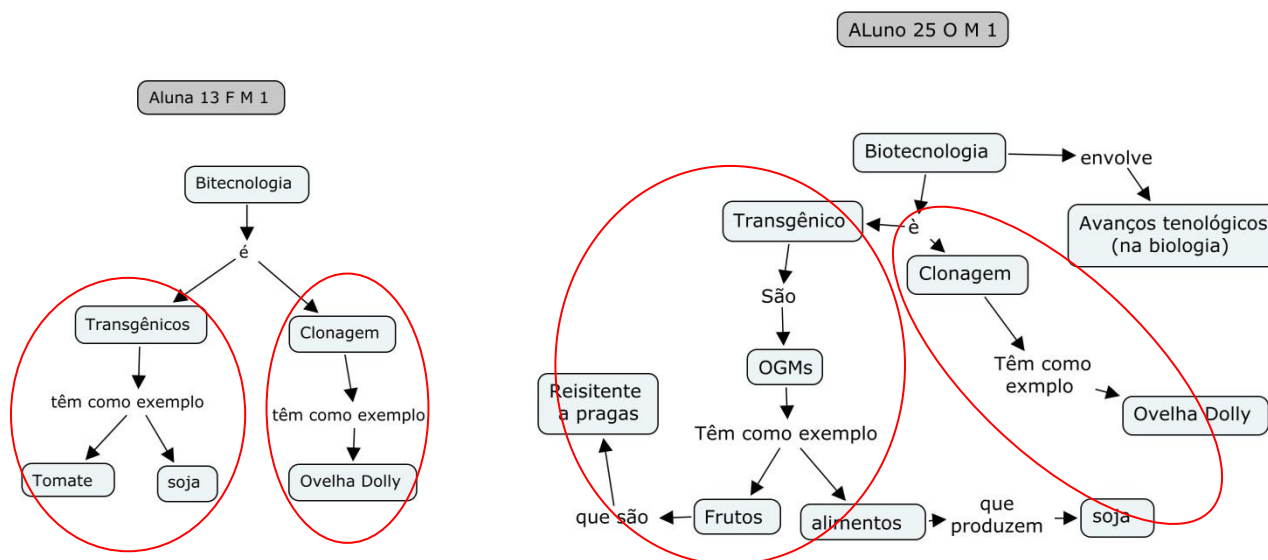


Figura 13 – Mapas conceituais construídos no primeiro momento da pesquisa, pelos alunos 13FM1 e 25OM1
 Fonte: Elaboração dos alunos 13FM1(aluno treze de fisioterapia mapa um) e 25OM1 (aluno vinte e cinco de odontologia mapa um).

Assim, os termos Biotecnologia, Transgênicos e Clonagem não são expressos de forma conceituada pelos sujeitos pesquisados, por isso, podemos fazer analogia a uma **etiquetagem**. É neste sentido que o trabalho, aqui proposto, pretende iniciar esse processo, para que os alunos comecem a construir um conceito acerca de biotecnologia, em nível de microgêneses, que serão fundamentais a futuras aquisições. Como ressaltam Veronese e Felipe (2000, p. 314) – e estamos de acordo – “biotecnologia é uma das incríveis aventuras científicas do espírito humano, que está sempre buscando compreender os processos do nosso planeta e suas espécies; mas se for utilizada como instrumento de poder, e de maneira ideológica, estará sendo deturpada e aviltada”. É por isso que uma formação crítica dos alunos acerca dos processos da biotecnologia é imprescindível e deverá começar desde cedo.

Desse modo, o pensamento dos alunos, no tocante aos conceitos biotecnologia, transgênicos e clonagem, não estão organizados e estruturados. Todas as implicações estabelecidas nos mapas conceituais e a maioria das respostas classificadas no questionário, neste primeiro momento da pesquisa, são de natureza local e permanecem relativas a antecipações limitadas e contextos particulares. Contudo, como salienta Piaget, mesmo as

implicações locais sempre resultam de uma assimilação dos objetos, a partir de esquemas prévios e, portanto, as propriedades não são observáveis “puros”, mas pressupõem sempre uma atividade do sujeito. Sendo assim, mesmo os pré-conceitos dos sujeitos são constituídos de implicações entre significações, que comportam inferências, que constituem o berço do conhecimento científico.

Dito de outra forma, os estados conscientes elementares até as conceituações dos níveis superiores, reúnem significações em um contexto chamado Implicação Significante. Por isso, as respostas dos alunos, descritas acima, não são estáticas, mas significativas, o que implica assimilação de informações midiáticas (televisão, internet, cinema) e de regulações e coordenações locais, mas, ainda, não chegando a comparações, quantificações e negações ou inversões. Entretanto, é a partir dessas construções iniciais que o sujeito vai enriquecendo suas estruturas mentais, até chegar a conceituações mais complexas.

Assim, no segundo e terceiro momentos da pesquisa, quando os sujeitos compreendem o significado de transgênicos e que a transgenia pode ser aplicada a todos os seres vivos, graças à universalidade do código genético, podemos afirmar que eles chegam a generalizar. Por outro lado, quando eles compreendem o significado de transgênicos e de não-transgênico, e conseguem coordenar os dois conceitos (transgênicos e não transgênicos) em uma classe hierárquica, ou seja, a dos OGM, através da regulação do Todos, Alguns e Nenhum, dizemos que foram capazes de generalizações construtivas, pois estas se apoiam ou ocorrem sobre as operações dos sujeitos ou seus produtos.

As generalizações construtivas, para Piaget (1978b), são simultaneamente de natureza compreensiva e extensiva, e, portanto, são estas construções, em nível de microgênese, que conduzem a tomada de consciência, via regulações e coordenações sistêmicas, entre clonagem e biotecnologia, ou entre transgênicos e biotecnologia, no segundo momento da pesquisa. O mesmo acontece na tomada de consciência entre biotecnologia, clonagem e transgênicos, no terceiro momento desta pesquisa. Essas conceituações nascentes, descritas no segundo e terceiro momentos deste estudo, ocorreram de forma lenta e laboriosa, pois situamos, em todas as etapas, resistências à compreensão de certos conceitos. Entretanto, essas novas estruturas construídas representam as verdadeiras fontes de novidades do sujeito, pois as novas possibilidades abertas pela construção de níveis prévios constituem um campo de elaboração criativa – o que representa uma fonte significativa de aprendizagem. Vejamos a seguir o segundo momento da pesquisa.

Segundo momento: A tomada de consciência

Biotecnologia e Clonagem

Nesse segundo momento, observa-se um avanço na compreensão do significado de biotecnologia e suas contribuições à vida do homem. Vejamos algumas formulações verbais dos estudantes:

[...] biotecnologia corresponde aos conhecimentos tecnológicos aplicados a biologia para melhorar a qualidade de vida essa relação entre ciência tecnologia e organismos vivos permite o melhoramento vegetal e animal, já utilizado a milênios na reprodução de animais e vegetais para obter maior produtividade de plantas resistentes a pragas com a as novas biotecnologias esse melhoramento ficou mais eficiente com o surgimento dos organismos transgênicos um dos primeiros exemplos de sucesso de um produto da engenharia genética foi a produção de insulina humana em micro-organismos transgênicos com isso milhões de pessoas que sofrem de diabetes e necessitam de insulina frequentemente foram beneficiadas. [...] Aragão no texto comenta que vários outros produtos da engenharia genética já chegaram ao mercado como fator anticoagulante usado na hemofilia A, a enzima DNA usada no tratamento da fibrose cística, a eritropoietina usada no tratamento da anemia e de doenças renais, a glucocerebrosidase para tratamento da doença de Gaucher, uroquinase para dissolver coágulos sanguíneos, o interferon produzido por bactérias transgênicas e utilizado no combate a doenças como sarcoma de Kaposi, hepatite B e C, esclerose múltipla e granulomatose crônica e tantas outras. (aluno 9FTF)

[...] eu entendo que a biotecnologia seria o uso de seres vivos para produção de bens e serviços, por exemplo, o uso de bactérias transgênicas para produzir insulina humana ou plantas transgênicas com características melhoradas como frutos mais saborosos com mais nutrientes ou como eu já falei na reprodução sexuada de animais e vegetais com intuito de melhorar características. Também são utilizadas a clonagem por bissecção embrionária para melhoramento animal porque permite produzir de maneira ampla filhos de animais de qualidade superior como touros e vacas, esse animais apresentam maior capacidade produtiva e reprodutiva. Também tem a cultura de tecidos e enxertia, são técnicas de clonagem vegetal, que permitem propagação de vegetais com características de interesse. O melhoramento de plantas e animais através de cruzamentos selecionam as características vantajosas de cada espécie, como, por exemplo, a maioria dos vinhos produzidos em Portugal provêm da enxertia entre duas variedades de videiras com o objetivo de combater a epidemia causada por um tipo de fungo. Essas técnicas são importantes porque geram lucro para a biotecnologia. Como eu já falei antes as plantas foram os primeiros seres vivos clonados como um pedaço de caule de uma planta é enxertado no caule com raiz de outra planta, criando uma planta misturada, isso é feito também para cultivar as rosas ornamentais que são frágeis e quando enxertadas no caule de rosas selvagens que são resistentes, aí as rosas ornamentais que são frágeis ficam resistentes, imagine o impacto que esse simples procedimento representou na época para a economia das rosas. (aluno 25OTF)

[...] então eu acho que a biotecnologia utiliza seres vivos para produção de bens e serviços como o cruzamento de espécies diferentes e afins, como eu li no texto de Buiatti, para o melhoramento de plantas que permite o cruzamento entre espécies diferentes, também nos casos de animais é possível, mas é raro, como mulas e jumentos derivam do cruzamento entre cavalos e burros, bem o que eu quero falar é que o melhoramento genético está presente a muito tempo na vida do homem só para termos ideia o cruzamento em 1920 do trigo com o centeio originando o triticale, que pretendia dar ao trigo a resistência do centeio, só que de início essa modificação no metabolismo da planta acarretou sérios problemas foi preciso muitos anos de cruzamento para melhorar as características do triticale e permitir seu uso na produção de pão e forragens para animais. Bem o que eu quero fala como isso é que a biotecnologia não vem de agora. Há muitos anos são comercializados esses seres vivos melhorados, sobretudo frutas [...] bactérias transgênicas para produzir insulina humana, ou plantas transgênicas com características melhoradas com frutos mais saborosos e com mais nutrientes, ou como eu já falei no cruzamento de animais e vegetais com intuito de melhorar características desejadas e o uso da clonagem por bissecção embrionária ou cultura de tecidos, enxertia na propagação destas características o que gera lucro. (aluno 42OTF)

Conforme constatado nas formulações verbais dos sujeitos 9FTF, 25OTF e 42OTF e demais sujeitos pesquisados, biotecnologia não é mais definida apenas a partir de uma simples dissociação da palavra, ou seja, já existe uma tomada de consciência que perpassa literalmente pela compreensão de que a biotecnologia utiliza organismos vivos ou partes deles na produção de bens e serviços. Na reflexão sobre essa definição, 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 o 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, interferon, antibióticos, vacinas etc.) podem garantir 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 (bisseção embrionária, cultura de tecido, enxertia, mergulhia etc.), utilizadas para melhoramento animal e vegetal, com o objetivo de propagar características desejáveis. Percebe-se, assim, que emergem explicações de questionamentos feitos durante as discussões dos textos em sala de aula: mas o que a clonagem tem a ver com a biotecnologia? Ou como eles fazem isso? Quais as técnicas utilizadas na clonagem de animais e vegetais? Por que clonar? Mas, afinal, o que é bissecção embrionária? Vejamos, a seguir, algumas explicações dos alunos diante destes questionamentos:

[...] A bipartição de embriões é uma técnica utilizada artificialmente que imita um fenômeno natural, no caso imita os gêmeos univitelinos, neste caos pega-se a célula do embrião em estágio inicial, quando as células são totipotentes, e são separadas sob o microscópico com o auxílio de uma lâmina finíssima. Essa separação gera dois a quatro embriões geneticamente idênticos, sendo todos os embriões originados de um mesmo zigoto, portanto são iguais, depois esses embriões são implantados no útero e assim nascem os clones, que serão cópias idênticas e terão as mesmas características genéticas [...] no texto de Lygia Veiga ela considera a clonagem por bipartição como uma clonagem às cegas, pois não se sabe bem quem está sendo clonado, porque mesmo que você obtenha um óvulo de uma vaca que seja uma boa produtora de leite e cruze com um touro de raça. Esse embrião que será clonado não garante que as crias dessa vaca sejam também uma boa produtora de leite, genética é probabilidade. (aluno 5 FTF)

[...] aqueles animais que são mais produtivos produzem mais leites e qualidade de carne melhor, são clonados, na busca de propagar essas características, uma das técnicas tradicionais mais usadas é a bipartição de embriões, o que representa um potencial econômico importante, pois se pode gerar mais de quatro clones a partir de um único embrião. Mas como se produz cópias de um embrião não se pode garantir que o animal desenvolva as características que nós desejamos, por isso esse tipo de clonagem é um pouco às cegas [...] uma das técnicas é bissecção embrionária onde um embrião é dividido num laboratório por meio de uma lâmina finíssima e os dois embriões resultantes são transferidos para uma

barriga de aluguel com a clonagem por bipartição pode-se produzir animais geneticamente iguais que representam um potencial econômico importante para biotecnologia. (aluno 9FTF)

[...] 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 39 OTF)

Veja que, em suas formulações verbais, os sujeitos acima discutem as técnicas de clonagem por bipartição embrionária, apresentando vantagens e desvantagens, inserindo-as em um contexto biotecnológico. Também são discutidas as técnicas de clonagem em plantas, como cultura de tecidos, enxertia, mergulhia, estaquia. Assim, diante dos questionamentos – afinal, o que é cultura de tecidos? – alguém poderia descrever as diferenças e semelhanças entre enxertia, estaquia e mergulhia? O que essas técnicas de propagação vegetal têm a ver com a biotecnologia? Vejamos as respostas dos sujeitos:

[...] na realidade eu acho que cada um de nós esta reconhecendo que a biotecnologia é muito ampla, estamos vendo que a biotecnologia em plantas vem sendo usada muito tempo, com as técnicas de enxertia, mergulhia, estaquia. E que a cultura de tecidos é um avanço em relação a clonagem de plantas [...] na cultura de tecido a célula é multiplicada no laboratório formando uma massa de células chamada calus, que depois é tratado com hormônios de plantas fazendo que este se desenvolva em partes da plantas, como raízes ou caules ou folhas, depois outro tratamento pode transformar essas partes em uma planta completa. Essa clonagem permite criar florestas de eucalipto geneticamente idêntico e de qualidade superior. (aluno 6FTF)

[...] clonagem induzida artificialmente é também aplicada na agricultura para propagação de características desejáveis presente nos vegetais e para isso é utilizada 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, já que são geneticamente idênticas, e aí a planta inteira será destruída, como afirma Lygia no livro. [...] em relação ao avanço das técnicas de clonagem em plantas temos a cultura de tecido, é uma técnica da biotecnologia moderna e as técnicas de enxertia, mergulhia e estaquia são técnicas tradicionais utilizadas como método de cultivo a bastante tempo. (aluno 46OTF)

[...] com o desenvolvimento dos conhecimentos científicos hoje através da biotecnologia moderna é possível utilizar a cultura de tecidos é possível construir um planta inteira a partir de uma única célula. A célula é multiplicada em laboratório e forma um aglomerado de células chamado calus, quando tratado com hormônios ele pode gerar diferentes parte da planta, raiz, caule, folhas [...] eu acho assim 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 pra que ocorra o enraizamento. Já na mergulhia o enraizamento da planta a ser multiplicada é na própria planta. Isso é feito através do enterramento de um ramo ainda ligado à planta, sendo por isso chamado de mergulhia. Essas técnicas foram usadas e ainda são, mas são métodos tradicionais para propagação de vegetais de interesse econômico. Ah também tem a 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), que é a parte de cima e o porta-enxerto (cavalo), que é a parte de baixo, o sistema de raiz. (aluno 25TRF2)

Conforme é possível constatar acima, nas formulações verbais dos sujeitos 5FTF, 6FTF, 9FTF, 25OTF, 39OTF e 46OTF, suas explicações constituem-se em um sistema de relações onde são enfatizadas as diferentes técnicas de clonagem em animais e plantas, vantagens e desvantagens, semelhanças e diferenças, inserindo-as em um contexto biotecnológico – o que implica regulações e coordenações sistêmicas. Por exemplo, a clonagem pode ser obtida por um conjunto de técnicas que permitem o melhoramento animal e a propagação de vegetais, tais como bipartições de embriões, enxertia, estaquia, mergulhia, cultura de tecidos. Essas técnicas são utilizadas pela biotecnologia para a reprodução de animais e vegetais que apresentam características almejavéis, o que representa um potencial econômico importante.

Essas implicações de implicações (relações de relações), que permitem regulações e coordenações sistêmicas entre biotecnologia e clonagem, também são encontradas na construção dos mapas conceituais. Vejamos alguns exemplos: “Biotecnologia envolve clonagem pode ser clonagem natural e clonagem artificial. Clonagem artificial é utilizada pra reprodução de indivíduos desejáveis tem como técnicas enxertia, estaquia, cultura de tecidos utilizados para clonar vegetais como eucaliptos violetas e gerânios. Bipartição de embriões é utilizada para clonar animais como porcos e vacas” (aluno 10FM2); “biotecnologia utiliza clonagem em todos os seres vivos para reprodução de indivíduos úteis utiliza enxertia, estaquia, mergulhia, cultura de tecidos e bipartições de embriões. A clonagem permite a reprodução de organismos mais eficientes melhorando a fermentação”. (aluno 39OM2) Ou também:

[...] biotecnologia compreende clonagem divide-se em clonagem induzida artificialmente 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 25OM2, Figura 14 – ver setas vermelhas)

Mas estas inferências não são suficientes para alcançar as ligações necessárias que unem os conceitos biotecnologia, transgênicos e clonagem.

Assim, os estudantes 10FM2, 25OM2 e 39OM2, e demais pesquisados, já admitem que existem diferentes técnicas de clonagem utilizadas pela biotecnologia na propagação de características desejáveis, que possam se converter em produtos economicamente viáveis. Assim, na busca da conceituação acerca do significado de biotecnologia, ou seja, ao tentar coordenar biotecnologia e clonagem, o sujeito avança progressivamente na compreensão do seu significado. As implicações das implicações, estabelecidas pelos alunos nos mapas

conceituais, enquadram-se em um sistema de relações, onde as explicações emergem e são o produto de regulações e coordenações sistêmicas. Apesar dos avanços, os sujeitos ainda não encontram as razões que conduzem à tomada de consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos.

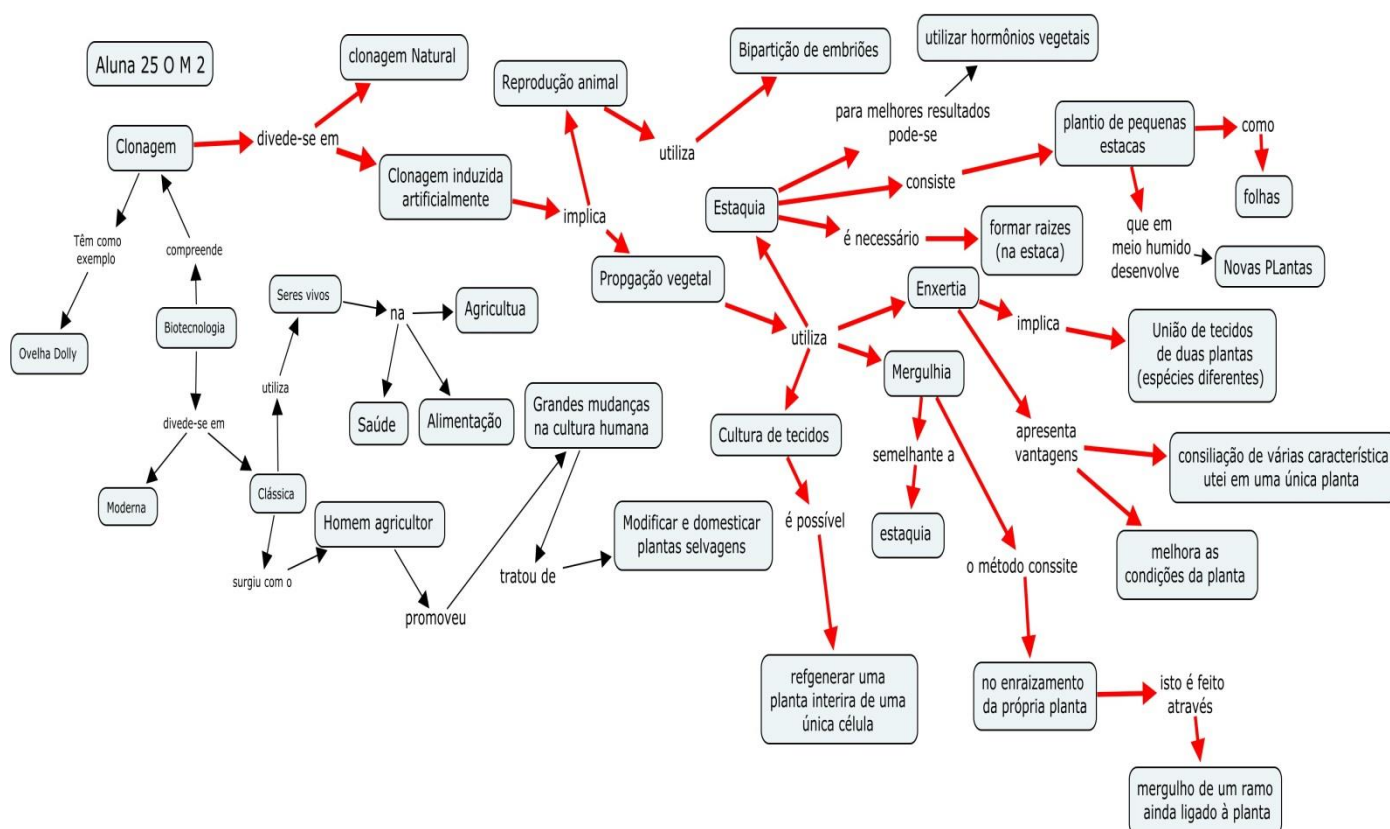


Figura 14 – Recorte de parte do mapa conceitual sobre clonagem, construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 25OM2

Fonte: Elaboração do aluno 25OM2 (aluno vinte e cinco de odontologia mapa dois).

Entretanto observamos um caso intermediário – trata-se do aluno 33OM2 – que, além de descrever as técnicas de transferência nuclear e microinjeção utilizadas pela biotecnologia na 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 comparado 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 ao 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.

Essas transformações, no sistema de relações presentes nos mapas conceituais dos sujeitos pesquisados, em relação à clonagem, são percebidas também através da inclusão e execução de: a) palavras-chave; b) palavra de ligação (ou frases verbais); c) implicações significantes; d) exemplo; e) atributos; f) integrações e diferenciações.

Em relação às palavras-chave, foram incluídas: clonagem natural, clonagem induzida artificialmente, cultura de tecido, bipartição nuclear, bipartições de embriões, estaquia, enxertia, mergulhia etc. E também de seus atributos, como: “cultura de tecidos é possível regenerar uma planta inteira a partir de uma única célula” (aluno 25OM2); “bipartição implica separação de um embrião ao meio utilizando microscópico e uma lâmina finíssima” (aluno 9FM2); “cultura de tecido implica retirada de um pedaço da planta que envolve cultura de células retiradas que permite a formação de calus, que tratado com hormônios permite a formação de folhas, raiz e sementes.” (aluno 4FM2) Essas novas elaborações permitem a inclusão de exemplos novos de clones, como sapos, bezerros, violetas, gerânios, bactérias; ou seja, seu universo não se restringe apenas à ovelha Dolly, sendo capaz, assim, de generalizar a clonagem como uma técnica que pode ser aplicada a todos os seres vivos – animais, plantas e micro-organismos. Transformações similares também foram observadas nos mapas conceituais do restante dos sujeitos pesquisados.

Em relação às palavras de ligação e implicações significantes, pode-se observar, nos mapas conceituais, a sua exclusão e inclusão. Por exemplo, os estudantes excluem as palavras-chave “biotecnologia é clonagem” (alunos 4FM2, 9FM2 e 46OM2); e incluem, respectivamente: “biotecnologia compreende clonagem de organismos através das técnicas de cultura de tecidos e bipartições de embriões” (aluno 4FM2); “biotecnologia implica a técnica de clonagem que permite a propagação de animais vegetais e micro-organismos, selecionados” (aluno 9FM2); “biotecnologia envolve a técnica de clonagem. Clonagem pode ser induzida artificialmente ou natural. A clonagem induzida artificialmente volta-se a agropecuária e agricultura com a proliferação de clones previamente selecionados” (aluno 46OM2). Ou também quando os sujeitos excluem implicações significantes falsas do tipo: “clonagem tem como exemplo criação de Chester” (aluno 9FM1); “transgênico tem como exemplo ovelha Dolly”. (aluno 31OM2)

No parágrafo acima, observa-se um esforço adaptativo nas trocas das palavras de ligação (verbos ou frases verbais) e implicações significantes que, na melhor das hipóteses, sugerem relações muito pobres, ou inferências falsas, por outras que ofereçam grandes potencialidades. Assim, quando os alunos 4FM1, 9FM1 e 46OM1 substituem a(s) palavra(s) de ligação “é” (verbo ser), que a rigor não diz muito sobre as relações entre biotecnologia e

clonagem, por outras, tais como: compreende, implica a técnica de, através das técnicas, volta-se a, permite, ele situa melhor as relações entre biotecnologia e clonagem. Do mesmo modo, quando os alunos excluem as implicações de natureza falsa, eles qualificam melhor os mapas conceituais. Transformações similares foram também observadas nos mapas conceituais do restante dos sujeitos pesquisados.

Constatamos também um aumento no número de características (atributos) ligadas ao conceito de clonagem. Por exemplo, os sujeitos incluem: “a bipartição de embrião implica divisão de um embrião de oito células ao meio que são transferidas para uma barriga de aluguel” (aluno 6FM2); “a bipartição de embrião utiliza microscópio e lâmina finíssima” (aluno 6FM2); “estaquia consiste no plantio de pequenas estacas como folhas, raízes e caules” (aluno 25OM2); “enxertia implica união de tecido de duas plantas (espécies diferentes) que forma o enxerto (garfo) e o porta-enxerto (cavalo)” (aluno 25OM2); “cultura de tecidos utiliza agentes químicos específicos (hormônios vegetais)” (aluno 31OM2); “cultura de tecidos é possível regenerar uma planta inteira através de uma única célula” (aluno 31OM2); “mergulhia consiste em um tipo de multiplicação vegetativa” (aluno 42OM2); “mergulhia consiste em dobrar um ramo da planta-mãe até enterrá-lo no solo” (aluno 42OM2). Implicações similares aparecem nos mapas do restante dos sujeitos pesquisados.

Em relação às integrações e diferenciações, pode-se perceber, nos mapas conceituais de todos os sujeitos, neste segundo momento da pesquisa, uma diferenciação progressiva, referente ao conceito de clonagem – que conduz à tomada de consciência entre biotecnologia e clonagem. Essas diferenciações das integrações ocorrem via assimilações recíprocas dos subsistemas (clonagem natural, clonagem induzida artificialmente, estaquia, enxertia, mergulhia, bipartições de embriões, cultura de tecidos) em uma totalidade (clonagem), que, por sua vez, é inserida no contexto biotecnológico. Assim, a biotecnologia implica clonagem que pode ser induzida artificialmente (artificial) ou de forma natural. A clonagem artificial utiliza técnicas tradicionais em plantas e animais como estaquia, enxertia, mergulhia e bipartições de embriões, mas também utiliza técnicas avançadas, como cultura de tecidos na propagação de vegetais.

Desse modo, na confecção do segundo mapa conceitual, os sujeitos avançam em extensão e compreensão. Em extensão, porque o número de implicações de implicações aumenta 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 micro-organismos” (aluno 46OM2). Em compreensão, ao caracterizarem cada conceito, por exemplo: “bipartição implica separação de embrião ao meio. Bipartição

utiliza microscópico. Bipartição utiliza lâmina finíssima para cortar o embrião etc.” (aluno 9FM2), pois o sujeito passa a coordená-los entre si, o que implica em afirmações, comparações (semelhanças e diferenças) e negações, conduzindo a encaixamentos. 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, se encaixa em clonagem, que se encaixa em biotecnologia, pois a 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.

Biotecnologia e Transgênicos

Em relação aos avanços na conceituação de transgênicos, durante as discussões, elaboramos os seguintes questionamentos: mas, afinal, o que define um transgênico? Transgênico e OGM é a mesma coisa? A transgenia é uma técnica que pode ser aplicada em qualquer ser vivo? Em quais setores da sociedade os transgênicos podem ser aplicados? Qual sua importância para a vida do homem? Observa-se, também, um avanço na conceituação de transgênicos e sua aplicabilidade. Vejamos as formulações verbais a seguir:

[...] Para Aragão transgênico é micro-organismos plantas ou animal no qual o genoma foi inserido outro gene de outra espécie [...] são inúmeros os benefícios que a transgenia vem trazendo à população em geral tanto com relação à economia quanto em relação à qualidade de vida, ou seja, maiores investimentos em organismos transgênicos é igual a maiores lucros relacionado ao capital como já foi citado anteriormente e também maiores lucros em relação à saúde quando comparados aos organismos normais sem serem modificados alguns exemplos a respeito da transgenia foram citados aqui durante o debate como o uso na medicina a aplicação da engenharia genética na medicina na agroalimentação como alimentos resistentes a agrotóxico herbicidas doenças para apresentarem melhor rendimento e um que eu acho interessante e que não foi citado foi em relação à produção de papel porque estão modificando os genes das árvores para elas produzirem mais celulose e menos lignina portanto assim mais lucratividade às empresas de papel animais transgênicos apresentam maior aproveitamento nutritivo maior desenvolvimento e portanto apresentam maior lucratividade. (aluno 5FTF)

[...] 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 micro-organismos devido à universalidade do código genético, ou seja, a informação genética pode ser compartilhada entre indivíduos por isso a transgenia é uma técnica que pode ser aplicada em todos os seres vivos, mesmo que na prática não tenha sido feito é possível. (aluno 33OTF)

[...] no texto de Aragão ele define transgênico como um micro-organismo, planta ou animal que teve em seu genoma a inserção de um gene de outro ser vivo [...] assim através da manipulação dos genes pode-se produzir além de plantas geneticamente para o setor agrícola e também animais transgênicos, como ratos como modelo para estudo em laboratório suínos produtores de hemoglobina humana caprino produtor de droga anti-câncer, eucaliptos com mais produção de celulose pra melhor processamento na

indústria, isso é um grande progresso revertido ao ser humano, essa tecnologia traz benefícios à saúde humana através dessa manipulação de genes. (aluno 25OTF)

[...] acho que a utilização tanto no meio ambiente quanto na produção industrial no meio ambiente com limpeza ambiental bactérias que comem petróleo eliminam resíduos orgânicos e químicos a produção de insulina em bactérias modificadas na produção de fármacos, vacinas, antibióticos, vitaminas, o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos transgênicos com objetivo de melhorar a produtividade das plantas. (aluno 31OTF)

Pode-se constatar, nas formulações verbais dos estudantes 5FTF, 33OTF, 25OTF e 31OTF, acima, e demais sujeitos pesquisados, regulações e coordenações sistêmicas, o que implica um início de conceituação de transgênicos, ou seja, transgênico é um micro-organismo, planta ou animal, que teve em seu genoma a inserção de um gene de outro ser vivo, cuja aplicabilidade se volta a diversos setores da sociedade (agroalimentar, indústria, medicina etc.). É possível observar que existe um início de conceituação de transgênicos, mesmo que algumas inferências sejam falsas, do tipo: “transgênicos é a incorporação ou retirada de genes que são desejáveis ou indesejáveis e isso pode ser feito em qualquer ser vivo” (aluno 13FTF).

Ao mesmo tempo em que eles estão regulando o conceito de 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: “você estão falando da biotecnologia moderna, mas também tem o melhoramento genético clássico, onde através da seleção de plantas e animais de interesse se selecionam características de interesse” (aluno 13FTF). Ou também:

[...] a biotecnologia já é aplicada a muito tempo a refinação da tecnologia que é aplicada para essa tecnologia de uns dez anos para cá tem sido muito refinada, muito de ponta, que não existia antes mas se faziam manualmente. Hoje com os recursos da tecnologia do DNA recombinante, cultura de células e tantas outras permitiram grandes avanços na área. (aluno 42OTF)

Também constatamos que, ao tentarem diferenciar as técnicas avançadas das tradicionais, os sujeitos situam melhor as relações entre os organismos que se originam por transgenia e aqueles que se originam por mutagênese induzida. Isso só é possível devido a afirmações, comparações (semelhanças e diferenças) e negações. Vejamos os exemplos a seguir:

Biotecnologia divide-se em Biotecnologia Moderna e Biotecnologia Clássica. A Biotecnologia Moderna implica engenharia genética envolve manipulação de DNA gerando os transgênicos. Transgênicos não se originam por mutação induzida. Biotecnologia Clássica promoveu grandes mudanças na cultura humana tratou de melhorar e domesticar plantas e promoveu melhoramento animal, vegetal e micro-organismos através de técnicas como hibridação, cruzamentos e mutação induzida. (aluno 25OM2, Figura 15 – ver setas vermelhas)

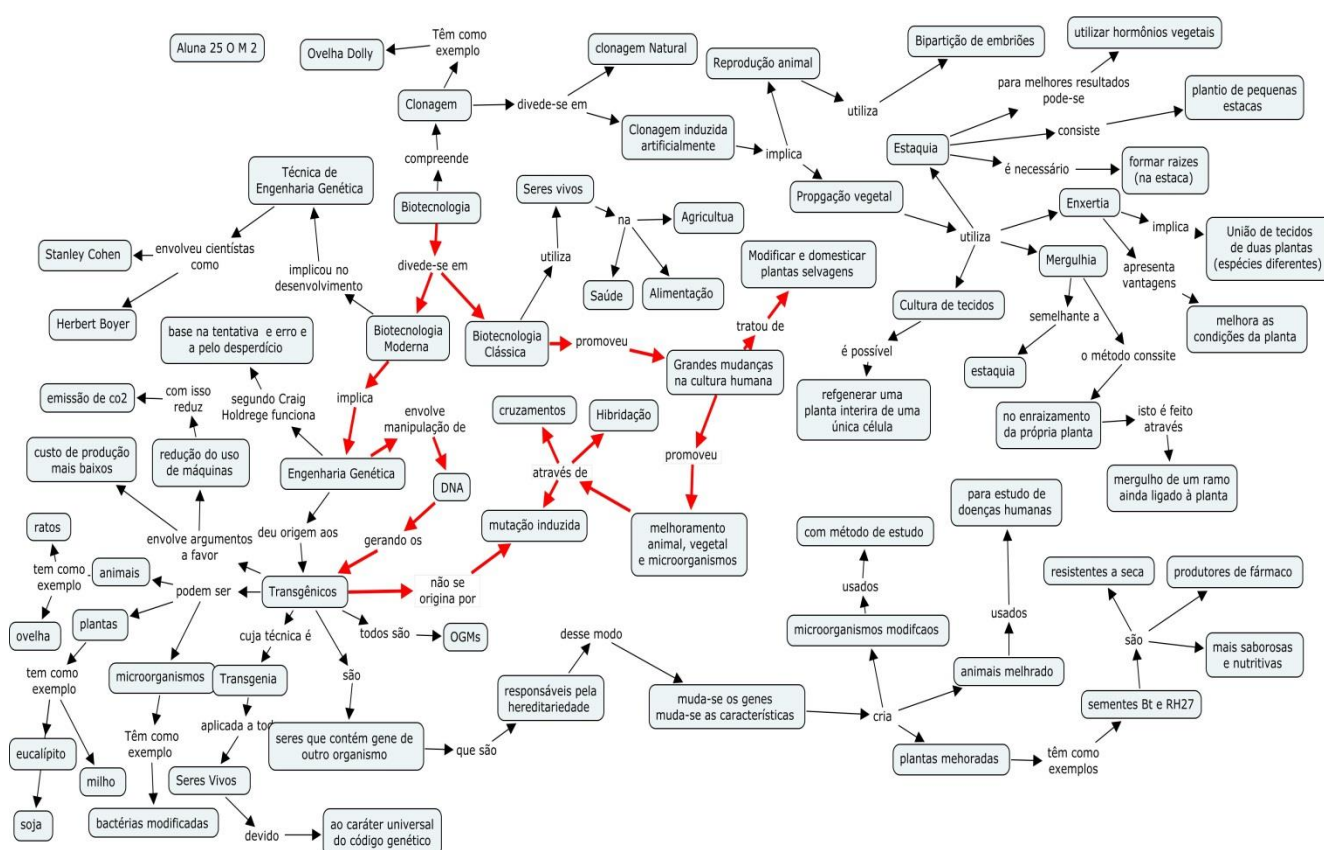


Figura 15 – Recorte de parte do mapa conceitual sobre transgênicos, construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 25OM2

Fonte: Elaboração do aluno 25OM2(aluno vinte e cinco de odontologia mapa dois).

[...] como foi dito anteriormente os transgênicos se originam através da engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante, são técnicas avançadas da biotecnologia moderna. Os transgênicos são seres vivos que tiveram seu material genético modificado por receber DNA de outras espécies tem sempre um doador (organismo A) e um receptor (organismo B) já mutações induzidas são modificações às cegas, aleatórias, artificiais por radiação ultravioleta ou ionizante, mutagênicos químicos que provoca mudança no material genético de qualquer ser vivo. Assim, mutação induzida são técnicas tradicionais que produz variabilidade genética, uma vez novas características (favoráveis ou desfavoráveis) podem aparecer favorecendo ou desfavorecendo o organismo ou o homem. No caso dos transgênicos é diferente das mutações induzidas porque os cientistas têm um objetivo que é determinado, o cientista vai inserir aquele gene e não aquele outro, através da engenharia genética, diferente da mutação induzida que é aleatória. Também na transgenia é inserido milhares de pares de bases, genes completos que não existiam naquela espécie, por exemplo, se você quer uma planta que seja resistente a certo tipo de bactéria, você pode cortar a sequência de DNA de outro ser vivo que tenha o gene x produtor de uma vitamina, no laboratório você transfere esse gene para a espécie de planta desejada com isso ela produz a vitamina desejada. (aluno 5FTF2)

Também nos mapas conceituais, há um início de diferenciação da biotecnologia, em clássica e moderna, e também uma coordenação entre biotecnologia e transgênicos. Vejamos alguns exemplos, a seguir: “biotecnologia pode ser dividida em clássica e moderna. A biotecnologia moderna compreende a engenharia genética que gera transgênicos que produzem fármacos utilizando organismos como plantas, animais e micro-organismos que produzem anticorpos, hormônios, vacinas, como: Hepatite B, proteínas, como: insulina etc.”

(aluno 4FM2); “biotecnologia implica biotecnologia clássica, na antiguidade e moderna. Biotecnologia implica engenharia genética que evolui manipulação com materiais genéticos incluindo transferência de genes resultando em organismos transgênicos que possuem gene de outro ser vivo e que inclui micro-organismos (bactérias e leveduras), animais (macaco), plantas (algodão)” (aluno 6FM2). Ou também: “biotecnologia compreende moderna e clássica. A biotecnologia moderna implica transgenia que geram transgênicos podem ser animais, micro-organismos 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 33OM2, Figura 16 – ver setas vermelhas).

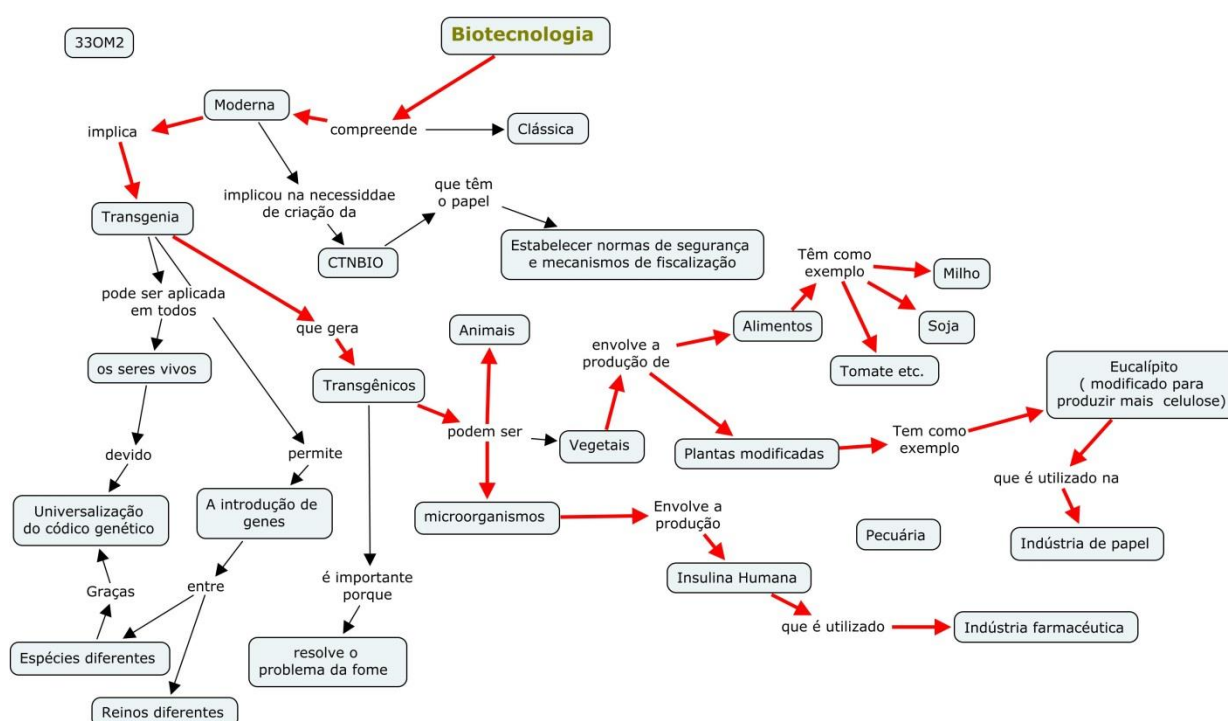


Figura 16 – Recorte de parte do mapa conceitual construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 33OM2

Fonte: Elaboração do aluno 33OM2 (aluno trinta e três de odontologia mapa dois).

Essas transformações no sistema de relações presentes nos mapas conceituais dos sujeitos pesquisados são percebidas através da inclusão e da exclusão de: a) palavras-chave; b) implicações significantes; c) palavras de ligação; d) exemplos; e e) atributos.

Em relação às palavras-chave, foram incluídas: Biotecnologia moderna, Biotecnologia clássica, Engenharia Genética, Hepatite B, hormônios, vacinas, bactérias fixadoras de nitrogênio etc., e também seus atributos. Essas novas elaborações permitem também a inclusão de novos exemplos de transgênicos, como: bactérias, eucaliptos, ovelhas, ratos,

macaco, aves etc. Desse modo, transgênicos não se reduzem apenas a alimentos geneticamente modificados. Assim, os estudantes já admitem que a transgenia possa ser aplicada a plantas (alimentos), animais e micro-organismos, o que representa uma dimensão generalizadora. Essa generalização fica bem evidenciada, quando as palavras de ligação que exprimem quantificação (todos, alguns, muitos, nenhum etc.) são inseridas.

Também se pode observar, nos mapas conceituais, inclusão e exclusão de palavras de ligação e implicações significantes. Por exemplo, os estudantes excluem: “biotecnologia é transgênicos” (aluno 4FM2); “biotecnologia é transgênico” (aluno 5FM2); “biotecnologia envolve transgênico são OGM” (aluno 9FM2); “biotecnologia é transgênico” (aluno 46OM2); e incluem: “biotecnologia pode ser dividida em moderna que compreende engenharia genética que gera transgênico” (4FM2); “biotecnologia compreende biotecnologia Moderna que implica engenharia genética que permitiu os transgênicos onde todos são OGM” (aluno 9FM1); “biotecnologia envolve engenharia genética. Engenharia genética permite transgênicos” (aluno 46OM2). Ou também quando os alunos excluem implicações falsas: “OGM tem como exemplo ovelha Dolly e criação de Chester” (aluno 9FM2).

No parágrafo acima, observa-se um esforço adaptativo nas trocas das palavras de ligação (verbos ou frases verbais) e implicações que, na melhor das hipóteses, sugerem relações muito pobres, ou inferências falsas, por outras que ofereçam grandes potencialidades. Assim, quando os alunos 4FM2, 9FM2 e 46OM2 substituem a palavra de ligação “é” (verbo ser), que a rigor diz muito pouco sobre as relações entre biotecnologia e transgênicos, pelas palavras “compreende, implica, que permitiu, onde todos são”, ele situa melhor as relações entre biotecnologia e transgênicos. Da mesma forma, quando o aluno exclui as implicações de natureza falsa, ele qualifica melhor os mapas conceituais. Transformações similares também foram observadas nos mapas conceituais do restante dos sujeitos pesquisados.

Constatamos, ainda, um aumento significativo na caracterização (atributos) dos transgênicos. Por exemplo: “transgênicos é gerado através da transgenia. Transgenia é a incorporação de genes de outra espécie” (aluno 42OM2); “transgênicos implica a introdução de genes entre espécies diferentes. Transgênicos utiliza técnica de transformação como biobalística, eletroporação, microinjeção” (aluno 33OM2). Ou também: “organismo transgênico possui gene de outro ser vivo” (aluno 6FM2); “transgênicos são seres que contêm gene de outro organismo” (aluno 25OM2); “transgênicos têm como característica adição de gene” (aluno 4FM2). Ou também: “biotecnologia utiliza engenharia genética para produzir transgênicos” (aluno 4FM2); “transgênicos implica transgenia que é uma técnica utilizada

pela biotecnologia moderna e não pela biotecnologia clássica” (aluno 39OM2). Respostas similares também aparecem nos mapas conceituais dos outros sujeitos pesquisados.

Em relação às integrações e diferenciações, pode-se perceber, nos mapas construídos neste segundo momento da pesquisa, uma diferenciação progressiva nos conceitos de transgênicos – o que conduz à tomada de consciência da relação entre biotecnologia e transgênicos. Essas diferenciações das integrações ocorrem via assimilações recíprocas dos subsistemas (biotecnologia moderna, engenharia genética, transgênicos, plantas, micro-organismos e animais) em uma totalidade (biotecnologia). Assim, a biotecnologia divide-se em moderna e clássica. A biotecnologia moderna implica a transgenia que é uma técnica utilizada em todos os seres vivos, graças à universalidade do código genético que origina os transgênicos, os quais podem ser micro-organismos, animais e vegetais.

Como constatado no parágrafo acima, essa elaboração só é possível devido à caracterização (atributos) de cada conceito, o que permite comparações entre conceitos que inserem a negação no contexto das falas dos sujeitos. Por exemplo, quando o aluno infere que a transgenia é uma técnica da biotecnologia moderna e não da clássica, ou quando os alunos consideram as técnicas de enxertia e bipartições de embriões como técnicas tradicionais pertencentes à biotecnologia clássica, para a propagação de espécies de interesse econômico, eles estão estabelecendo diferenças e semelhanças. Essas comparações entre os conceitos e as negações conduzem a assimilações recíprocas, formando os encaixes.

Desse modo, na confecção do segundo mapa conceitual, os sujeitos pesquisados avançam em extensão e compreensão. Em extensão, porque o número de implicações de implicações aumenta significativamente, conduzindo à quantificação: “transgênicos podem ser micro-organismos, plantas e animais” (alunos 4FM2, 10FM2, 13FM2, 33OM2, 39OM2, 42OM2 e 46OM2); ou também “a transgenia pode ser aplicada a todos os seres vivos graças à universalidade do código genético” (alunos 6FM2, 9FM2, 25OM2 e 31OM2); “organismos transgênicos implicam transgenia que pode ser aplicada a todos os seres vivos tais como plantas, animais e micro-organismos (aluno 5FM2). Em compreensão, ao caracterizar (atributos de) cada conceito, o sujeito passa a coordená-los entre si, o que conduz a encaixamentos entre os mesmos, criando níveis hierárquicos. Por exemplo, a compreensão de que a técnica de transgenia é utilizada pela biotecnologia moderna permite que os transgênicos sejam encaixados em engenharia genética, que, por sua vez, encaixa em biotecnologia moderna, que encaixa em biotecnologia (alunos 4FM2, 5FM2, 6FM2, 9FM2, 10FM2, 13FM2, 25OM2, 31OM2, 33OM2, 39OM2, 42OM2 e 46OM2). Assim, o aumento

no número de implicações, as quantificações da extensão, comparações e negações permitem a tomada de consciência da relação entre biotecnologia e transgênicos.

Em síntese, há, portanto, uma diferença notável em relação à compreensão de clonagem e transgênicos, bem como suas imbricações com a biotecnologia. Esses conceitos se diferenciam progressivamente das noções indiferenciadas iniciais, chegando à tomada de consciência das relações entre biotecnologia e clonagem e biotecnologia e transgênicos. À medida que novas informações (retiradas de fontes científicas) são assimiladas e diferenciadas, o mapa um evolui em organização e complexidade. Esse processo só é possível via afirmações, o que implica reunião de características em uma totalidade, comparações (semelhanças e diferenças) e negações, que conduzem às coordenações das implicações locais em implicações sistêmicas. Assim, os sujeitos conseguem: a) definir, diferenciar e generalizar o conceito de clonagem; b) coordenar a clonagem a um contexto biotecnológico; c) um início de definição de transgênicos e a generalização de que a transgenia pode ser aplicada a micro-organismos, animais e plantas ou a todos os seres vivos, graças à universalidade do código genético; d) coordenar transgênicos num contexto biotecnológico; e) diferencia transgênicos de mutantes; e f) alguns já admitindo que todos os transgênicos são OGM. Assim, de simples encaixamentos – ausência de hierarquização no mapa um – o mapa dois apresenta encaixes cada vez mais hierarquizados.

Apesar dos avanços, constatamos a falta de implicações entre enunciados que supõem a coordenação entre os conceitos de clonagem e transgênicos. Apesar dos sujeitos avançarem na tomada de consciência de cada um destes conceitos e estabelecerem imbricações com a biotecnologia, eles não se coordenam entre si, ou seja, eles são construídos em blocos (o bloco da clonagem, que se articula com biotecnologia, e o bloco dos transgênicos, que se articula com biotecnologia, Figura 17 – ver círculos vermelhos). Desse modo, há incoordenação entre os mesmos, o que implica dizer que a intersecção xy não é compreendida em absoluto – os sujeitos ainda não são capazes da tomada de consciência da relação entre clonagem e transgênicos. Essa coordenação entre os dois blocos somente ocorrerá na construção do terceiro mapa conceitual, quando os estudantes já são capazes de coordenações conjuntas de um número muito maior de conceitos, como: biotecnologia moderna, transgênicos, clonagem reprodutiva, microinjeção, transferência nuclear, animais biorreatores, ovelha Polly e clonagem molecular, o que permite uma melhor organização e estruturação dos mapas. Assim, na construção do segundo mapa para o modelo $(x.\sim y) \vee (\sim xy)$, a parte comum xy não tem relação com as outras duas.

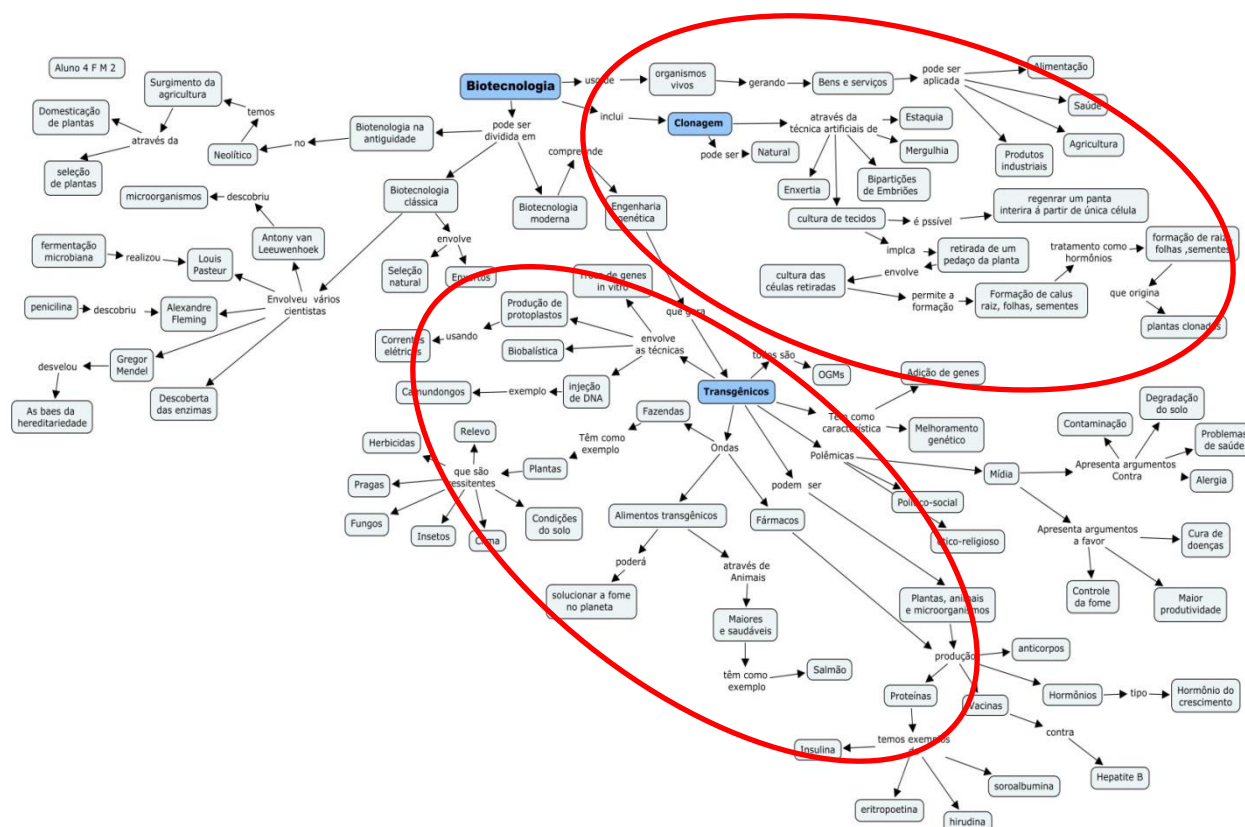


Figura 17 – Mapa conceitual construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 4FM2

Fonte: Elaboração do aluno 4FM2 (aluno quatro de fisioterapia mapa dois).

Estes casos são suficientes para mostrar os grandes progressos realizados por estes alunos e as lacunas que subsistem. Desse modo, observa-se um campo de representação abrangente acerca de clonagem e transgênicos e suas imbricações com a biotecnologia – que aparecem nas formulações verbais e nos mapas conceituais, construídos neste segundo momento da pesquisa. Por exemplo, os estudantes já são capazes de conceituar biotecnologia, para além de uma simples dissociação da palavra, o que permite coordenações entre clonagem, de um lado, e transgênicos, de outro. Também são capazes de diferenciar entre clonagem natural e clonagem induzida artificialmente, bem como diferenciar esta em: cultura de tecidos, enxertia, mergulhia, estaquia e bipartições de embriões, inserindo-as no contexto das biotecnologias tradicionais e modernas. Em relação aos transgênicos, já existe um início de conceituação, onde a transgenia situa-se no contexto da engenharia genética e das biotecnologias modernas, pois os alunos chegam inclusive a uma dimensão generalizadora da transgenia, pois esta é uma técnica que pode ser aplicada a plantas, animais e microorganismos ou a todos os seres vivos. Em síntese, com essas novas elaborações, eles conseguem tomar consciência da relação entre biotecnologia e transgênicos ou biotecnologia e clonagem.

Apesar desses avanços, nos mapas dos sujeitos 9FM2, 10FM2, 13FM2, 42FM2 e 46FM2, ainda aparecem OGM como sinônimo de transgênicos – apesar de já terem avançado na conceituação de transgênicos, ao considerarem transgênicos como animais, plantas e micro-organismos, o que implica uma dimensão generalizadora. Mas apenas os sujeitos 4FM2, 5FM2, 6FM2, 25FM2, 31FM2, 33FM2 e 39FM2 chegaram a uma quantificação positiva, ao admitirem que todos os transgênicos são OGM. No tocante à clonagem, em todos os mapas conceituais, pode-se identificar uma diferenciação da clonagem, em artificial e natural, e também uma diferenciação da clonagem induzida artificialmente, em cultura de tecidos, bipartições de embriões, enxertia e mergulhia, inserindo-as num contexto biotecnológico. Mas os sujeitos ainda não conseguem diferenciar clonagem terapêutica de reprodutiva (com exceção do aluno 33OM2), e também não compreendem ainda o conceito de clonagem molecular.

Diante dos dados analisados acima, pudemos constatar que as significações dos alunos estão inseridas em uma totalidade coordenativa, cuja natureza inferencial é inegável. Aqui temos implicações de implicações, que fazem emergir justificativas e explicações, o que nos permite concluir que os alunos estão atribuindo significados aos textos trabalhados em sala de aula, coordenando-os aos conhecimentos prévios. Para Piaget, atribuir significações ao objeto consiste em interpretá-lo, o que é para o autor uma conduta complexa, de base constantemente inferencial, por mais simples que sejam estas interpretações. Os 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 a construção progressiva das razões. Entretanto, esse processo é lento e laborioso, e, por isso, as caracterizações de cada conceito e, conseqüentemente, os encaixes presentes nos mapas conceituais ainda são limitados e não reúnem nunca todas as possibilidades. Vejamos, a seguir, o terceiro momento da pesquisa: a tomada de consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos.

Terceiro momento: a tomada de consciência da relação entre Biotecnologia, Clonagem e Transgênicos

Biotecnologia e Clonagem

Neste terceiro momento da pesquisa, podem-se constatar regulações e coordenações estruturais, o que amplia a tomada de consciência acerca do conceito de clonagem e de transgênicos, e suas interconexões com a biotecnologia. Mas a verdadeira novidade presente nos mapas conceituais e nas formulações verbais dos sujeitos, neste terceiro momento da pesquisa, é a tomada de consciência da relação entre transgênicos e clonagem, quando a intersecção xy começa a ser compreendida.

Essas novas relações são descobertas pouco a pouco e se originam de implicações de implicações (relações de relações). Vejamos, a seguir, nas formulações verbais dos sujeitos 9FTF3, 22OTF3, 33OTF3 e 44OTF3, 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 a clonagem reprodutiva mas difere no fato dos blastocistos não serem implantados no útero 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 9FTF)

[...] o importante é que com a descoberta da técnica de transferência nuclear que clonou Dolly é possível criar célula-tronco humanas sob medida, ou seja, a clonagem de células humanas é direcionada a criação de células-troncos embrionárias e que quando tratada com substâncias especiais se diferenciam em células específicas, por exemplo, CT quando tratado com ácido retinóico origina neurônios ou quando tratada com fator XPTO origina músculo cardíaco ou quando tratado com fator ABC origina células sanguíneas. (aluno 25OTF)

[...] 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 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 podem ser utilizadas no intuito de reestabelecer a função dum órgão ou tecido transplantando novas células para substituir as células perdidas pela doença ou substituir células que não funcionam adequadamente devido a defeito genético por exemplo doenças neurológicas, diabetes, problemas cardíacos, acidente vascular cerebral, lesões da coluna cervical e doenças sanguíneas. (aluno 33OTF)

[...] justamente como Fabio falou em vez de fazer um clone humano é feito células-troncos sob medida que poderão ser utilizadas em transplantes, por exemplo, neurônios podem ser transplantados no cérebro e pacientes com doenças de Parkinson e células secretoras de insulina poderiam curar diabéticos. E células hepáticas e cardíacas poderiam regenerar fígados de indivíduos com hepatite e lesões no coração. (aluno 44OTF)

Em complemento, foram discutidas as vantagens e desvantagens da clonagem reprodutiva, quando 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 é inviável economicamente, por que continuar clonando? O que vocês acham? Vejamos as formulações verbais dos sujeitos, a seguir: “tem a ver com a criação de animais clonados e transgênicos como biorreatores e não de rebanhos de animais geneticamente iguais. Esses animais clonados e transgênicos são desenhados para produzir proteínas de interesse comercial”. (aluno 4FTF3) Ou ainda:

[...] não é viável pois a eficiência da clonagem em animais mamíferos é muito baixa muitos clones morrem antes de nascer ou nascem mortos já outros nascem com anomalias mesmo os animais clonados que sobrevivem não se pode garantir que sejam saudáveis veja as complicações em torno da morte precoce de Dolly isso ocorre porque muito pouco se sabe sobre os processo de ativação e desativação de genes durante o desenvolvimento embrionário e também durante o nascimento levando à ineficiência do processo de clonagem o que torna a clonagem inviável na área agropecuária para produção de rebanhos geneticamente idênticos. (aluno 5FTF3)

[...] devido a 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, ainda tem a criação de cabras que produzem em seu leite uma proteína da teia de aranha. (aluno 6FTF3)

Ainda foram discutidas mais detalhadamente as técnicas de transferência nuclear e microinjeção. Vejamos os questionamentos a seguir: como ocorre o processo de transferência nuclear? Na página 33, Figura 8, que trata da clonagem para a produção de animais transgênicos – quem gostaria de explicar? Diante da leitura do livro de Lygia da Veiga *Clonagem fatos e mitos*, em que a autora debate algumas questões como: clonar o quê? Como, quando e para quê? Como vocês entendem a importância da clonagem num contexto biotecnológico? Vejamos as formulações verbais dos sujeitos, a seguir:

[...] na transferência nuclear ocorre a substituição do núcleo de óvulo por outro proveniente de uma célula embrionária ou somática como Marcio falou de fetos ou animais adultos assim o núcleo a ser transferido pode ser retirado de uma célula somática ou embrionária transferência nuclear como nome diz envolve transferência nuclear do núcleo retirada de uma célula somática ou embrionária para uma célula de um óvulo cujo núcleo foi anteriormente retirado. No caso de Dolly foi uma célula somática da mama. (aluno 9FTF3)

[...] a figura mostra que antes mesmo da clonagem pelo método de transferência nuclear 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 42OTF)

[...] assim ao falarmos de biotecnologia a gente não pode esquecer-se do ponto de vista do desenvolvimento das técnicas que foram usada a favor da humanidade, por exemplo, no começo usava-se técnicas mais simples como bipartição de embriões, estaquia, mergulhia, enxertia agora com a era da biotecnologia moderna com as novas tecnologias temos cultura de tecidos e transferência nuclear, microinjeção foi possível a criação de plantas e animais de alta qualidade. A clonagem terapêutica que revolucionará a medicina propiciando tecidos para transplantes. A clonagem molecular que permite identificar, isolar e multiplicar genes de quaisquer organismos criando os transgênicos. A técnica de microinjeção mais a transferência nuclear permitiu criar animais transgênicos com finalidade de biorreatores, animais que produzem em seu leite proteínas de interesse farmacológico como insulina, fator de crescimento, fator de coagulação, como o gene F9 de seres humanos inserido na ovelha Polly

[...] a autora Arlete Klotzko coloca que talvez porcos clonados e transgênicos possam ser criados para reduzir as causas de rejeição imunológica. Esses animais poderiam nos fornecer órgãos para transplantes mais próximos dos seres humanos, Órgãos para transplantes por encomendas, os seus próprios órgãos nos chamados xenotransplantes. (aluno 5FTF)

Essas relações também foram observadas na construção dos mapas conceituais. Assim, constatamos que 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 mapas conceituais e suas interconexões com a biotecnologia. Vejamos alguns exemplos, a seguir, destas coordenações presentes nos mapas conceituais:

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. (aluno 4FM3)

Biotecnologia envolve clonagem. Clonagem inclui clonagem induzida artificialmente e clonagem natural. Clonagem induzida artificialmente inclui clonagem reprodutiva e clonagem terapêutica. A clonagem reprodutiva ocorre em plantas e animais. Em plantas envolve macropropagação e micropropagação. A macropropagação utiliza técnicas como estaquia, enxertia e mergulhia. A micropropagação utiliza técnicas como cultura de tecidos. A clonagem reprodutiva em animais utiliza técnicas como bipartições de embriões e transferência nuclear. (aluno 10 FM3 – ver mapa conceitual)

Conforme constatado nos parágrafos anteriores, o conceito de clonagem e suas interconexões com a biotecnologia se ampliam. Assim, os sujeitos 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. À medida que essas novas informações são coordenadas entre si, observa-se, nos mapas conceituais, que os sujeitos baixam e sobem as setas, explorando de forma mais rica as relações entre os conceitos, o que permite que os mapas conceituais evoluam ainda mais em organização e complexidade (Figura 18 – seta vermelha ascendente).

Assim, constatamos que o mapa três dos sujeitos pesquisados está melhor estruturado e organizado. Isso é perceptível pelas transformações no sistema de relações, através da

inclusão e da exclusão de: a) palavras-chave; b) implicações significantes; c) palavras de ligação; d) exemplos; e) atributos; f) integrações e diferenciações.

Em relação às palavras-chave, os estudantes incluem: clonagem molecular, clonagem terapêutica, clonagem reprodutiva, animais biorreatores, micropropagação, macropropagação etc. Essas novas elaborações permitem também a inclusão de novos exemplos de clones, como: ovelha Polly, cabras produtoras de proteínas da teia de aranha, que também carregam uma característica peculiar de ser um transgênico. Desse modo, existe uma tomada de consciência de que a técnica de transferência nuclear, associada à de microinjeção, produz animais clonados e transgênicos com o objetivo de serem biorreatores: animais que produzem, em seu leite, proteínas de interesse farmacológico, como: insulina, fator de crescimento, fator de coagulação etc. Vejamos alguns exemplos destas coordenações:

Biotechnology inclui clonagem que compreende clonagem induzida artificialmente pode ser clonagem reprodutora e clonagem terapêutica. A clonagem reprodutora em animais utiliza a técnica de transferência nuclear que juntamente com microinjeção origina a ovelha Polly que também é um transgênico. (aluno 4FM3)

Biotechnology moderna utiliza técnica de clonagem que pode ser clonagem artificial volta-se à agropecuária e envolve melhoramento animal que utiliza técnicas como transferência nuclear que originou ovelha Dolly e vaca vitória. A transferência nuclear em conjunto com microinjeção originou ovelha Polly que também é um transgênico. (aluno 46OM3)

Construções similares foram observadas nos mapas conceituais do restante dos pesquisados.

Assim, tanto nas formulações verbais dos sujeitos e nos mapas conceituais, neste terceiro momento da pesquisa, para o modelo $(x \sim y) \vee (\sim xy)$, a parte comum xy já começa a ter relação com as outras duas (Figura 18, setas vermelhas) – os alunos conseguem relacionar transgênicos com clonagem, inserindo-a num contexto biotecnológico, ou seja, os estudantes tomam consciência de que a associação das técnicas avançadas de reprodução com a de transferência de genes tem permitido desenvolver animais quiméricos (portadores de genes estranhos), que podem servir a vários objetivos: produção de proteínas humanas, como a ovelha Polly clonada e transgênica, que possui o gen F9 humano integrado a seu genoma, que produz o fator de coagulação IX no leite – alunos 4FM3, 5FM3, 6FM3, 9FM3, 10FM3, 25OM3, 31OM3, 39OM3, 42OM3 e 46OM3. Ou ainda, a criação de cabras que produzam em seu leite uma proteína da teia da aranha – alunos 4FM3, 5FM3, 10FM3 e 25OM3.

No parágrafo acima, observa-se um esforço adaptativo, na troca das palavras de ligação (preferencialmente verbos ou frases verbais), que muda a natureza das implicações, e que, na melhor das hipóteses, sugere relações muito superficiais, por outras mais explicativas. Assim, quando os alunos substituem as palavras de ligação – pode ser, é, são, pertence, depende – que, a rigor, dizem muito pouco sobre as relações entre clonagem e enxertia, mergulhia, cultura de tecidos e bipartições de embriões etc., por outros verbos ou frases verbais, que denotam um caráter mais explicativo – utiliza técnicas como, utiliza técnicas mais avançadas como, utiliza técnicas tradicionais como, compreende, divide-se em –, eles situam melhor as relações entre clonagem e seus diferentes procedimentos. Transformações similares também foram observadas nos mapas conceituais do restante dos sujeitos pesquisados.

Constatamos, também, um aumento significativo na caracterização (atributos) de clonagem. Por exemplo: “transferência nuclear envolve as etapas: a) colhem-se células do animal a ser clonado e coloca-se em cultura; b) colhem-se óvulos do ovário (remove-se o núcleo do óvulo); c) por meio de corrente elétrica ocorre a fusão do óvulo com a célula; 4) o embrião é transferido para uma mãe de aluguel” (aluno 4FM3); “Polly apresenta gene F9 de humanos” (aluno 4FM3); “Polly produz fator IX de coagulação” (aluno 4FM3); “Polly apresenta em seu leite fator IX da coagulação” (aluno 5FM3); “Polly foi inserido em seu genoma gene F9” (aluno 5FM3); “transferência nuclear permitiu a criação da ovelha Dolly” (aluno 6FM3); “Clonagem terapêutica implica o uso de células-tronco embrionárias – CT. CT são utilizadas na geração de células e tecidos para transplantes” (aluno 31OM3); “a clonagem terapêutica utiliza o uso de CT sob medida” (aluno 31OM3). Essas caracterizações se multiplicam nos mapas conceituais dos sujeitos, neste terceiro momento da pesquisa.

Em relação às integrações e diferenciações, podem-se perceber novas integrações e diferenciações no conceito de clonagem, o que permite uma melhor organização e estruturação dos mapas conceituais, neste terceiro momento da pesquisa. Essas diferenciações das integrações ocorrem via assimilações recíprocas dos subsistemas (clonagem terapêutica, clonagem reprodutiva, transferência nuclear, micropropagação, macropropagação) em uma totalidade (clonagem). Vejamos um exemplo desta construção: “clonagem pode ser dividida em clonagem natural e induzida artificialmente. A clonagem induzida artificialmente divide-se em clonagem reprodutiva e clonagem terapêutica. A clonagem reprodutiva pode ser aplicada a animais e plantas. Em animais por meio de bipartições de embriões e transferência nuclear. Em plantas implica macropropagação, que utiliza técnicas como enxertia, estaquia, mergulhia, e micropropagação que utiliza técnica como cultura de tecidos” (aluno 31OM3,

Figura 19 – setas vermelhas). Construções similares também foram observadas pelos outros sujeitos pesquisados.

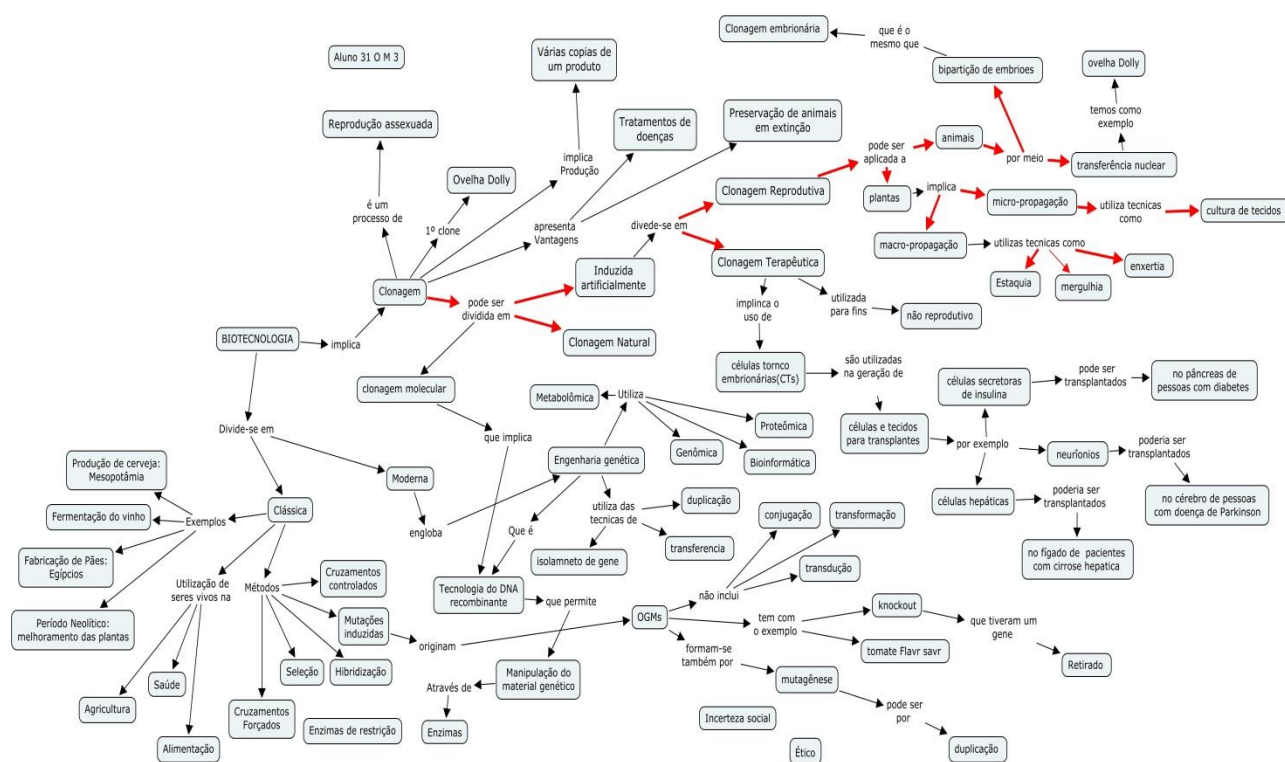


Figura 19 – Recorte de parte de mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa pelo aluno 31OM3

Fonte: Elaboração do aluno 31OM3 (aluno trinta e um de odontologia mapa três).

Como constatado nos parágrafos acima, essa elaboração só é possível devido à caracterização (atributos) de cada conceito, o que permite afirmações e comparações entre conceitos que inserem a negação no contexto das falas dos sujeitos. Por exemplo, quando o aluno infere que o processo inicial da clonagem terapêutica é idêntico ao realizado para clonar Dolly, que ocorre por clonagem reprodutiva, usando a técnica de transferência nuclear e que, na clonagem terapêutica, o blastocisto não é implantado numa barriga de aluguel, ele é utilizado para produzir células-tronco, a fim de produzir células ou tecidos para transplantes. Ou também, que a ovelha Polly não é só um clone, é também um transgênico, porque se originou da junção das técnicas de microinjeção e transferência nuclear. Essas afirmações e comparações entre conceitos e as negações conduzem a assimilações recíprocas, formando os encaixes. Desse modo, as classes tornam-se cada vez mais englobantes e melhor hierarquizadas, graças às diferenciações das integrações.

Biotecnologia e Transgênicos

Constatamos também um avanço na conceituação de transgênicos, principalmente quando esta supõe a coordenação entre classes de transgênicos e de OGM não transgênicos. Vejamos alguns questionamentos elaborados durante as discussões em sala de aula: eu gostaria de insistir na pergunta, quais as semelhanças e diferenças entre transgênicos e OGM não transgênicos? Qual a definição de OGM segundo a Lei Federal 11.105, de março de 2005? Vejamos as formulações verbais a seguir:

[...] eu também li no texto que não são sinônimos todo transgênico é um OGM mas nem todo OGM é um transgênico, pois um transgênico apresenta sequências de DNA de um outro organismo que foi inserido pela técnica do DNA recombinante enquanto existe OGM que não recebeu nenhuma sequência de DNA de outro organismo, por exemplo uma bactéria pode ser modificada e não expressar o gene inserido isso não quer dizer que ela seja uma bactéria transgênica mas apenas um OGM, já que o gene inserido não foi funcional. Esse gene inserido pode apagar o funcionamento de outro gene ou ainda aumentar ou diminuir a expressão de outro gene. Sempre que é inserido DNA de um organismo A para um organismo B pela técnica de engenharia genética podemos falar em transgênicos, mas não podemos falar em transgênicos como, por exemplo, isolarmos uma determinada sequência de genes do próprio fruto e depois inseri-la em sentido inverso, no próprio fruto, aí temos um OGM e não um transgênico, como o tomate *Flavr savr*. (aluno 25OTF3)

[...] a gente sabe que os OGM são produzidos artificialmente em laboratório é uma técnica assegurada pela engenharia genética, na lei federal do Brasil 11.105 de março de 2005, diz que OGM é um organismo cujo material genético (DNA ou RNA) tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética. Só que existem OGM que não são transgênicos como, por exemplo, isso é um pouco confuso vou ver se eu explico melhor transgênico são OGM que tiveram uma adição de material genético exógeno no seu DNA, como pegar um gene de um ser humano e colocar numa bactéria, como no caso da produção da insulina transgênica, veja que as espécies são diferentes, veja que apesar dos seres humanos terem modificado a natureza ao longo de milênios a transgenia passa por cima da barreira biológica [...] tá bom professor vou me concentrar em OGM e transgênico, bem como falava anteriormente os transgênicos são micro-organismos, plantas ou animal que tiveram a adição de um gene exógeno em seu DNA, e que esse gene seja funcional, trata-se portanto da integração onde o DNA é selecionado e é inserido aleatoriamente. Só que por ser um processo aleatório ele pode anular o funcionamento de um gene, ou modificar a regulação gênica aumentando ou diminuindo a expressão de um gene, neste caso temos OGM e não transgênicos. (aluno 42OTF3)

Os sujeitos pesquisados estruturam melhor seu pensamento, no tocante à conceituação de transgênicos, principalmente porque eles conseguem coordenar ativamente os conceitos de transgênicos e de OGM. Assim, a afirmação de uma classe implica a reunião de semelhanças em um todo A; mas, por outra parte, a reunião implica oposições ou diferenciações (por exemplo, A se opõe a A'), ou seja, transgênicos (A) se opõem a não transgênicos (A'). Por exemplo, “no caso dos transgênicos, essa incorporação ocorre por adição, e no caso dos não transgênicos, ocorre por anulação do funcionamento de um gene ou modificação da regulação gênica, que pode aumentar ou diminuir a expressão desse gene” (aluno 42FRF3). Ou também, “isolarmos uma determinada sequência de genes do próprio fruto e depois inseri-la em sentido inverso, no próprio fruto, aí temos um OGM e não um transgênico, como o tomate *Flavr*

savr” (aluno 25OTF3). A reunião de uma classe oposta engendra uma classe de categoria superior, os OGM: (A.A') \rightarrow B, de onde B \rightarrow (AVA'). Assim, pode-se constatar, nas formulações verbais dos estudantes 25OTF e 42OTF, acima, e demais sujeitos pesquisados, uma melhor conceituação de transgênicos e suas imbricações com os OGM. Aqui, todos os sujeitos pesquisados já conseguem admitir que todos os transgênicos são OGM, mas nem todo OGM é um transgênico.

Também foi discutida a técnica de clonagem molecular. Assim, diante dos questionamentos – qual a relação entre biotecnologia moderna, clonagem molecular e tecnologia do DNA recombinante? Afinal, quais as etapas da clonagem molecular? Quem gostaria de comentar o papel das enzimas de restrição? Alguém pode explicar como essas enzimas foram descobertas? O que são sequências palindrômicas? Qual a relação entre clonagem molecular e transgênicos? Obtivemos as seguintes formulações verbais:

[...] a engenharia genética envolve um conjunto de técnicas e métodos para construir DNA recombinante que está relacionada à biotecnologia moderna, pois trabalha com a manipulação do genoma de organismos por meio da inserção e expressão de genes muitas vezes estranhos àquela espécie. A técnica central da metodologia do DNA recombinante é a clonagem molecular a qual envolve três etapas: 1) separação do gene de interesse, 2) construção de um vetor, 3) transformação. Primeiro o pedaço de DNA de interesse é retirado usando enzimas de restrição. Em seguida o pedaço do DNA que os cientistas estão interessados chamado inserto é ligado ao vetor que é um plasmídeo para formar o que se chama DNA recombinante em seguida é introduzido na célula hospedeira por um processo chamado transformação. (aluno 9FTF3)

[...] elas clivam sequências 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, como disse Bruno, antes esse pedaço de interesse é chamado inserto. Esse inserto, que é o gene, ele é inserido no corte de um plasmídeo, que é o vetor que também foi cortado pela mesma enzima de restrição para formar extremidades complementares, em seguida essas extremidades acabam se ligando formando um plasmídeo com o gene de interesse dos cientistas, em seguida esses plasmídeo é introduzido na bactéria e esse processo é chamado transformação e essas células são denominadas de transformadas, mas para esse reconhecimento de que elas receberam o DNA recombinante é inserido um marcador. (aluno 13FM3)

[...] a Eco R.I corta o DNA na região específica GAATTC, porque reconhece sítios específicos, regiões palindrômicas e cortam o DNA deixando extremidades onde se pode inserir uma sequência, mas inserir uma sequência é fácil, o problema é fazer com que o organismo expresse o produto do gene que foi inserido, este ponto já não se refere mais à presença ou ausência do gene, mas à pressão exercida pelo promotor do gene. (aluno 10FTF3)

[...] o significado biológico destas enzimas está na necessidade de proteção das bactérias contra a entrada de vírus invasores, elas criam assim uma restrição à propagação desses vírus. A bactéria se protege cortando o DNA do vírus invasor, eles criam uma restrição à programação desses vírus, por isso o nome enzimas de restrição. (aluno 6FTF3)

Essas relações também foram observadas na construção dos mapas conceituais. Assim, constatamos que o conceito de clonagem molecular se amplia, o que permite uma melhor estruturação e organização dos mapas conceituais em suas interconexões com a biotecnologia. Vejamos alguns exemplos, a seguir, destas coordenações presentes nos mapas conceituais:

Biotechnology inclui clonagem que compreende clonagem molecular que gera organismos transgênicos. A clonagem molecular envolve 1) isolamento do gene de interesse utiliza enzimas de restrição (corta o DNA); 2) construção do vetor (geralmente plasmídeo); 3) transferência do vetor utiliza técnicas como biobalística, eletroporação. A clonagem molecular é a técnica central da tecnologia do DNA recombinante que é o mesmo que engenharia genética. (aluno 4FM3)

Biotechnology implica clonagem que compreende clonagem molecular em vivo implica construção da molécula de DNA recombinante, transformação, amplificação e isolamento dos clones. Transformação por meio químico, eletroporação, bombardeamento, *Agrobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium rhizogenes*. A *Agrobacterium tumefaciens* causa uma doença chamada galha de cora. A clonagem molecular por meio químico envolve cloreto de cálcio mais choque térmico. Clonagem molecular que utiliza vetores de clonagem, DNA ligase, enzima de restrição. Vetores de clonagem têm plasmídeos que possuem marcadores selecionados (confere vantagens à bactéria), sítios de clivagem, são moléculas circulares de DNA, ocorrem em células eucarióticas superiores, bactérias, organismos eucarióticos unicelulares. A clonagem molecular origina organismos transgênicos. (aluno 5FM3)

Biotechnology moderna implica engenharia genética que utiliza clonagem do tipo clonagem molecular que compreende isolamento do DNA (gene), vetores de clonagem (plasmídeos) cuja fusão (pelo DNA ligase) forma DNA recombinante (plasmídeo mais inserto) que é transferido gerando organismos transgênicos. A clonagem molecular compreende etapas como transformação que utiliza técnicas como biobalística, eletroporação e agrobacterium. A tecnologia do DNA recombinante só é possível graças as descobertas das enzimas de restrição que têm função de cortar o DNA em pontos específicos. Os cientistas Matthew Meselson Robert Yuan (1968) isolaram enzimas da bactéria *Escherichia coli* chamada EcoRI cliva sequência específica GAATTC. Os cientistas Daniel Nathans e Hamilton Smith isolaram enzimas da bactéria *Hemophilus influenzae* chamada Hin. Clonagem molecular que produz transgênicos pode ser animais tem como exemplo ovelha Polly que se originou pela união das técnicas de microinjeção e transferência nuclear. A microinjeção é uma técnica de transformação. (aluno 46OM3, Figura 19 – ver setas vermelhas)

É importante ressaltar, também, que a conceituação de clonagem molecular pelos sujeitos permite a intersecção xy, entre os conceitos de transgênicos e clonagem, em todos os mapas conceituais, neste terceiro momento da pesquisa. Vejamos algum exemplo destas coordenações: “biotecnologia está dividida em moderna e clássica. A biotecnologia moderna inclui a engenharia genética que é o mesmo que tecnologia do DNA recombinante que implica clonagem molecular que gera organismos transgênicos” (aluno 4FM3). Ou também: “biotecnologia divide-se em moderna e clássica. A biotecnologia moderna implica a engenharia genética que é sinônimo de tecnologia do DNA recombinante. A engenharia genética utiliza clonagem do tipo clonagem molecular que produz transgênico. Pode ser animais tem como exemplo ovelha Polly que se origina pelas técnicas de microinjeção e transferência nuclear. Microinjeção é uma técnica de transformação” (aluno 46OM3, Figura

20 – setas vermelhas). Construções similares foram observadas no restante dos sujeitos pesquisados.

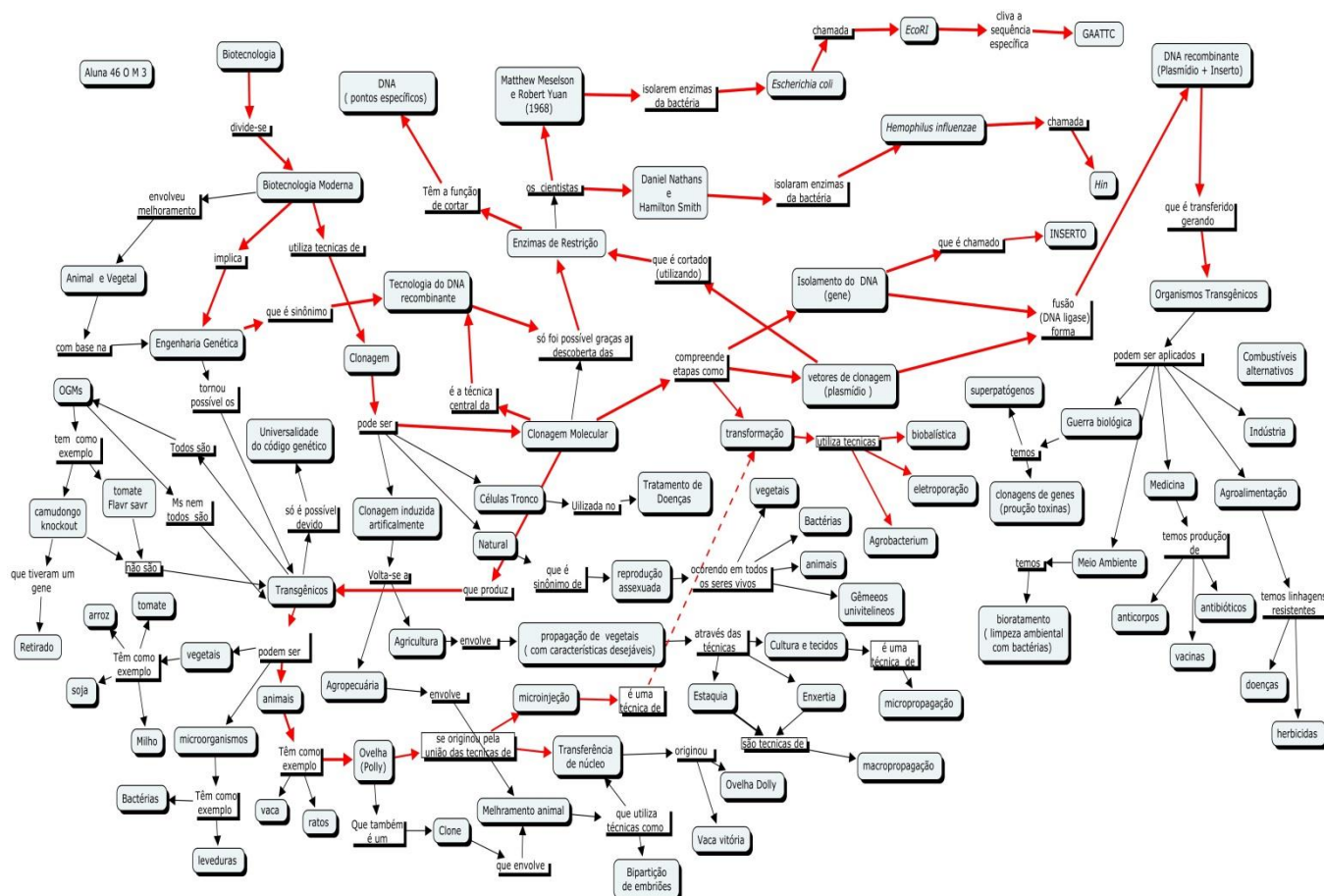


Figura 20 – Recorte de parte do mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa pelo aluno 46OM3

Fonte: Elaboração do aluno 46OM3(aluno quarenta e seis de odontologia mapa três).

Também foram discutidas as técnicas de biobalística, eletroporação e transformação mediada por agrobactéria. Assim, diante dos questionamentos – quais as técnicas utilizadas na transformação dos organismos transgênicos? Quais as semelhanças e diferenças entre estas técnicas? Qual a eficiência destas técnicas? Diante dos questionamentos, obtivemos as seguintes formulações verbais:

[...] são várias as técnicas de transformação para criar organismos 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 nas células sem causar danos a elas. Pode-se se penetrar no citoplasma, organela ou núcleo inserindo o DNA na célula e aí este DNA vai fazer parte da Célula, sendo integrado a seu genoma. O aparelho usado chama-se aparelho de biobalística. Essa técnica também pode ser usada na transformação de fungos e animais Já na transformação por eletroporação, as células vegetais são tratadas com enzimas para dissolver a parede celular. Essa célula sem a parede celular é chamada de protoplastos, onde eles são colocados em uma câmara, junto com o DNA que se quer inserir, onde 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 usar a técnica de cultura de tecidos e obter uma planta transgênica. Outra técnica é quando se usa um micro-organismo chamado agrobactéria, que é utilizado como vetor, para transferir o DNA de interesse na planta. Coloca-se o micro-organismo modificado em contato com a planta e ele irá transferir para o vegetal os genes de interesse do cientista. Aragão comenta no texto que esse método permitiu a obtenção de vários organismos geneticamente modificados como petúnia, tomate, batata, girassol, soja, cenoura, maçã e muitas outras. (aluno 6FTF)

[...] produzir bactérias transgênicas é muito mais fácil do que produzir plantas ou animais. Em animais como já foi discutido anteriormente utiliza-se a técnica de microinjeção, contudo essa técnica também foi adaptada para o uso em vegetais, alguns textos que eu li afirmam que esse é um método trabalhoso, mas de grande eficiência [...] as diferenças em se tratando de células vegetais é que na eletroporação, você tem que destruir a parede celulósica, tratando-a com enzimas, ficando os protoplastos. Na biobalística você não precisa fazer isso os microprojéteis de ouro ou tungstênio são revestidos de DNA de interesse e são inseridos em uma célula intacta (com parede celular), no caso da transformação mediada por agrobactéria, ela funciona como um vetor que parasita a planta e insere o DNA de interesse. Uma característica importante desse método é que a inserção da sequência de DNA no genoma animal é aleatória, podendo ser ineficaz ou até mesmo letal, uma vez que o local onde o gene será integrado é incerto. (aluno 42OTF)

[...] biobalística é uma técnica para produzir células transformadas, na qual o DNA é aderido a esferas de tungstênio ou ouro que são impelidas para dentro da célula (citoplasma, mitocôndrias, cloroplasto ou núcleo). O DNA é integrado ao genoma da célula hospedeira ou de organelas (mitocôndrias e cloroplastos), as quais são submetidas à seleção em meio de cultura contendo o agente apropriado. Tem sido usada para transformar animais, plantas e fungos. (aluno 46OTF)

Essas transformações nos sistemas de relação, presentes nos mapas conceituais dos sujeitos pesquisados, são percebidas também através da inclusão e/ou exclusão de: a) palavras-chave; b) palavras de ligação; c) implicações significantes; d) exemplos, e) atributos; f) integrações e diferenciações.

Em relação às palavras-chave, incluem: clonagem molecular, enzimas de restrição, tecnologia do DNA recombinante, vetores de clonagem, plasmídeo, inserto, biobalística, eletroporação etc. Essas novas elaborações permitem também a inclusão de novos exemplos de transgênicos: micro-organismos, animais (macacos, ratos, peixes, bovinos), plantas e alimentos (eucalipto, arroz dourado, soja, milho, feijão, algodão).

Além disso, podem-se observar, nos mapas conceituais, a inclusão e a exclusão de palavras de ligação e Implicação Significante. Assim, quando os estudantes excluem “transgênico *pode ser* biobalística e eletroporação” (aluno 10FM3) e incluem “clonagem molecular envolve etapas tais como transformação que implica a introdução de material exógeno na célula hospedeira *através de técnicas como* biobalística, eletroporação e transferência mediada por *Agrobacterium Tumefaciens*” (aluno 10FM3). Ou também, quando eles excluem as implicações falsas: “transgênicos é adição e deleção de gene” (aluno 5FM3) “[...] transgênicos são OGM, é a incorporação ou retirada de genes que são desejáveis ou indesejáveis e isso pode ser feito em qualquer ser vivo” (aluno 39OM2); “transgenia são úteis

para incorporação e retirada de genes que são desejáveis e indesejáveis” (aluno 42OM2); “os transgênicos são uma solução para a fome no mundo”. (aluno 4FM2)

No parágrafo acima, observa-se um esforço adaptativo, na troca das palavras de ligação (geralmente verbos ou frase verbais) e implicações significantes que, na melhor das hipóteses, sugerem relações muito pobres, ou inferências falsas, por outras que oferecem grandes potencialidades. Assim, quando os alunos 4FM3, 5FM3, 10FM3 e 42FM3 substituem a palavra de ligação: **pode ser**, que a rigor diz muito pouco sobre as relações de transgênicos com biobalística ou eletroporação, pela frase verbal **através de técnicas** como biobalística, eletroporação e transferência, eles situam melhor essas relações. Ou também, quando o aluno exclui implicações de natureza falsa, ele qualifica melhor os mapas conceituais. Transformações similares foram observadas nos mapas conceituais do restante dos sujeitos pesquisados.

Constatamos, também, um aumento significativo na caracterização (atributos) de transgênicos: “clonagem molecular compreende etapas como isolamento do DNA (gene) e vetores de clonagem” (aluno 46OM3); “enzimas de restrição têm função de cortar DNA em pontos específicos” (aluno 46OM3); “biobalística utilizada principalmente para a transformação de plantas” (aluno 42OM3); “Biobalística implica etapas como: a) aderência do DNA a metal (ouro ou tungstênio); b) utiliza o bombardeador – essas partículas são lançadas no citoplasma, organela ou núcleo; c) O DNA se insere no genoma (transformação estável)” (aluno 42OM3). Ou também: “transformação implica introdução de material exógeno na célula hospedeira” (aluno 10FM3); “tecnologia do DNA recombinante tem como técnica central a clonagem molecular” (aluno 10FM3); “organismos transgênicos não incluem processos naturais como conjugação” (aluno 6FM3). Respostas similares também aparecem nos outros mapas conceituais dos sujeitos pesquisados.

Em relação a integrações e diferenciações, pode-se observar uma diferenciação progressiva nos conceitos de transgênicos e clonagem, o que permite a intersecção xy entre os mesmos – o que conduz à tomada de consciência entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. Essas diferenciações das integrações ocorrem via assimilação recíproca dos subsistemas (clonagem molecular, tecnologia do DNA recombinante, transgênicos, vetor, enzimas de restrição, inserto, transformação) em uma totalidade (biotecnologia moderna). Assim, biotecnologia moderna utiliza a tecnologia de DNA recombinante, que tem como técnica central a clonagem molecular que gera organismos transgênicos. A clonagem molecular envolve: a) a ligação inserto de DNA, originado da clivagem do DNA de interesse, a outra molécula de DNA, chamada de vetor; b) a molécula de DNA recombinante (inserto e

vetor unidos) é introduzida dentro de uma célula hospedeira – esse processo é chamado de transformação; c) a célula hospedeira divide-se várias vezes, formando uma colônia de células – cada célula da colônia possui, pelo menos, uma cópia da molécula recombinante.

Desse modo, na confecção do terceiro mapa conceitual, os sujeitos pesquisados avançam, melhorando a conceituação em extensão e compreensão. Em extensão, porque o aumento no número de implicações e o uso de palavras de ligação que conduzem a quantificações permitem elaborações mais sofisticadas – como, por exemplo, o uso dos quantificadores Todos, Alguns e Nenhum. Em compreensão, porque, ao caracterizarem (atributos de) cada um dos conceitos, os sujeitos passam a coordená-los entre si, em uma totalidade, o que conduz ao encaixamento entre eles. Por exemplo, OGM diferencia-se em transgênicos e mutantes, ou também, transgênicos utilizam técnicas de transformação, que se diferenciam em biobalística, eletroporação e transferência mediada por *Agrobacterium Tumefaciens*. Assim, quando os sujeitos estabelecem comparações (estabelecem diferenças e semelhanças) e negações entre transgênicos e mutantes, ou também entre eletroporação e biobalística, esses passam a ser encaixados em OGM e transformação, respectivamente.

Também pudemos observar uma melhor estruturação nas formulações verbais dos alunos, acerca da discussão sobre os transgênicos e a questão da fome no mundo. O aluno 46OTF chega, inclusive, a fazer uma análise histórica e crítica acerca dos transgênicos e a questão da fome no mundo. Vejamos os exemplos dos alunos, a seguir:

[...] o problema a gente vê na mídia isso o tempo todo, os transgênicos trará mais alimento a população e menos fome no mundo, eu até já pensei assim também, porque essas ideias interessam a grandes empresas que financiam pesquisas sem nenhum comprometimento com o social, só quer lucrar, lucrar e lucrar. No pós-guerra muitas indústrias de material bélico fecharam e para sobreviverem investiram em tecnologia fabricando agrotóxicos e máquinas para essa mesma indústria naquela época pregava que os agrotóxicos resolverá a fome no mundo, assim como os transgênicos resolverá hoje, isso é uma grande mentira. (aluno 46OTF)

[...] o problema da fome é algo mais social pode ter alimento suficiente mas nunca esse problema vai ser resolvido porque depende mais do governo nessas coisas mas eu acho que assim é um fator que não adianta nem comentar porque alguns problemas sociais nunca vão ser resolvidos tipo as classes mais altas sempre vão ser mais altas as classes mais baixas sempre vão ser mais baixas só que eu acho assim a questão da inovação pelo menos esse problema resolveu tipo ela tentou pelo menos aumentar o número de alimentos agora a distribuição não foi alcançada pelo governo portanto essa promessa do fim da fome no mundo não tem sentido tudo bem como diz o autor ao defender os transgênicos. Os transgênicos podem aumentar a produtividade mais isso não tem nada a ver com acabar com a fome no mundo, portanto é mentiroso dizer que essa inovação tecnológica trará mais alimento para população e, portanto menos fome no mundo. (aluno 6FTF3)

Em síntese, nas situações analisadas acima, constatamos um avanço ainda mais significativo em relação às conceituações de clonagem e transgênicos e suas imbricações com a biotecnologia. Esses conceitos diferenciam-se progressivamente, chegando a coordenar-se

em uma totalidade, o que permite uma tomada de consciência, em todos os sujeitos pesquisados, das relações entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. À medida que novas informações (retiradas de fontes científicas) são assimiladas e diferenciadas, o mapa dois evolui em organização e complexidade. Esse processo só é possível via afirmações, o que implica reunião de características (atributos) em uma totalidade, comparações (que envolvem semelhanças e diferenças entre conceitos) e negações, que conduzem às coordenações das implicações sistêmicas em implicações estruturantes, pelas quais os sujeitos conseguem: a) diferenciar ainda mais o conceito de clonagem, ao compreender as técnicas de clonagem terapêutica, clonagem molecular, transferência nuclear etc.; b) coordenar clonagem e transgênicos num contexto biotecnológico, ou seja, na construção do terceiro mapa, para o modelo $(x \sim y) \vee (\sim xy)$, a parte comum xy começa a ter relação com as outras duas – a intersecção xy começa a ser compreendida; c) uma melhor conceituação de transgênicos, chegando a coordenar ativamente os conceitos de OGM, ou seja, chegando a admitir que todos os transgênicos são OGM, mas nem todos OGM são transgênicos, porque existe o grupo dos OGM não transgênicos; e d) coordenar transgênicos num contexto biotecnológico muito maior. Assim, na evolução do mapa dois para o mapa três, estes últimos apresentam cada vez mais encaixes hierárquicos.

Estes casos são suficientes para mostrar os grandes progressos realizados por estes alunos e as lacunas que subsistem. Desse modo, observa-se um campo de representação ainda mais abrangente acerca de clonagem e transgênicos e suas imbricações com a biotecnologia – o que permite a tomada de consciência das relações entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. Por exemplo, os estudantes já são capazes de conceituar clonagem terapêutica, clonagem reprodutiva e transferência nuclear, enfatizando que a clonagem reprodutiva é inviável economicamente, portanto, o principal objetivo da clonagem por transferência nuclear é a produção de animais clonados e transgênicos para estudos nas universidades e a geração de animais que produzam proteínas de interesse comercial, como a ovelha Polly. Também são capazes de conceituar a clonagem molecular, enfatizando que esta é a técnica central da tecnologia do DNA recombinante, responsável pela criação dos organismos transgênicos. Em relação aos transgênicos, já existe uma síntese entre A (transgênicos) e A' (não transgênicos), constituindo o grupo B (dos OGM).

Diante dos dados analisados acima, pudemos constatar que as significações dos alunos estão inseridas em uma totalidade coordenativa, cuja natureza inferencial é inegável; apresentam implicações de 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 aos 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 das relações entre biotecnologia, clonagem e transgênicos.

Em resumo, as diferenciações permitiram que as conceituações acerca de Biotecnologia, Clonagem e Transgênicos fossem agrupadas, a partir das categorias analisadas, em três níveis distintos, conforme se segue:

- a) Nível I: ausência de tomada de consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. Existem regulações e coordenações locais entre biotecnologia e clonagem e biotecnologia e transgênicos. Para o modelo $(x \sim y) \vee (\sim xy)$, a parte comum xy não tem relação com as outras duas, ou seja, não existe intersecção entre clonagem e transgênicos. Aqui, os sujeitos não são capazes de generalizações. Por exemplo, biotecnologia é definida a partir da dissociação da palavra, cuja aplicabilidade volta-se exclusivamente para a agricultura ou para a agricultura e a medicina, mas o único exemplo dado é a insulina humana. Em relação aos transgênicos, estes se restringem a alimentos geneticamente modificados; e clonagem é uma técnica artificial que deu origem à ovelha Dolly. Assim, os conceitos descritos acima estão indiferenciados e as relações entre biotecnologia, clonagem e transgênicos estão incoordenadas.
- b) Nível II: tomada de consciência das relações entre biotecnologia e clonagem e biotecnologia e transgênicos. Existem regulações e coordenações sistêmicas entre biotecnologia e clonagem e biotecnologia e transgênicos. Entretanto, as relações entre clonagem e transgênicos ainda permanecem incoordenadas. Aqui, os sujeitos já são capazes de generalizações. Por exemplo, biotecnologia não é mais definida apenas a partir da dissociação da palavra, ou seja, já existe uma tomada de consciência que perpassa literalmente pela compreensão de que a biotecnologia utiliza organismos vivos ou parte deles, na produção de bens e serviços. Na reflexão sobre essa definição, os sujeitos enquadram um conjunto de atividades biotecnológicas: fermentação, melhoramento animal e vegetal, clonagem com intuito de reprodução assexuada de seres vivos com características desejáveis. Sua visão da aplicabilidade da biotecnologia se amplia, passando a considerar seus

impactos além da agricultura. Já, em relação à clonagem, diferencia-se em natural e induzida artificialmente, sendo que esta última utiliza técnicas como cultura de tecidos, enxertia, bipartições de embriões. Entretanto, para o modelo $(x.\sim y) \vee (\sim xy)$, a parte comum xy não tem relações com as outras duas, ou seja, não existe intersecção entre clonagem e transgênicos.

- c) Nível III: tomada de consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. Existem regulações e coordenações multifatoriais ou pluridimensionais, que permitem a estruturação do pensamento dos sujeitos. Aqui, os sujeitos já são capazes de generalizações. As relações entre clonagem e transgênicos começam a ser coordenadas ativamente, ou seja, além de melhorar a conceituação de transgênico e clonagem, os sujeitos tomam consciência de que a associação das técnicas avançadas de reprodução à transferência de genes tem permitido desenvolver animais quiméricos (portadores de genes estranhos), que podem servir a vários objetivos: produção de proteínas humanas, como a ovelha Polly, clonada e transgênica, que possui o gene F9 humano integrado ao seu genoma, e produz o fator de coagulação IX no leite. Ou, ainda, a criação de cabras clonadas e transgênicas, que produzem em seu leite uma proteína da teia de aranha. Eles também conseguem conceituar clonagem molecular relacionando-a a uma técnica central da engenharia genética, responsável pela criação de transgênicos. Assim, para o modelo $(x.\sim y) \vee (\sim xy)$, a parte comum xy começa a ter relações com as outras duas. No tocante à regulação do Todos, Alguns e Nenhum, em relação às imbricações entre Transgênicos e OGM, os sujeitos já chegam a uma quantificação positiva e negativa, admitindo que todos os transgênicos são OGM, mas que nem todo OGM é transgênico.
- d) Por fim, considerados os critérios de classificação acima descritos, os sujeitos foram distribuídos entre três níveis, em cada momento da pesquisa, como se observa no Quadro 9:

Quadro 9 – Classificação dos 12 sujeitos pesquisados, por nível, na categoria Implicação Significante, em cada momento da pesquisa

	I MOMENTO	II MOMENTO	III MOMENTO
Nível I	Alunos: 4FM1, 5FM1, 6FM1, 9FM1, 10FM1, 13FM1, 25OM1, 31OM1, 33OM1, 39OM1, 42OM1, 46OM1	-	-
Nível II	-	Alunos: 4FM2, 5FM2, 6FM2, 9FM2, 10FM2, 13FM2, 25OM2, 31OM2, 39OM2. 42OM2 e 46OM2	-
Intermediário	-	Aluno: 33OM2	-
Nível III	-	-	Alunos: 10FM3, 13FM3, 42OM3, 46OM3, 4FM3, 6FM3, 9FM3, 25FM3, 31OM3, 33OM3, 39OM3

Fonte: Elaboração do Autor.

8.2.2 Todos, Alguns e Nenhum

Durante a intervenção pedagógica, constatamos que o uso dos quantificadores – Todos, Alguns e Nenhum – começaram a ser utilizados, a partir da construção do segundo mapa conceitual. Por exemplo, quando os sujeitos chegam a generalizações do tipo: a transgenia é uma técnica aplicada a todos os seres vivos graças à universalidade do código genético; a transgenia pode ser aplicada a todos os seres vivos. Ou também, a clonagem natural está presente em todos os reinos. Entretanto, a categoria aqui analisada remete-se à regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, no tocante ao conceito de OGM, segundo a Lei de Biossegurança no Brasil, nº 11.105, de 24 de março de 2005. (BRASIL, 2005) Vejamos as análises a seguir.

Primeiro momento

No tocante à categoria Todos, Alguns e Nenhum, observa-se que os alunos, neste primeiro momento da pesquisa, apresentam dificuldades em admitir que todos os transgênicos são OGM, mas que nem todo OGM é transgênico, ou seja, existem alguns OGM que não são transgênicos. Vejamos as respostas do questionário: “transgênicos são organismos geneticamente modificados” (aluno 9FRQ); “transgênicos são OGM” (aluno 10FRQ); “transgênicos são organismos geneticamente modificados” (aluno 25FRQ). Essas implicações aparecem também nos mapas conceituais: “transgênicos são OGM” (aluno 9FM1, Figura 21 – setas vermelhas); “transgênico é OGM” (aluno 10FM1, Figura 21 – setas vermelhas);

“transgênico são OGM” (aluno 25OM1), “transgênico são OGM” (aluno 31OM1); “transgênico é o mesmo que OGM” (aluno 33OM1). Respostas e implicações similares também aparecem nos restante dos sujeitos pesquisados.

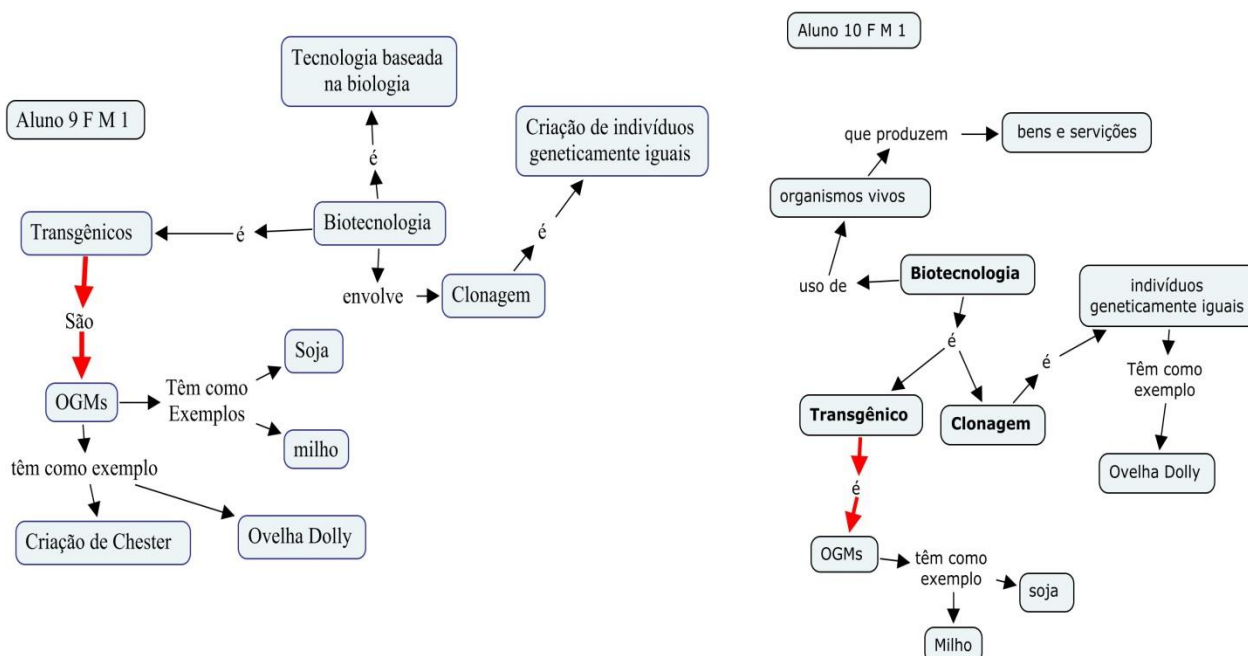


Figura 21 – Mapa conceitual construído no primeiro momento da pesquisa pelos alunos 9FM1 e 10FM1
Fonte: Elaboração dos alunos 9FM1 (aluno nove de fisioterapia mapa um) e 10FM1 (aluno dez de fisioterapia mapa um).

Na resposta do questionário e na confecção dos mapas conceituais, os alunos simplesmente associam transgênicos a OGM. Desse modo, podemos notar que existe uma indiferenciação da classe dos OGM, pois, ao utilizarem as palavras de ligação – **são, é, é o mesmo, é igual, é a mesma coisa que**, fica evidenciado que os organismos geneticamente modificados foram utilizados como sinônimos de transgênico, mostrando que estes conceitos não foram compreendidos. Deste modo, podemos enfatizar que a inclusão hierárquica e a quantificação das extensões no tocante aos OGM não são alcançadas.

Segundo momento

Nesse segundo momento da pesquisa, diante dos seguintes questionamentos: qual a definição de transgênicos? O que são OGM? Existe alguma diferença entre transgênicos e OGM? Observamos que, nas formulações verbais e na confecção dos mapas pelos sujeitos, se constata um início de conceituação de transgênicos, o que implica uma dimensão de generalização. Vejamos alguns exemplos a seguir:

[...] os transgênicos são organismos que na essência possui um gene de outros organismos e isso só é possível pela engenharia genética, um transgênico pode ser qualquer ser vivo micro-organismo, plantas ou vegetais que possui esse gene inserido de outra espécie. No livro de Riechmann ele fala que no início os engenheiros genéticos falavam também em ADN quimérico, devido a quimera que é um monstro mitológico com cabeça de leão, corpo de cabra e cauda de dragão [...] (aluno 9FM1)

[...] os transgênicos foram geneticamente modificados pela engenharia genética então eu acho que se você pega material genético de um gene de uma espécie e insere em outra diferente, temos um transgênico e isso pode ser feito em qualquer ser vivo plantas, micro-organismos e animais assim pode se gerar uma diversidade de produto [...] OGM são aqueles em que o seu patrimônio genético foi manipulado artificialmente pela adição, modificação ou deleção de uma sequência de DNA no seu genoma. Na realidade transgênicos está dentro dos OGM, assim todos são OGM. (aluno 6 FTF)

[...] Aragão define transgênicos como micro-organismos plantas ou animal no qual no genoma foi inserido outro gene de outra espécie [...] eu acho que a biotecnologia moderna é um termo mais abrangente que engloba a engenharia genética que envolve a transgenia, também envolve a cultura de tecidos [...] na realidade eu acho que cada um de nós esta reconhecendo que os transgênicos servem para muita coisa, para fazer calça jeans, para fazer sabão em pó, não é só alimento, eles estão usando para tudo. (aluno 46OTF)

Em todos os mapas conceituais, os sujeitos 9FM2, 10FM2, 13FM2, 42FM2 e 46FM2 já consideram que a transgenia pode ser aplicada a micro-organismos, plantas e animais, o que constitui uma dimensão de generalização, mas apenas os sujeitos 4FM2, 5FM2, 6FM2, 25FM2, 31FM2, 33FM2 e 39FM2 chegam a uma quantificação positiva, ao admitirem que todo os transgênicos são OGM, mas ainda não admitem que nem todo transgênico é um OGM, chegando a uma quantificação negativa. Apesar dos sujeitos admitirem que todos os transgênicos são OGM, porque transgênicos estão inclusos em OGM, eles não conseguem explicar os OGM que não são transgênicos, isso porque não são capazes de coordenações ativas entre os conceitos de transgênicos e OGM.

Também observamos estas implicações nos mapas conceituais, a seguir: “Biotecnologia implica biotecnologia moderna implica Engenharia Genética que envolve manipulação com materiais genéticos (DNA) incluindo transferência de genes resultando em organismos transgênicos que inclui micro-organismos, animais, alimentos e plantas, tais como: algodão, eucaliptos soja, macaco. Transgênicos possuem gene de outro ser vivo e todos são OGM” (aluno 6FM2). Ou também: “Biotecnologia divide-se em Clássica e Moderna. A biotecnologia Moderna engloba Engenharia Genética que é tecnologia do DNA recombinante que permite manipulação do material genético deu origem a transgênicos, que pode ser aplicado a todos os seres vivos como animal, planta e micro-organismos graças à universalidade do código genético. Transgênicos todos são OGM” (aluno 31OM2, Figura 22 – setas vermelhas).

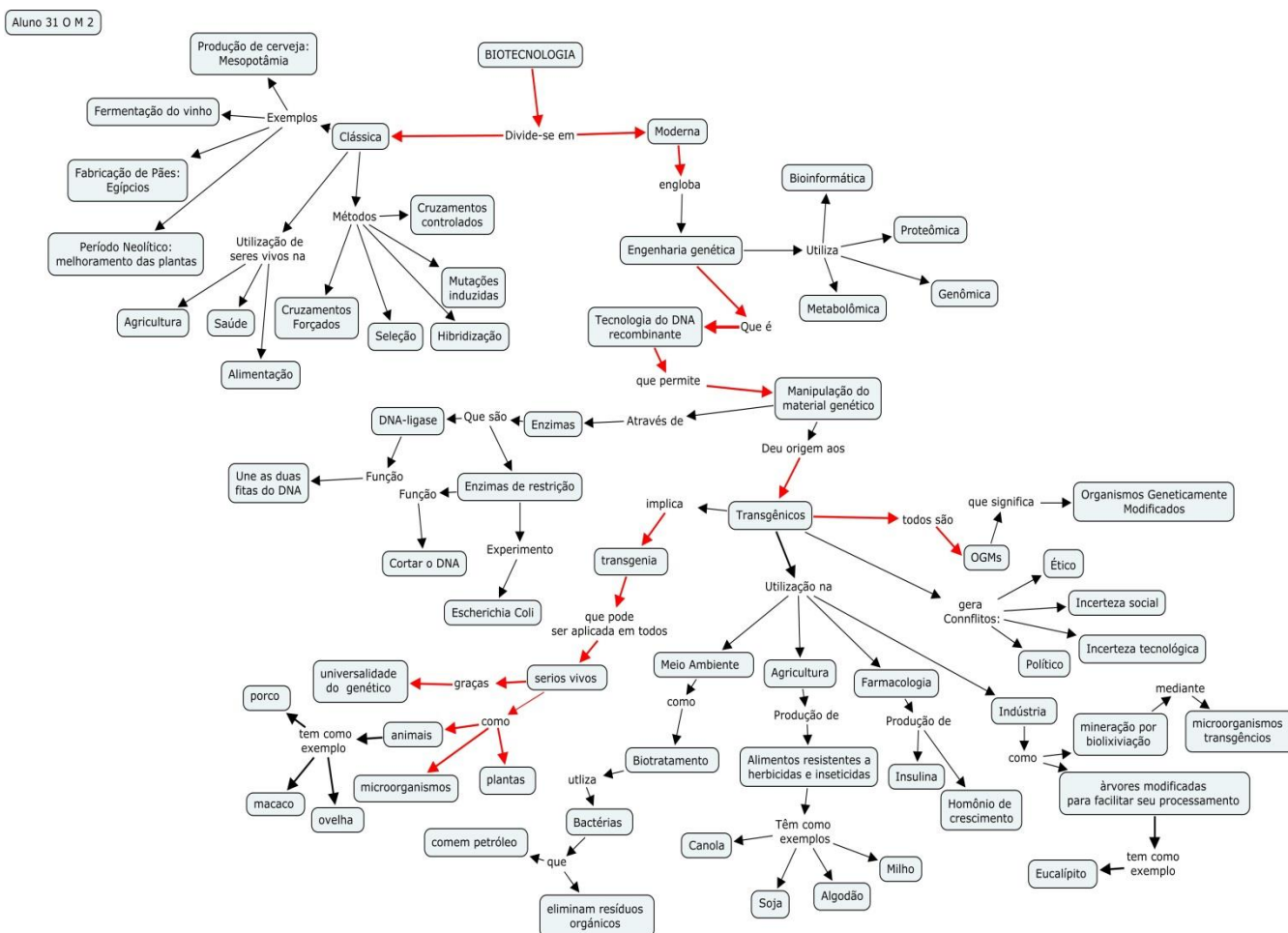


Figura 22 – Recorte de parte do mapa conceitual construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 31OM2

Fonte: Elaboração do aluno 31OM2.

As transformações nos sistemas de relações são percebidas através da inclusão e da exclusão de: a) palavras-chave; b) palavras de ligação (ou frases verbais); c) implicações significantes; d) exemplos; e) atributos; f) integrações e diferenciações.

Em relação às palavras-chave, foram incluídas: universalidade do código genético, micro-organismos, transgenia, animais, OGM, tecnologia do DNA recombinante, engenharia genética, biotecnologia moderna, biotecnologia clássica. Ou há a inclusão de vários atributos de transgênicos: “transgênicos possuem gene de outro ser vivo” (aluno 10FM2); “transgênicos permitem a introdução de genes entre espécies diferentes graças à universalidade do código genético” (aluno 42OM2). Também incluem exemplos, para além de soja, tomate e milho: **eucaliptos, macaco, algodão, canola etc.**

Em relação à Implicação Significante, pode-se observar, nos mapas conceituais, a sua exclusão e inclusão: os sujeitos excluem as implicações: “transgênicos são OGM” (aluno 31OM1); “transgênicos é o mesmo que OGM” (aluno 33OM1), e incluem as implicações:

“transgênicos todos são OGM” (alunos 31OM2 e 33FM2). Desse modo, observa-se um esforço adaptativo, na troca das palavras de ligação ou frases verbais que, na melhor das hipóteses, sugerem relações muito pobres, por outras que ofereçam grandes possibilidades. Assim, a substituição da palavra de ligação (ou frases verbais): **é o mesmo que, são**, por outras como: **todos são**, conduz a uma quantificação positiva das extensões. Transformações similares foram observadas nos mapas dos sujeitos: 4FM2, 5FM2, 6FM2, 25FM2 e 39FM2.

Em relação às integrações e diferenciações, pode-se perceber, nos mapas conceituais de todos os sujeitos, neste segundo momento da pesquisa, uma diferenciação progressiva, referente ao conceito de transgênicos. Essas diferenciações das integrações ocorrem via assimilações recíprocas dos subsistemas (biotecnologia moderna, engenharia genética, tecnologia do DNA recombinante, transgênicos, plantas, micro-organismos e animais) em uma totalidade (biotecnologia). Assim, a biotecnologia divide-se em biotecnologia moderna e biotecnologia clássica. A biotecnologia moderna utiliza a engenharia genética, que também é chamada tecnologia do DNA recombinante, que origina os transgênicos que podem ser micro-organismos, plantas e animais. Os transgênicos todos são OGM.

Desse modo, é possível reconhecer esse progresso, na passagem dos mapas conceituais um e dois, como um longo movimento de transformação e diferenciação, a partir de regulações e coordenações inferenciais, que vêm do simples para o complexo, sem que nem o simples nem o complexo desapareçam, mas, ao contrário, convivem com as formas mais evoluídas – inclusive como parte delas – e se integram a elas, numa totalidade. Trata-se, portanto, de uma circularidade dialética, em forma de espiral, pois ela muda sem cessar os significados, para formas cada vez mais elaboradas e conceituais.

Em síntese, os sujeitos avançam na conceituação de transgênicos, pois estes não mais se restringem a alimentos geneticamente modificados, podendo ser plantas, micro-organismos ou animais que receberam um gene exógeno de outro organismo, ou seja, a transgenia pode ser aplicada a todos os seres vivos, graças à universalidade do código genético. Certamente, essas novas relações construídas permitem também que os sujeitos cheguem a uma quantificação positiva, no tocante aos conceitos de OGM e transgênicos – pois, para alguns sujeitos, todos os transgênicos são OGM, já que estes passam a admitir que os transgênicos estão inclusos no grupo dos OGM, mas ainda não conseguem identificar os OGM que não são transgênicos.

Vale lembrar que na transgenia é possível que a inserção ao acaso de um gene exógeno no genoma venha a anular a função de um gene residente, ou ainda interferir na regulação gênica, aumentando ou diminuindo a expressão de determinado gene. Desse modo,

somente no terceiro momento da pesquisa, quando os sujeitos definem melhor transgênicos e OGM e coordenam ativamente ambos os conceitos (transgênicos e OGM), é que eles chegam a uma quantificação negativa, admitindo que nem todo OGM é um transgênico. Isso só é possível com as generalizações ou abstrações construídas pelas negações. É o que nos mostram explicitamente os alunos no terceiro momento da pesquisa.

Terceiro momento

Neste terceiro momento da pesquisa, durante as discussões, questionou-se o aluno: será que é a mesma coisa? Todo OGM é um transgênico e todo transgênico é um OGM? O que vocês acham? Quais as semelhanças e diferenças entre os transgênicos e os OGM que não são transgênicos? Qual a finalidade da criação de OGM e transgênicos? Obtivemos, nas formulações verbais dos sujeitos, as seguintes respostas:

[...] eu acho que cada um de nós está entendendo que os OGM se originam por engenharia genética, por definição OGM é todo organismo no qual é inserido ou retirado um ou mais genes de forma não natural, para lhe conferir uma ou mais características desejadas, o conceito de OGM é mais amplo e engloba transgênicos [...] Como Paulo falou, eu pesquisei uma lei. A lei federal 11.105 de março de 2005 que diz que a OGM é todo organismo cujo material genético (DNA ou RNA) tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética. Vou ler um trecho dessa lei, que diz que não se inclui na categoria de OGM os organismos que se originaram por processos naturais como conjugação transdução e transformação. (aluno 5FRF)

[...] os organismos transgênicos podem ser plantas animais e micro-organismos. Os Transgênicos todos são OGM, mas nem todos OGM são transgênicos, o termo OGM é mais geral englobam organismos que foram modificados artificialmente por técnicas da engenharia genética que implicam tanto adição, modificação e deleção de uma sequência de DNA no seu genoma. Vou dar um exemplo que eu retirei de uma apresentação na internet sobre a produção de camundongos transgênicos e *knockouts*. Nos camundongos transgênicos ocorre a adição de DNA exógeno através da técnica de microinjeção. Só que a microinjeção aqui é diferente que originou Polly ela é de microinjeção no pronúcleo, ou seja, o DNA é inserido no embrião e em Polly era numa célula somática. Já nos *knockouts*, ocorre por deleção ou modificação dos genes, por isso eles são OGM, mas não são transgênicos. [...] foi o que eu disse professor todo transgênico é um OGM mas nem todo OGM é um transgênico, porque existe OGM como os camundongos *knockouts* que são OGM e não são transgênicos, os transgênicos se originam por transferência de um gene (adição) responsável por determinada característica num organismo para outro organismo, manipulando sua estrutura natural e modificando seu genoma e com isso pode-se criar combinações nunca imaginadas entre animais, plantas e bactérias. (aluno 10FRF)

[...] veja se eu consegui entender se inserirmos um gene num organismo de um espécie, um outro gene de outra espécie com objetivo de melhorar determinada característica daquele organismo, dizemos que criamos um transgênico como por exemplo no milho transgênico, no qual foi introduzido um gene que confere resistência a antibióticos, que foi retirado de uma bactéria. Já quando eu coloco um gene que já pertence a essa mesma espécie, como Marcia falou do tomate *Flavr savr*, que o gene era da mesma

espécie e foi inserido em sentido inverso, temos um OGM e não um transgênico. Neste caso não se efetuou grandes alterações nesse organismo, por isso criamos um OGM, mas não podemos considerá-lo transgênico. O objetivo é o mesmo a criação de organismos com características vantajosas para os seres humanos [...] A principal característica da transgenia é a quebra da barreira sexual entre diferentes espécies, permitindo cruzamentos impossíveis de ocorrerem naturalmente, como entre um milho e um animal, uma bactéria e um ser humano. A inserção de genes exóticos em uma planta, por exemplo, pode resultar em efeitos imprevisíveis em seus processos bioquímicos e metabólicos, por isso a transgenia tem efeitos imprevisíveis. (aluno 33ORF)

Nas formulações verbais acima, observam-se regulações e coordenações do conceito de OGM, que passa a englobar transgênicos e não transgênicos, como, por exemplo, os organismos que se originam por processos de deleção de gene ou modificação da expressão gênica. Essas novas elaborações permitem que os sujeitos cheguem à regulação de **todos** e **alguns**, pois estes passam a admitir que todos os transgênicos são OGM, mas que nem todos os OGM são transgênicos, pois existe o grupo dos não transgênicos. Eles também admitem que os OGM sejam organismos modificados pela técnica de engenharia genética, portanto, produtos da biotecnologia moderna. Esses encaixes (OGM = transgênicos + não transgênicos) só são possíveis graças a afirmações, tais como: “os OGM se originam por engenharia genética, por definição OGM é todo organismo no qual é inserido ou retirado um ou mais genes de forma não natural, para lhe conferir uma ou mais características desejadas” (aluno 5 FRF). Ou também: “A lei federal 11.105 de março de 2005 que diz que OGM é todo organismo cujo material genético (DNA ou RNA) tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética”. (aluno 5FRF)

Podemos observar, ainda, comparações e negações, por exemplo, quando os sujeitos indagam: “quando eu coloco um gene que já pertence a essa mesma espécie, como Marcia falou do tomate *Flavr savr*, que o gene era da mesma espécie e foi inserido em sentido inverso, temos um OGM e não um transgênico”. (aluno 33ORF) Ou também: “foi o que eu disse professor, todo transgênico é um OGM, mas nem todo OGM é um transgênico, porque existe OGM como os camundongos *knockouts* que não são transgênicos, os transgênicos se originam por transferência de um gene (adição) responsável por determinada característica num organismo para outro organismo”. (aluno 10FRF)

Na confecção dos mapas conceituais, observamos que todos os sujeitos pesquisados conseguiram regular **todos** e **alguns**, em função da compreensão dos termos a quantificar. Vejamos algumas implicações: “Biotecnologia inclui clonagem que compreende clonagem molecular que gera Organismos transgênicos onde todos são OGM mas nem todos OGM são organismos transgênicos. A clonagem molecular é a técnica central da tecnologia do DNA recombinante é o mesmo que engenharia genética que implica biotecnologia moderna” (aluno

4FM3); “Biotecnologia é dividida em Biotecnologia clássica e Biotecnologia moderna implica clonagem. Biotecnologia envolve Engenharia genética que envolve recombinação gênica gerando transgênicos. Clonagem pode ser clonagem molecular que implica isolamentos de genes (inserto) e vetores de clonagem (plasmídeos). A união permite formar DNA recombinante (inserto + plasmídeo), essa técnica forma os transgênicos onde todos são OGM mas nem todos OGM são organismos transgênicos. OGM não inclui processos naturais”. (39OM3, Figura 23 – setas vermelhas)

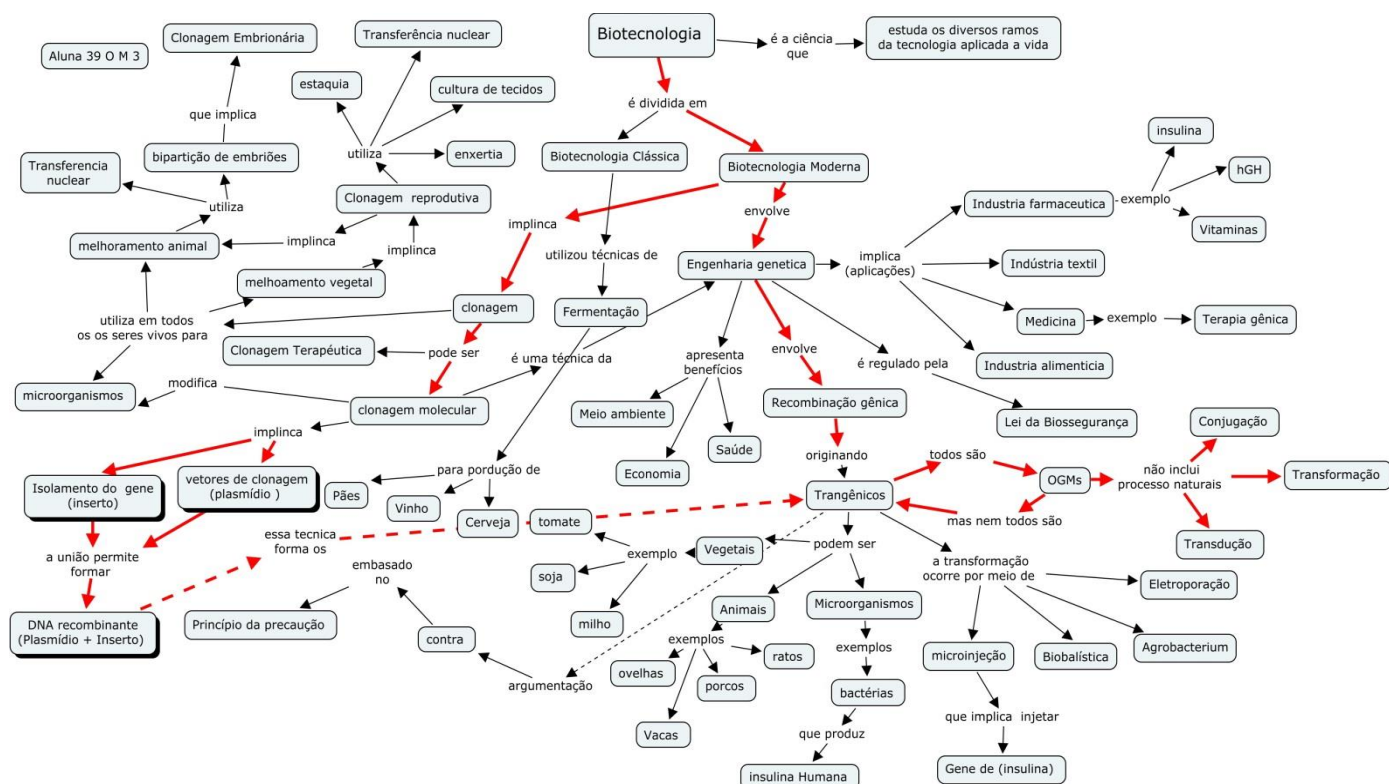


Figura 23 – Recorte de parte do mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa pelo aluno 39OM3

Fonte: Elaboração do aluno 39OM3 (aluno trinta e nove de odontologia mapa três).

Entretanto, nos mapas conceituais, apenas os estudantes 4FM3, 5FM3, 6FM3, 9FM3, 25FM3, 31FM3, 33FM3 e 39FM3 avançaram mais além de **todos** e **alguns**, chegando à elaboração do **nenhum**, ou seja, eles admitem que os organismos que se originam por processos naturais (conjugação, transdução, transformação) não são considerados OGM. Vejamos exemplos destas implicações: “Organismos transgênicos todos são OGM. OGM nem todos são transgênicos. OGM não inclui processos naturais tais como transdução, conjugação e transformação” (aluno 4FM3); “Transgênicos são todos OGM. OGM mas nem todos são transgênicos. OGM inclui mutantes que não são transgênicos e se originam por

mutagênese. OGM não inclui processos naturais como transformação e conjugação, que é troca de plasmídeo entre bactérias”.(aluno 9FM3)

Observamos também transformações no sistema de relações, quando comparamos os mapas conceituais dois e três dos sujeitos pesquisados. Essas modificações são percebidas através da inclusão e/ou da exclusão de: a) palavras-chave; b) palavras de ligação (ou frases verbais); c) implicações significantes; d) exemplos; e) atributos; f) integrações e diferenciações.

Em relação às palavras-chave, os estudantes incluem os seguintes conceitos: clonagem molecular, plasmídeo, inserto, vetores, enzimas de restrição, eletroporação, microinjeção, conjugação, transdução, transformação, agentes mutagênicos, mutantes, adição, modificação, deleção etc. Essas novas elaborações permitem também a inclusão de exemplos de OGM, como: “OGM têm como exemplo o tomate *Flavr savr*” (aluno 33OM3); “OGM têm como exemplo camundongo *knockout* (nocaute)”.

Em relação à Implicação Significante, pode-se observar, nos mapas conceituais, a sua exclusão e inclusão. Os sujeitos incluem: “OGM mas nem todos são transgênicos” (13FM3); “OGM alguns são Transgênicos” (42OM3), “OGM não inclui processos naturais tais como transdução, conjugação e transformação” (aluno 9FM3); “OGM tem como exemplo tomate *Flavr savr*” (aluno 33OM3). Ou também excluem: “Transgênico envolve deleção de genes” (aluno 42OM3); “transgênicos têm como exemplo tomate *Flavr savr*” (aluno 33OM3) “transgênicos têm como exemplo o camundongo *knockout* (nocaute)” (aluno 46OM3). Desse modo, observa-se um esforço adaptativo na troca das palavras de ligação ou frases verbais, que, na melhor das hipóteses, sugerem relações muito pobres, por outras que ofereçam grandes possibilidades. Assim, a inclusão de palavras de ligação (ou frases verbais) – **todos são, mas nem todos são, alguns** – conduzem à quantificação das extensões (positivas e negativas). Transformações similares foram observadas nos mapas de todos os sujeitos pesquisados.

Constatamos, também, um aumento significativo na caracterização (atributos) dos transgênicos e OGM (não transgênicos), o que certamente contribui para a diferenciação da classe dos OGM. Por exemplo, “transgênicos é gerado através da transgenia. Transgenia é a incorporação de genes de outra espécie” (aluno 42OM2); “organismo transgênico possui gene de outro ser vivo” (aluno 6FM2); “transgênicos são seres que contêm gene de outro organismo” (aluno 25OM2); “transgênicos têm como característica adição de gene (aluno 4FM2). Ou também: “OGM pode ser por deleção, modificação e adição. A adição de um gene exógeno gera os transgênicos” (aluno 33OM3).

Em relação às integrações e diferenciações, pode-se perceber, nos mapas conceituais de todos os sujeitos, neste segundo momento da pesquisa, uma diferenciação progressiva, referente ao conceito de transgênicos. Essas diferenciações das integrações ocorrem via assimilações recíprocas dos subsistemas (biotecnologia moderna, engenharia genética, tecnologia do DNA recombinante, OGM, transgênicos) em uma totalidade (biotecnologia). Assim, biotecnologia divide-se em biotecnologia moderna e biotecnologia clássica. A biotecnologia moderna utiliza a engenharia genética, que também é chamada tecnologia do DNA recombinante, que origina os transgênicos, onde todos são OGM, mas nem todo OGM é transgênico.

Em síntese, é possível reconhecer o progresso do mapa conceitual dois para o três, como um longo movimento de transformação e diferenciação, a partir de regulações e coordenações estruturais, que conduzem a uma melhor organização do pensamento dos sujeitos. A verdadeira novidade, neste terceiro momento da pesquisa, é a regulação de **Todos, Alguns e Nenhum**, no tocante aos OGM. Assim, nos mapas conceituais dos sujeitos (4FM3, 5FM3, 6FM3, 9FM3, 10FM3, 13FM3, 25OM3, 31OM3, 33OM3, 39OM3, 42OM3 e 46OM3), eles chegam a uma quantificação positiva e negativa – pois já admitem que todos os transgênicos são OGM, mas nem todo OGM é um transgênico. Entretanto, apenas os estudantes 4FM3, 5FM3, 6FM3, 9FM3, 25FM3, 31FM3, 33FM3 e 39FM3 avançam mais além de **todos** e **alguns**, chegando à elaboração do **nenhum**, ou seja, eles admitem que os organismos que se originam por processos naturais (conjugação, transdução, transformação) não são considerados OGM.

Assim, ao admitirem a existência de OGM que não são transgênicos, constituindo, assim, a classe dos não transgênicos (A'), diferenciada da classe dos transgênicos (A), há uma inclusão destes na classe dos OGM (B), que são $A + A' = B$. Desse modo, a regulação de todos e alguns, exigida pelo esquema de inclusão, tem como base uma operação direta ($A + A' = B$) e uma operação inversa ($B - A = A'$). Uma vez diferenciados, no grupo dos OGM, os subgrupos dos transgênicos e dos OGM não transgênicos, os alunos também chegam a admitir o **nenhum**, ou seja, aqueles organismos que sofreram modificações por processos naturais (conjugação, transformação e transdução) e, por isso, não são considerados OGM. Assim, o aluno melhora a conceituação, em extensão e compreensão, pois as novas conceituações nascentes são originadas da abstração reflexionante, que conduz da Implicação Significante à inclusão, e que procede por construções essencialmente novas do sujeito e resultam da “reflexão” reorganizadora, tornada necessária pelo reflexionamento dos dados já adquiridos

no patamar inferior, e que se tratam de reconstruir em novos termos, próprios ao patamar superior.

Desse modo, essas transformações ocorridas no sistema de relações dos mapas conceituais, construídos no terceiro momento da pesquisa e apoiados pelas formulações verbais, permitem imbricações cada vez mais amplas e melhor hierarquizadas. Tratam-se, portanto, de implicações entre enunciados, onde: a) a afirmação de uma classe implica reunião de semelhanças em um todo A – como, por exemplo, o aumento no número de implicações que caracterizam (atributos de) um conceito (transgênicos). Mas, por outra parte, b) a reunião implica oposições ou diferenciações (por exemplo A se opõe a A') – se A é transgênicos, A' é não transgênicos, as diferenças entre as duas constitui a oposição; c) a reunião de classes opostas engendra uma classe de categoria superior: $(A.A') \rightarrow B$; d) de onde $B \rightarrow (A \vee A')$, se A = transgênico, e A' = não transgênicos, B = OGM; e) a relação implica correspondências e diferenças conjuntas entre *n* conceitos; f) as diferenças implicam correspondências parciais, por exemplo, dois subconceitos (transgênicos e não transgênicos), de um conceito maior (OGM), ainda são dois conceitos; e g) as semelhanças implicam diversos graus, crescentes até um limite, que é a identidade pura.

Em resumo, as diferenciações permitiram que as relações entre Todos, Alguns e Nenhum fossem agrupadas a partir da categoria analisada, em três níveis distintos, conforme segue:

No nível I – no tocante à regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, o sujeito não chega à quantificação das extensões – admitindo, por exemplo, que todos os transgênicos são OGM, mas que nem todo OGM é um transgênico;

No nível II A – no tocante à regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, em relação às imbricações entre Transgênicos e OGM, os sujeitos já consideram que os transgênicos podem ser micro-organismos, plantas ou animais, o que implica numa dimensão de generalização;

No nível II B – há sujeitos que também chegam a admitir que todos os transgênicos são OGM, mas ainda não admitem que nem todo OGM é um transgênico;

No nível III A – no tocante à regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, em relação às imbricações entre Transgênicos e OGM, os sujeitos já chegam a uma quantificação positiva e negativa, admitindo que todos os transgênicos são OGM, mas que nem todo OGM é transgênico;

No nível III B – além de admitir Todos e Alguns, também reconhecem os organismos que não são OGM, como aqueles que se originam por processos naturais, tais como: conjugação, transdução e transformação.

Por fim, considerados os critérios de classificação acima descritos, os sujeitos foram distribuídos por três níveis, em cada momento da pesquisa, como se observa no Quadro 10:

Quadro 10 – Classificação dos 12 sujeitos pesquisados, por nível, na categoria Todos, Alguns e Nenhum, em cada momento da pesquisa

	I MOMENTO	II MOMENTO	III MOMENTO
Nível I A	Alunos: 4FM1, 5FM1, 6FM1, 9FM1, 10FM1, 13FM1, 25OM1, 31OM1, 33OM1, 39OM1, 42OM1, 46OM1	-	-
Nível IIA	-	Alunos: 9FM2, 10FM2, 13FM2, 42OM2 e 46OM2	-
Nível IIB	-	Alunos: 4FM2, 5FM2, 6FM2, 25OM2, 31OM2, 33OM2 e 39OM2.	-
Nível III A	-	-	Alunos: 10FM3, 13FM3, 42OM3, 46OM3
Nível IIIB	-	-	Alunos: 4FM3, 5FM3, 6FM3, 9FM3, 25FM3, 31OM3, 33OM3, 39OM3

Fonte: Elaboração do Autor.

Devemos ressaltar que a passagem de um nível de conceituação menos elaborado para outro mais elaborado deriva de dois movimentos complementares: um de 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, pois, na medida em que o autor da referida tese demonstra as etapas que conduzem a níveis mais complexos de conceituação, estamos fornecendo subsídios para que o professor os 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 se constituindo naqueles que seriam adequados e necessários.

Assim, a análise dos erros e resistências dos sujeitos sobre o conceito de biotecnologia, bem como sua exploração didática podem ser um caminho para essa superação. Por exemplo, observamos que, em algumas situações, durante as discussões de grupo, alguns sujeitos se colocavam contra as ideias nascentes, o que representa uma resistência, e geravam obstáculos referentes à construção dos conceitos científicos. Vejamos uma destas passagens, a seguir, acerca da discussão da insulina animal *versus* insulina transgênica.

[...] pela minha fonte a insulina transgênica veio causando mais mal do que a insulina proveniente do animal e que esses resultados constatados aqui foram com apenas treze meses de uso então no caso com apenas um ano e um mês essas pessoas já tiveram esses efeitos colaterais porque a insulina era usada há tanto tempo e esses efeitos continuam. Por que essas informações não são publicadas? Porque tem algo que tem que impedir que essas informações venham à tona, mas agora a gente pode ver que essa insulina transgênica não é tão boa como eles estão propagando. (aluno 4FTF) **Professor: será realmente que a insulina humana (transgênica) é mais prejudicial que a insulina animal? Se pensarmos em termos de compatibilidade, o que seria mais compatível para um organismo humano ele receber a insulina humana, que é um produto da mesma espécie ou receber a insulina suína ou bovina, que é um produto de espécie diferente?**

[...] bem o bom é não estar doente, porque por mais que se injete a insulina (animal ou humana), sempre haverá resistências e alergias, mas certamente pelo que eu pesquisei, houve uma grande redução na incidência de resistências e de relações alérgicas à insulina com a descoberta da insulina transgênica humana, isso porque certamente ela é mais compatível do que a insulina animal. (aluno 33OTF)

[...] só que você está se esquecendo de um detalhe não é só a insulina humana, ela é transgênica, sabe-se lá os efeitos deste processo para fabricação da insulina, por isso eu acredito que ela cause mais mal do que a insulina proveniente do animal [...] se o transgênico é tão bom assim como vocês dizem você não acha que deveriam ter mais pesquisas e não uma liberação irresponsável e o uso por parte das pessoas como já esta ocorrendo? (aluno 4FTF) **Professor: você realmente acha que um produto transgênico é liberado assim, sem que haja uma regulamentação?**

[...] na verdade não é nada liberado por acaso existe a CTNBio que é uma comissão que é responsável pela liberação dos transgênicos e nenhum transgênico é liberado sem experimentos – criou hoje e amanhã já está no mercado – não é desse jeito, então há o risco é claro nunca chegaremos ao risco zero, mas os transgênicos não estão chegando no mercado ou sendo utilizados nas pessoas por acaso, há sim uma regulamentação dos transgênicos e a CTNBio é o órgão responsável [...] no caso dessa comissão falando sobre a legislação brasileira que diz que a lei de biossegurança onze mil e cento e cinco de dois mil e cinco [11.1005/2005] exige que qualquer OGM passe pela avaliação criteriosa da comissão técnica nacional de biossegurança [...]. (aluno 6FTF)

[...] é engraçado ter tanta segurança assim quando na verdade eles liberam produtos proibidos em outros países. O que vocês têm a dizer sobre isso? O outro país faz sua pesquisa vendo que não é tão assim e aqui no Brasil acaba sendo liberado pela CTNBio. (aluno 4FTF)

Podemos constatar que, nas formulações verbais descritas acima, o sujeito 4FTF apresenta uma concepção, calcada em inferências falsas, de que a insulina transgênica (humana) é muito mais prejudicial do que a insulina animal (bovina ou suína). Assim, por mais que se questione e argumente, de forma lógica, a favor da insulina transgênica, o aluno não muda o seu ponto de vista, o que representa uma resistência à aceitação da insulina transgênica como um avanço em relação à insulina animal. Essas noções certamente estão calcadas em informações midiáticas distorcidas e erradas. Neste sentido, chamamos a atenção para a importância de acompanhar o pensamento dos sujeitos, com intervenções sistemáticas, elaborando sempre novos questionamentos, a partir de suas respostas, e avaliando a qualidade, abrangência e consistência destas, para que os erros e resistências sejam superados.

Dito de outra forma, o professor precisa refletir acerca de sua práxis pedagógica, criando mecanismos pedagógicos que possam superar os erros e resistências – através de um

trabalho pedagógico consciente. Mas, para que isso ocorra, é necessário conhecer o objeto de estudo e os conceitos de sua área de conhecimento. Assim, a formação continuada dos professores, ao longo da vida, é uma necessidade nas sociedades modernas, pois os saberes e as competências adquiridas na formação inicial se tornam rapidamente obsoletos, como afirma o relatório da Unesco. (DELORS et al., 2006)

Finalizando, gostaríamos de chamar a atenção para a circularidade dialética deste trabalho. A construção e a discursão dos mapas conceituais permitem a tomada de consciência dos sujeitos e dos pesquisadores, que procuram criar novas estratégias (como a escolha de textos) que permitam transformações nos significados dos sujeitos acerca da temática biotecnologia. Por outro lado, as discussões dos textos selecionados permitem novas formulações verbais, que fornecem novos elementos (atributos, palavras-chave, palavras de ligação etc.) para as inferências, o que torna possíveis as transformações nos sistemas de relações dos mapas conceituais. Assim, nos níveis dois e três, descritos acima, pudemos constatar os grandes progressos realizados e as lacunas que subsistem, pois, mesmo nos mapas construídos no segundo e terceiro momentos da pesquisa, encontramos implicações que permanecem locais, sistêmicas e também estruturantes.

Esses avanços, por outro lado, decorrem de um longo movimento de transformação e diferenciação, a partir de regulações e coordenações inferenciais, que vêm do simples para o complexo, sem que o simples e o complexo desapareçam, mas ao contrário, continuem convivendo com as formas mais evoluídas – inclusive como parte delas – e se integrem a elas, numa totalidade. Trata-se, portanto, de uma circularidade dialética, em forma de espiral, pois ela muda, sem cessar, os significados, para formas cada vez mais elaboradas e conceituais.

Dito de outra forma, as transformações e diferenciações nos sistemas de relações se devem ao alargamento das formas e dos conteúdos, sob o efeito dos processos dialéticos, um ascendente (de composição) e o outro descendente. Para a composição ascendente, a afirmação de uma classe implica a reunião de semelhanças em uma totalidade – como, por exemplo, o aumento no número de implicações que caracterizam (atributos de) um conceito. Por outro lado, a reunião implica comparações (semelhanças e diferenças) e negações, que levam a encaixes fundados sobre as inferências entre significações, o que caracteriza o processo descendente. Ora, essas afirmações, comparações e negações, são juízos que, justificados, multiplicam os possíveis e as relações necessárias.

8.3 FREQUÊNCIA DAS IMPLICAÇÕES SIGNIFICANTES E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS MAPAS CONCEITUAIS NAS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS

Nesta análise, pretendemos responder a dois questionamentos: (a) podemos fazer uma projeção da análise diacrônica, realizada com os 12 sujeitos, nas categorias Implicação Significante e Todos, Alguns e Nenhum, para os 46 sujeitos desta pesquisa? Constatamos que essa projeção é possível, mas, para isso, foi preciso esmiuçar as construções dos mapas conceituais dos sujeitos, nos três momentos da pesquisa, estabelecendo um fio condutor comum a todos eles, sem negar, entretanto, as particularidades de cada um. Neste momento, trazemos também novos exemplos de mapas conceituais de outros sujeitos (que não fizeram parte da análise diacrônica), para embasar essas novas construções.

Nas Tabelas 8, 9 e 10, apresentamos esse detalhamento – de forma simplificada, deixando muitas outras relações de fora. Escolhemos apenas as relações que convergem com a análise diacrônica, anteriormente descrita. Assim, podemos constatar uma evolução das frequências das implicações significantes (relações) ou implicações de implicações (relações de relações) mais relevantes para os sujeitos, nas três versões dos mapas conceituais. O levantamento das frequências baseou-se em dois procedimentos: **(a)** em alguns casos, levantamos a frequência de apenas uma implicação (relação), descrita por diferentes sujeitos, utilizando a predicação de cada um. Por exemplo, no segundo mapa, 100% dos sujeitos estabeleceram a seguinte implicação: Biotecnologia (compreende, divide-se, implica, pode ser etc.) Clássica e Moderna; **(b)** em outros casos, levantamos a frequência de implicações de implicações (relações de relações), e basta que o sujeito estabeleça pelo menos uma relação, para que a sua frequência seja computada. Por exemplo, no segundo mapa, 100% dos sujeitos estabeleceram a seguinte implicação de implicação: Biotecnologia clássica (utiliza, implica, inclui) técnicas tradicionais (tais como, como, temos exemplo) mutagênese induzida, cruzamento (melhoramento animal e vegetal), e hibridação. Assim, se o sujeito estabeleceu a seguinte implicação (como): Biotecnologia clássica utiliza técnicas tradicionais tais como cruzamento (melhoramento animal e vegetal), ele é incluído na frequência. Isso quer dizer que nem todos os sujeitos citaram a hibridação ou a mutação induzida, no segundo mapa, como uma técnica da biotecnologia clássica.

Tabela 8 – Frequência e percentagem da evolução das relações mais significativas sobre o conceito biotecnologia presentes nos mapas conceituais (um, dois e três) dos sujeitos pesquisados

BIOTECNOLOGIA	Mapa 1	Mapa 2	Mapa 3
Implicação Significante (relações) ou implicações de implicações (relações de relações)	(alunos-frequência) %		
Biotecnologia (compreende, divide-se, implica, pode ser etc.) Biotecnologia Clássica	0 – 0%	46-100%	46-100%
Biotecnologia (compreende, divide-se, implica, pode ser etc.) Biotecnologia Moderna	0 - 0%	46-100%	46-100%
Os transgênicos agroalimentação	46-100%	46-100%	46-100%
Biotecnologia (é aplicada, podem ser aplicada, é utilizada) na medicina, têm como exemplos hormônios, antibióticos, interferon, insulina.	03-6,5%	46-100%	46-100%
Biotecnologia Moderna (compreende, inclui, engloba) Engenharia Genética (gera, origina) organismos transgênicos (são aplicados, podem ser aplicados, é utilizado) na medicina, têm como exemplos hormônios, antibióticos, interferon, insulina.	0-0%	46-100%	46-100%
Biotecnologia Moderna (gera, origina) organismos transgênicos (são aplicados, podem ser aplicados, é utilizado) no meio ambiente, tem como exemplos bactérias que comem petróleo, eliminação de resíduos orgânicos e químicos.	0-0%	44-95,7%	44-95,7%
Biotecnologia (é aplicada, podem ser aplicada, é utilizada) no meio ambiente, tem como exemplos bactérias que comem petróleo, eliminação de resíduos orgânicos e químicos.	0-0%	44-95,7%	44-95,7%
Biotecnologia (é aplicada, podem ser aplicada, é utilizada) na indústria, tem como exemplos combustíveis alternativos ao petróleo, árvores modificadas para facilitar o seu processamento pela indústria de papel (com mais celulose e menos lignina)	0-0%	46-100%	46-100%
Biotecnologia Moderna (inclui, engloba, compreende) a engenharia genética (gerando, originando, fazendo surgir) os transgênicos	0-0%	46-100%	46-100%
Biotecnologia Clássica (utiliza, implica, inclui) Técnicas Tradicionais (tais como, como, temos exemplo) Mutagênese Induzida, Cruzamento (melhoramento animal e vegetal), Híbridação.	0-0%	46-100%	46-100%
Biotecnologia Moderna (implica) engenharia genética que (gera) Transgênicos (que não se originam por, que não incluem) mutação induzida	0-0%	46-100%	46-100%

Fonte: Elaboração do Autor.

Em relação ao conceito de biotecnologia, observa-se, no mapa um, que 100% dos sujeitos pesquisados não diferenciam a Biotecnologia em Clássica e Moderna, e consideram que sua aplicabilidade se volta exclusivamente ao setor agroalimentar. Por outro lado, 6,5% cogitam sobre a possibilidade de sua aplicação na medicina, entretanto, o único exemplo citado foi a insulina humana. Já em relação, às versões II e III, dos mapas conceituais, constata-se um avanço significativo, pois 100% conseguem diferenciar a biotecnologia em moderna e clássica, o que implica numa melhor compreensão do seu significado, cuja aplicabilidade não se restringe apenas ao setor agroalimentar ou à produção de insulina humana, mas também se estende a diversos outros setores, tais como: a) a medicina, com hormônios, antibióticos, interferon, insulina (100% dos sujeitos); b) o meio ambiente, a exemplo de bactérias que comem petróleo, da eliminação de resíduos orgânicos e químicos

(95,7% dos sujeitos); c) a indústria, a exemplo de combustíveis alternativos ao petróleo, árvores modificadas para facilitar o seu processamento pela indústria de papel – com mais celulose e menos lignina (100% dos sujeitos) (Tabela 8).

Esses resultados estão alinhados à análise diacrônica, anteriormente realizada, pois, no primeiro momento da pesquisa, observamos uma indiferenciação do conceito de biotecnologia, e, no segundo momento, já existe uma diferenciação, que perpassa por uma tomada de consciência de que a biotecnologia utiliza organismos vivos ou parte deles, na produção de bens e serviços, sendo que os sujeitos enquadram um conjunto de atividades biotecnológicas, e, com isso, ampliam sua compressão acerca da sua aplicabilidade, diferenciando as técnicas tradicionais (Biotecnologia Clássica) das avançadas (Biotecnologia Moderna). Desse modo, 100% dos sujeitos, a partir da segunda versão dos mapas conceituais, já conseguem coordenar biotecnologia moderna, engenharia genética e transgênicos, e também conseguem coordenar biotecnologia clássica, técnicas tradicionais, mutagênese induzida, cruzamento (melhoramento animal e vegetal), hibridação etc. Vejamos, a seguir, exemplos destas diferenciações:

Biotecnologia é dividida em biotecnologia clássica e biotecnologia moderna. A biotecnologia moderna inclui engenharia genética permitiu manipulação no material genético produzindo organismos transgênicos podem ser aplicados na indústria, agroalimentação, medicina e guerra biológica. Na guerra biológica temos a clonagem de genes para produção de toxinas biológicas. Na medicina temos exemplos de antibióticos, vacinas, hormônios, terapia gênica, xenotransplantes. Na agroalimentação temos variedades resistentes a secas, pragas doenças geadas. Na indústria temos exemplos de árvores modificadas (facilitando o processamento), combustíveis alternativos (ao petróleo), mineração por biolixiviação mediante micro-organismos transgênicos. Biotecnologia clássica utiliza técnicas tradicionais como fusão de células, cruzamento forçado, cruzamento controlado, mutação induzida do DNA, hibridação (aluno IFM3, Figura 24 – setas vermelhas).

pesquisa, e ocorrem via assimilações recíprocas dos subsistemas a uma totalidade (clonagem). Assim, os subsistemas, entendidos como conceitos – clonagem natural, clonagem artificial, enxertia, mergulhia, estaquia, bipartições de embriões, cultura de tecidos – presentes no segundo mapa; e no terceiro – biotecnologia, clonagem, clonagem natural, clonagem artificial, enxertia, mergulhia, estaquia, bipartições de embriões, cultura de tecidos, clonagem terapêutica, clonagem reprodutiva, vegetais, animais, transferência nuclear, micropropagação, macropropagação – estão inseridos na totalidade clonagem. Vejamos um exemplo desta construção, em um mesmo sujeito, no segundo e terceiro momentos da pesquisa: “Biotecnologia compreende clonagem pode ser clonagem natural e clonagem artificial. A clonagem artificial implica enxertia, estaquia, cultura de tecidos, mergulhia e bipartições de embriões”. (aluno 8FM2, Figura 25 – setas vermelhas)

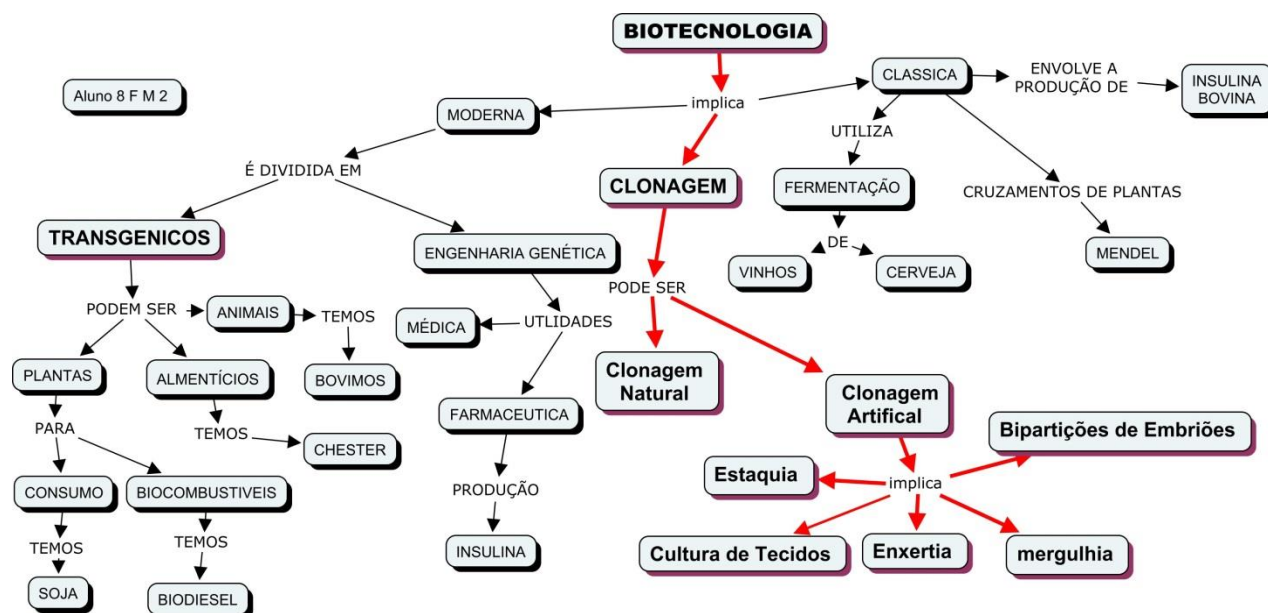


Figura 25 – Recorte de parte do mapa conceitual construído no segundo momento da pesquisa pelo aluno 8FM2
Fonte: Elaboração do aluno 8FM2 (aluno oito de fisioterapia mapa dois)

Biotecnologia implica clonagem pode ser clonagem artificial e clonagem natural. A clonagem artificial compreende clonagem terapêutica e clonagem reprodutiva. A clonagem reprodutiva ocorre em animais e plantas. Em plantas abrange micropropagação utiliza técnicas como estaquia, enxertia e mergulhia. A estaquia causa enraizamento de estacas. A enxertia é a união de tecidos de duas plantas de espécie diferentes envolve o enxerto (garfo) e o porta enxerto (cavalo). Em plantas abrange macropropagação utiliza técnicas como cultura de tecidos. Em animais utiliza técnicas como bipartições de embriões e transferência de núcleo. A clonagem terapêutica envolve CT (células-tronco) pode ser células-tronco embrionárias que são derivadas de embrião e podem ser diferenciadas em neurônios, células cardíacas, células ósseas e é usada no tratamento de doenças e implica discussões. A clonagem natural é sinônimo de reprodução assexuada está presente em alguns animais e plantas. Em animais como em micro-organismos que pode ser por divisão binária, por partenogênese, fragmentação. Em vegetais pode ser por gemulação, multiplicação vegetativa e esporulação. (aluno 8FM3, Figura 26 – ver setas vermelhas)

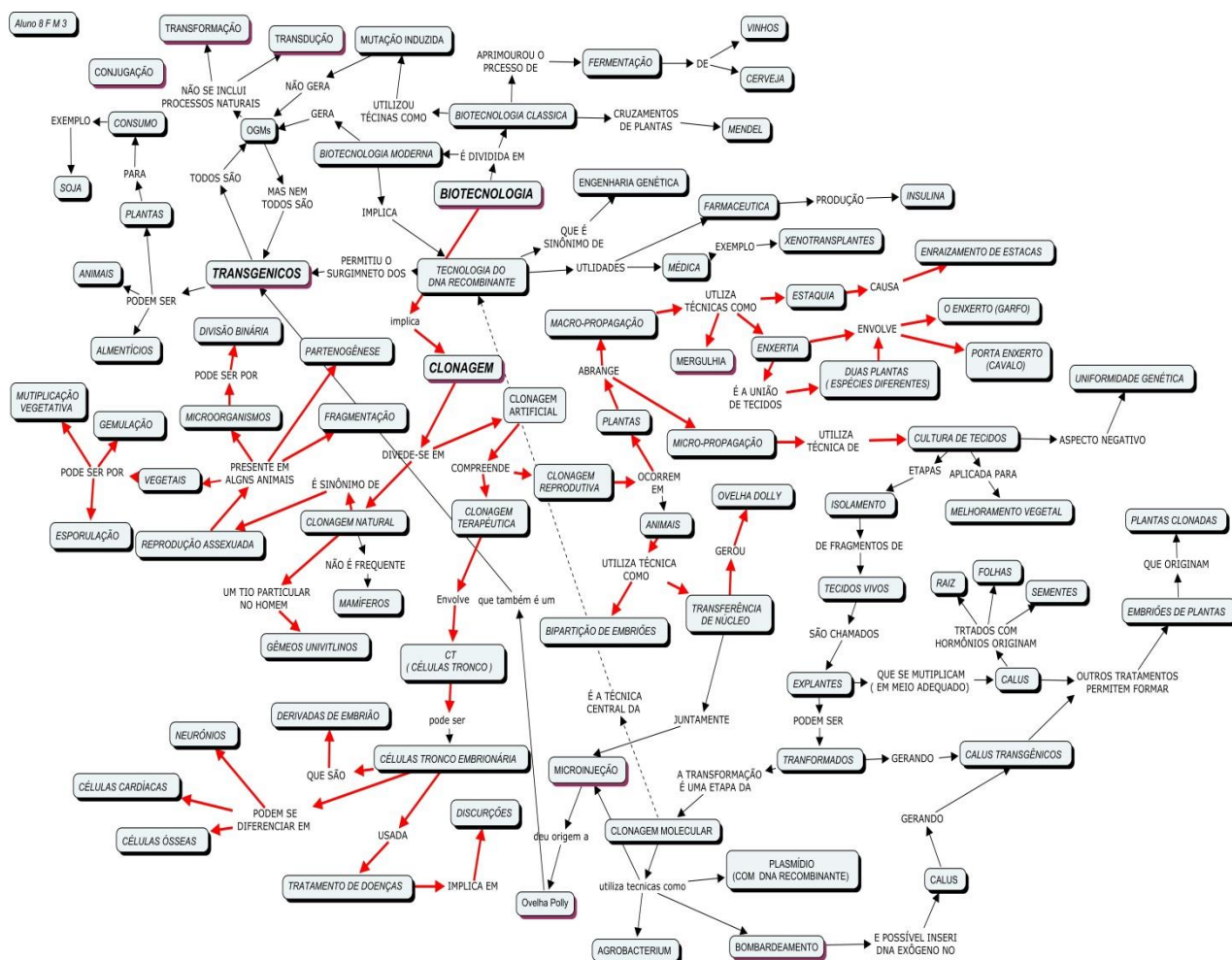


Figura 26 – Recorte de parte do mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa pelo aluno 8FM3
 Fonte: Elaboração do aluno 8FM3 (aluno oito de fisioterapia mapa três).

Esses resultados estão alinhados à análise diacrônica, pois pudemos constatar que a tomada de consciência – sobre o significado de biotecnologia e de suas relações com a clonagem – passa por um início de conceituação dos diferentes tipos de clonagem (bisseção embrionária, cultura de tecidos, enxertia, mergulhia e estaquia). Assim, as conceituações emergem das regulações e coordenações inferenciais, pelas quais as afirmações, comparações (semelhanças e diferenças) e negações entre n conceitos permitem os encaixes, conduzindo a níveis de hierarquização. Assim, se $A = \text{clonagem natural}$, e $A' = \text{clonagem artificial}$, e A se opõe a A' , temos B , que é igual a clonagem, ou seja. $B = A + A'$; a reunião implica oposições e diferenciações.

Uma das grandes diferenças existentes entre os mapas dois e três está no fato de que, no mapa três, os sujeitos tomam consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. Essa tomada de consciência ocorre quando eles começam a coordenar conceitos, tais como: clonagem molecular, ovelha Polly, clonagem terapêutica, clonagem reprodutiva,

microinjeção, transferência nuclear. São exatamente estes conceitos que apresentam uma baixa frequência (apenas em três alunos – 6,5%) ou simplesmente não aparecem (0-0%) no mapa dois, construído no segundo momento da pesquisa. Devemos enfatizar aqui, que mesmo esses três sujeitos: 3FM2, 33OM2 e 43OM2, em cujos mapas conceituais esses conceitos aparecem, na segunda versão, não conseguem coordená-los de modo a tomar consciência da relação entre transgênicos e clonagem, por isso, eles foram colocados em um grupo intermediário, entre os níveis IIB e IIIA, pois, apesar dos avanços, eles ainda não estabelecem relações entre transgênicos e clonagem.

Tabela 9 – Frequência e percentagem da evolução das relações mais significativas sobre o conceito de clonagem presentes nos mapas conceituais (um, dois e três) dos sujeitos pesquisados

CLONAGEM	Mapa 1	Mapa 2	Mapa 3
Implicação Significante ou (implicação de implicação)	aluno- frequência (%)		
Clonagem (divide-se, pode ser, engloba, inclui etc.) artificial/ induzida artificialmente e natural	0-0%	46- 100%	46-100%
Clonagem (é, é uma etc.) técnica artificial que deu origem à ovelha Dolly	46-100%	46-100%	46-100%
Clonagem induzida artificialmente (pode ser, tais como, compreende, implica, através da técnica de etc.) Clonagem Embrionária	0-0%	36- 78,2%	41- 89,1%
Clonagem induzida artificialmente (pode ser, tais como, compreende, implica, através da técnica de etc.) Bipartições de embriões	0-0%	46- 100%	46-100%
Clonagem induzida artificialmente (pode ser, tais como, compreende, implica, através da técnica de etc.) cultura de tecidos	0-0%	46-100%	46-100%
Clonagem induzida artificialmente (pode ser, tais como, compreende, implica, através da técnica de etc.) Enxertia	0-0%	46- 100%	46-100%
Clonagem induzida artificialmente (pode ser, tais como, compreende, implica, através da técnica de etc.) Mergulhia	0-0%	44 -95,7%	46 - 100%
Clonagem induzida artificialmente (pode ser, tais como, compreende, implica, através da técnica de etc.) Estaquia	0-0%	45- 97,8%	46-100%
Clonagem induzida artificialmente (pode ser, tais como, compreende, implica, através da técnica de etc.) Cultura de tecidos	0-0%	46-100%	46-100%
Clonagem induzida artificialmente (pode ser, tais como, compreende, implica, através da técnica de etc.) Clonagem Terapêutica	0-0%	03- 6,5%	46-100%
Clonagem induzida artificialmente (pode ser, tais como, compreende, implica, através da técnica de etc.) Clonagem reprodutiva	0-0%	03-6,5%	46-100%
Microinjeção	0-0%	03-6,5%	46 - 100%
Clonagem induzida artificialmente (pode ser, tais como, compreende, implica, através da técnica de etc.) Transferência nuclear	0-0%	03-6,5%	46-100%
Clonagem reprodutiva em vegetais (pode ser por, compreende, implica, através da técnica de etc.) Micropropagação e Macropropagação	0-0%	0-0%	25- 54,3%
Biotecnologia/Clonagem (pode ser, compreende, implica etc.) Clonagem molecular	0-0%	0-0%	46-100%
Clonagem (é, tem como exemplo, exemplo, como, tais como) ovelha Dolly	35- 76,1%	41-89,1%	44- 95,7%
Clonagem (tem como exemplo, exemplo, como, tais como) ovelha Polly	0-0%	03-6,5%	46-100%
Clonagem (tem como exemplo, exemplo, como, tais como) vaca Vitória	0-0%	0-0%	18- 39,1%
Clonagem (tem como exemplo, exemplo, como, tais como) Animais	0-0%	03-6,5%	44-

biorreatores			95,7%
Clonagem (tem como exemplo, exemplo, como) cabra produtora de proteína de teia de aranha	0-0%	0-0%	19-41,3%

Fonte: Elaboração do Autor.

Em resumo, para ao modelo $(x \sim y) \vee (\sim x. y)$, a parte comum xy ainda não tem relação com as outras duas. Assim, a intersecção xy só será alcançada quando os sujeitos conseguirem coordenar os conceitos – clonagem molecular, ovelha Polly, clonagem reprodutiva, clonagem terapêutica, microinjeção, transferência nuclear –, e, para isso, é necessário afirmações sobre cada um deles, o que implica reunião de semelhanças em uma totalidade, e, por outro lado, a reunião também implica oposições ou diferenciações. Assim, na construção da terceira versão dos mapas conceituais, constatamos que 100% dos sujeitos inserem os conceitos: clonagem molecular, ovelha Polly, clonagem reprodutiva, clonagem terapêutica, microinjeção, transferência nuclear. Além disso, os conceitos de animais biorreatores e cabra (produtora de proteína de teia de aranha) tiveram uma frequência de 95,7% e 41,3%, respectivamente (Tabela 9). Vejamos o exemplo a seguir:

Transgênico origina-se da técnica da engenharia genética que é sinônimo de tecnologia do DNA recombinante tem como técnica central a clonagem molecular envolve etapas tais como transformação que implica introdução de DNA exógeno na célula hospedeira através de técnicas como microinjeção utilizada juntamente com transferência de núcleo produz animais como biorreatores tem como exemplo ovelha Polly e cabra (secreta em seu leite fibroína). Cabra e ovelha Polly que é um transgênico. Clonagem reprodutiva ocorre em animais utiliza das técnicas de bipartições de embriões e transferência de núcleo. Transferência de núcleo produz animais biorreatores. (aluno 10FM3, Figura 27 – ver setas vermelhas e conceitos destacados em vermelho)

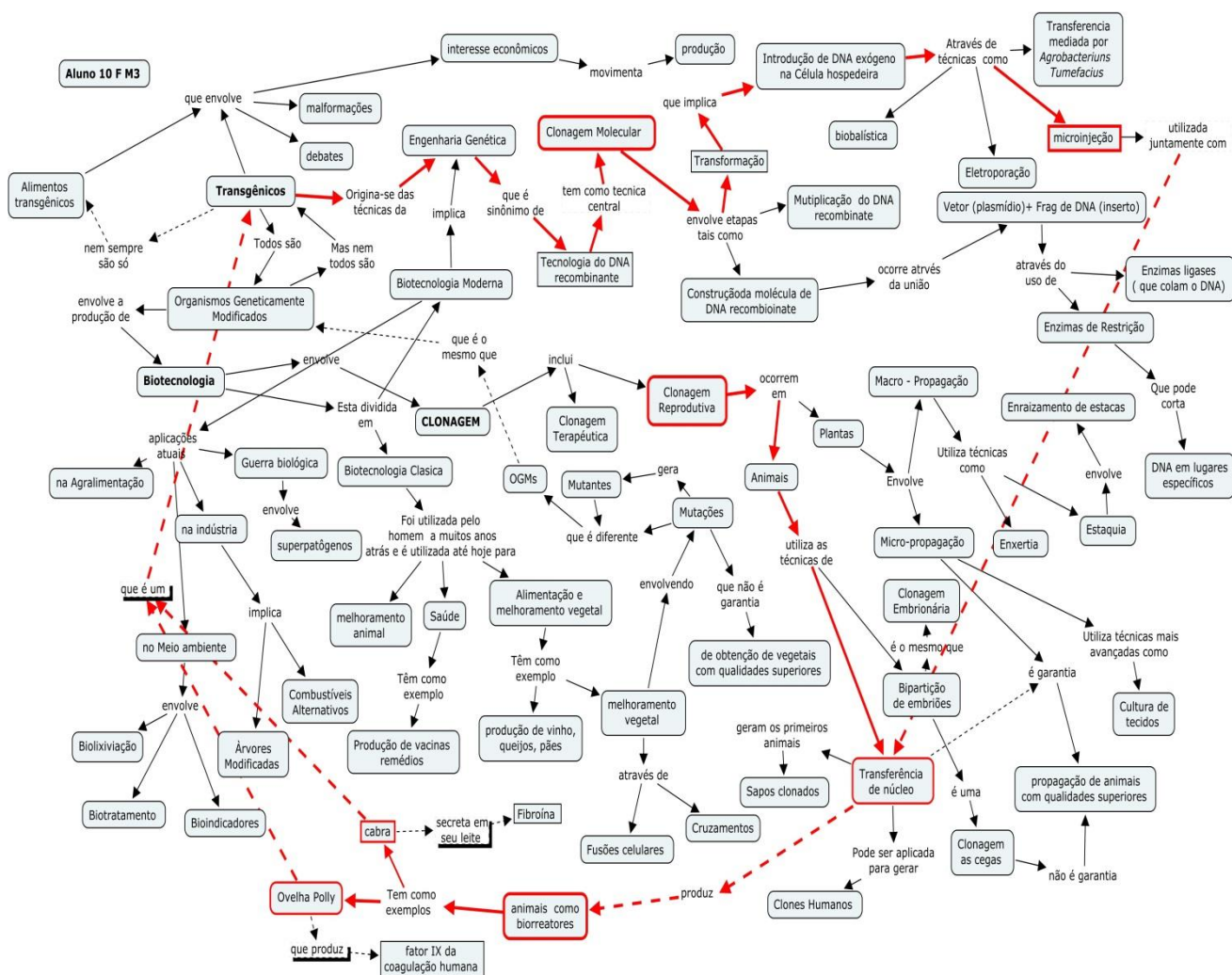


Figura 27 – Recorte de parte do mapa conceitual construído no terceiro momento da pesquisa pelo aluno 10FM3
 Fonte: Elaboração do aluno 10FM3 (aluno dez de fisioterapia mapa três).

Essas regulações e coordenações estruturais estavam presentes em todas as versões dos mapas conceituais construídos no terceiro momento da pesquisa – certamente que cada mapa apresenta um caminho singular, mas todos chegam à intersecção xy, ou seja, os alunos tomam consciência das relações entre transgênicos e clonagem. Assim, para o modelo ($x \sim y$) $V(\sim x, y)$, a parte comum xy começa a ter relação com as outras duas. Por exemplo, a tomada de consciência de que a associação das técnicas avançadas de reprodução com a de transferência de genes, juntamente com a microinjeção, tem permitido desenvolver animais quiméricos (portadores de genes estranhos), que podem servir para a produção de proteínas humanas, a exemplo da ovelha Polly, que possui o fator F9 humano integrado a seu genoma, produzindo o fator de coagulação IX no leite. Ou ainda que a conceituação de clonagem molecular permite a intersecção xy, pois a clonagem molecular é uma das técnicas centrais da tecnologia do DNA recombinante que gera organismos transgênicos.

Em relação ao conceito de transgênicos, observa-se que 100% dos sujeitos, no mapa um, restringem transgênicos a vegetais, alimentos ou sementes geneticamente modificadas, tendo como exemplos: milho, soja e tomate. Apenas 6,5% dos sujeitos observam que os transgênicos vão além de alimentos, podendo ser também animais ou micro-organismos. Entretanto, os únicos exemplos citados são: micro-organismos produtores de insulina humana, ratos, Chester e ovelha Dolly, sendo estes dois últimos exemplos provenientes de inferências falsas. Também constatamos que 100% dos sujeitos consideram transgênicos sinônimos de OGM. São, portanto, formas intuitivas de pensamento, isto é, aquelas nas quais o raciocínio dos alunos caminha do particular ao particular, sem atingir generalizações, mostrando que estes não estão organizados em sistemas de conjunto. Assim, a qualidade e o número de relações antecipadas são limitados, muitas vezes de origem midiática e reprodutores de uma ideologia dominante, não permitindo aos sujeitos regulações e coordenações fundadas sobre razões.

Por outro lado, constatamos, no segundo e terceiro mapas, que 100% dos sujeitos já conseguem generalizar a transgenia como uma técnica que pode ser aplicada a vegetais, animais e micro-organismos. Além disso, 76,1% (segundo mapa) e 100% (terceiro mapa) chegam a elaborações mais sofisticadas, ao admitirem que a transgenia possa ser aplicada a todos os seres vivos, graças à universalidade do código genético. Esses resultados estão alinhados à análise diacrônica, anteriormente realizada.

Tabela 10 – Frequência e percentagem da evolução das relações mais significativas sobre o conceito de transgênico presentes nos mapas conceituais (um, dois e três) dos sujeitos pesquisados

TRASGÊNICO	Mapa 1	Mapa 2	Mapa 3
Implicação Significante ou implicação de implicação	(aluno/frequência %)		
Transgênicos (são, é o mesmo que, é igual etc.) OGM.	46-100%	13-28,3%	0-0%
Transgênicos (pode ser, compreende, são etc.) micro-organismos	03-6,5%	46-100%	46-100%
Transgênicos (pode ser, compreende, são etc.) vegetais/ alimentos, sementes/tem como exemplo: soja, milho, tomate.	46-100%	46-100%	46-100%
Transgênicos (pode ser, compreende, são etc.) animais/tem como exemplo: Chester, ratos.	03- 6,5%	46-100%	46-100%
Transgenia (pode ser aplicada em todos, está presente em todos) seres vivos/ reinos/ graças à universalidade do código genético	0-0%	35 -76,1%	46-100%
Transgênicos (são, podem ser, poder ser aplicados a, inclui) micro-organismos, animal ou vegetais.	0-0%	46-100%	46-100%
Transgênicos todo são OGM.	0 – 0%	35-76,08%	46-100%
OGM nem todos são transgênicos.	0 – 0%	0 – 0%	46-100%
OGM não (são, inclui, implica, engloba, se inclui na categoria etc.) processos naturais como Conjugação, transformação, transdução.	0 – 0%	0 – 0%	40- 87%

Fonte: Elaboração do Autor.

Assim, se quantificarmos o número de Todos, Alguns e Nenhum, nos mapas um e dois e nos mapas dois e três (Tabela 10), em relação aos OGM, e acompanharmos essa evolução, obteremos as frequências por mapa analisado, descritas a seguir. No primeiro mapa conceitual, 100% dos alunos não apresentam a quantificação das extensões. No segundo nível, 71,8% dos alunos atingem uma quantificação positiva, ao admitirem que todos os transgênicos são OGM, mas ainda não admitem uma quantificação negativa. Já no terceiro nível, 100% dos alunos atingem quantificações positivas e negativas. Entretanto, 87% dos sujeitos chegam a elaborar o **nenhum**, ao admitirem que processos naturais, como conjugação, transformação e transdução, não se incluem na categoria de OGM. Assim, quando há compreensão do significado de que OGM podem ser Transgênicos e Não Transgênicos, e se consegue coordenar tal caracterização em uma classe hierárquica, ou seja, a dos OGM, através da regulação de Todos, Alguns e Nenhum, dizemos que os alunos foram capazes de generalizações construtivas.

Em síntese, as relações aqui privilegiadas nos mostram uma evolução, comum a todos os sujeitos pesquisados, que nos permite caracterizar níveis e subníveis de conceituações alinhadas à análise diacrônica realizada anteriormente. Por fim, consideradas as análises complementares (acima), os 46 sujeitos pesquisados foram redistribuídos por três grandes níveis e subníveis, como se observa no Quadro 11:

Quadro 11 – Distribuição dos 46 sujeitos pesquisados, por nível, nas categorias Implicação Significante e Todos, Alguns e Nenhum, em cada momento da pesquisa

NÍVEIS	I MOMENTO	II MOMENTO	III MOMENTO
Nível I A	Alunos: 1FM1, 2FM1, 3FM1, 4FM1, 5FM1, 6FM1, 7FM1, 8FM2, 9FM1, 10FM1, 11FM1, 12FM1, 13FM1, 14FM1, 15FM1, 16FM1, 17FM1, 18FM1, 19FM1, 20FM1, 21FM1, 22FM1, 23FM1, 24OM1, 25OM1, 26OM1, 27OM1, 28OM1, 29OM1, 30OM1, 31OM1, 32OM1, 33OM1, 34OM1, 35OM1, 36OM1, 37OM1, 38OM1, 39OM1, 40OM1, 41OM1, 42OM1, 43OM1, 44OM1, 45OM1, 46OM1.		
Nível IIA	-	Alunos: 2FM2, 8FM2, 9FM2, 10FM2, 12FM2, 13FM2, 15FM2, 30OM2, 36OM2, 39OM2, 41OM2, 42OM2 e 46OM2.	
Nível IIB	-	Alunos: 1FM2, 4FM2, 5FM2, 6FM2, 7FM2, , 11FM2, 14FM2, 16FM2, 17FM2, 18FM2, 19FM2, 20FM2, 21FM2, 22FM2, 23FM2, 24OM2 25OM2, 26OM2, 27OM2, 28OM2, 29OM2, 31OM2, 32OM2, 34OM2,	

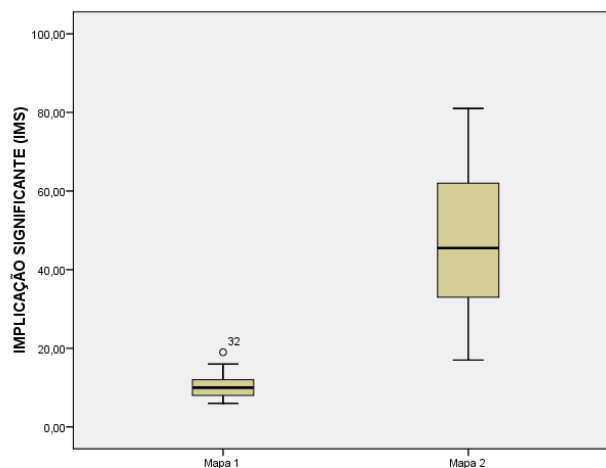
		35OM2, 37OM2, 38OM2, 40OM2, 44OM2 e 45OM2.	
Intermediário		Alunos: 3FM2, 33OM2, 43OM2	
Nível III A	-		Alunos: 10FM3, 13FM3, 18FM3, 19FM3, 42OM3, 46OM3
Nível IIIB	-		Alunos: 1FM3, 2FM3, 3FM3, 4FM3, 5FM3, 6FM3, 7FM3, 8FM3, 9FM3, 11FM3, 12FM3, 14FM3, 15FM3, 16FM3, 17FM3, 20FM3, 21FM3, 22FM3, 23FM3, 24OM3, 25OM3, 26OM3, 27OM3, 28OM3, 29OM3, 30OM3, 31OM3, 32OM3, 33OM3, 34OM3, 35OM3, 36OM3, 37OM3, 38OM3, 39OM3, 40OM3, 41OM3, 43OM3, 44OM3, 45OM3

Fonte: Elaboração do Autor.

Por outro lado, procedemos também a uma análise estatística dos mapas conceituais, com o objetivo de responder a um dos questionamentos desta tese: (b) qual o tamanho do efeito padronizado (TEP), a partir da média das diferenças das categorias e subcategorias comparadas, em diferentes mapas (mapas um e dois e mapas dois e três) construídos por alunos acerca dos conhecimentos em Biotecnologia? Esta análise estatística parte de uma fundamentação teórica das práticas baseadas na epistemologia clínica e em evidências – que dizem que os dados não devem ser computados apenas por significância, mas devem também ser interpretados pela magnitude de seus resultados. (HAYNES, et al., 2008) Assim, para responder a esse questionamento, comparamos a evolução das categorias e subcategorias presentes nos mapas conceituais.

Desse modo, quando comparamos os mapas um e dois, e calculamos o Tamanho de Efeito Padronizado (TEP), na categoria Implicação Significante (TEP, 3,27, 95% de intervalo de confiança [IC], 2,62 a 3,86) obtivemos um efeito bastante significativo. Esse efeito também foi observado nas subcategorias: Palavras-chave (TEP, 3,19, 95% intervalo de confiança [IC], 2,55 a 3,78); Palavras de Ligação (TEP, 3,11, 95% intervalo de confiança [IC], 2,48 a 3,69), e Atributos (TEP, 2,78, 95% intervalo de confiança [IC], 2,18 a 3,32). (Tabela 3). O Gráfico 2, a seguir, mostra essa evolução no número de relações presentes na categoria Implicação Significante.

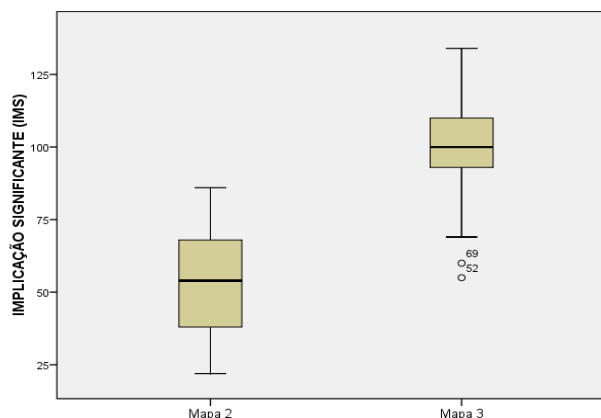
Gráfico 2 – Comparação do número de relações (Implicações Significantes) presentes nos mapas (um e dois) construídos nos momentos um e dois da pesquisa



Fonte: Elaboração do Autor.

Por outro lado, quando comparamos o mapa dois ao mapa três, em relação ao Tamanho e Efeito Padronizado (TEP), para as categorias Implicação Significante (TEP, 2,80; 95% intervalo de confiança [IC], 2,21 a 3,36 e Todos, Alguns e Nenhum (TEP, 5,18; 95% intervalo de confiança [IC], 4,33 a 6,04), obtivemos um efeito bastante significativo. Esse efeito significativo também foi observado nas subcategorias: Implicação Significante Incluída (TEP 1,09; 95% intervalo de confiança [IC], 0,64 a 1,52), Implicação Significante Excluída (TEP 1,44; 95% intervalo de confiança [IC], 0,97 a 1,89), Palavras-Chave (TEP, 2,69; 95% intervalo de confiança [IC], 2,10 a 3,23), Palavras-Chave Incluídas (TEP, 0,88, 95% intervalo de confiança [IC] 0,44 a 1,30) Palavras-Chave Excluídas (TEP, 1,57, 95% intervalo de confiança [IC], 1,09 a 2,03), Atributos (TEP, 2,79, 95% intervalo de confiança [IC], 2,20 a 3,34), Integrações e Diferenciações (TEP, 2,51, 95% intervalo de confiança [IC], 1,94 a 3,03) e Exemplos (TEP, 1,20, 95% intervalo de confiança [IC], 0,75 a 1,64), (Tabela 4). Vejamos os gráficos 3 e 4, que mostram essa evolução no número de relações presentes nas categorias Implicação Significante e Todos, Alguns e Nenhum.

Gráfico 3 – Comparação do número de relações (Implicações Significantes) presentes nos mapas (dois e três) construídos nos momentos dois e três da pesquisa



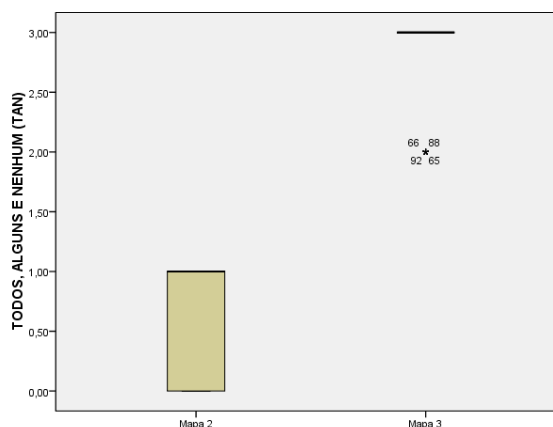
Fonte: Elaboração do Autor.

Nos gráficos 2 e 3 e na categoria Implicação Significante, pode-se constatar que o número de relações cresceram significativamente, quando comparamos os mapas um e dois e, também, os mapas dois e três. Por exemplo, a média das diferenças das Implicações Significantes entre os mapas um e dois foi de 43,48, sendo a média do número de Implicações Significantes no mapa um de 9,67(3,43 – desvio padrão), e no mapa dois de 53,15 (18,49 – desvio padrão) (Tabelas 2 e 3). Já a média das diferenças entre os mapas dois e três é de 49,02, sendo a média do número de Implicações Significantes no mapa dois de 53,15 (18,49 – desvio padrão), e no mapa três de 102, 17 (16,00 – desvio padrão) (Tabelas 2 e 4).

Mas, afinal, o que significam estes resultados? Significam que, nas primeiras versões dos mapas conceituais, o número de implicações significantes (relações) estabelecidas pelos sujeitos foi muito pequeno (variando aproximadamente de quatro a dezoito relações – ver Gráfico 2, mapa um), ou seja, os sujeitos são capazes de regulações e coordenações locais – transgênicos reduzem-se a alimentos geneticamente modificados, tendo como exemplos milho, soja, tomate e a clonagem da ovelha Dolly. Na segunda versão dos mapas conceituais, o número de implicações significantes (relações) aumenta significativamente (variando de aproximadamente dezenove relações a oitenta relações – Gráfico 2, mapa dois), e os sujeitos são capazes de regulações e coordenações sistêmicas, pois eles avançam na conceituação de clonagem e transgênicos, e em suas interconexões com a biotecnologia. No entanto, a intersecção xy ainda não é alcançada, ou seja, há incoordenação entre transgênicos e clonagem. Por outro lado, na versão do terceiro mapa conceitual, o número de relações aumenta ainda mais (variando de setenta e cinco relações a cento e trinta relações – Gráfico 3, mapa três), e os sujeitos são capazes de regulações e coordenações estruturais, tomando

consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos, ou seja, para o modelo $(x \sim y) \vee (\sim x \cdot y)$, a parte comum xy começa a ter relação com as outras duas.

Gráfico 4 – Comparação do número de relações (Todos, Alguns e Nenhum) presentes nos mapas (dois e três) construídos nos momentos dois e três da pesquisa



Fonte: Elaboração do Autor.

Em relação às categorias Todos, Alguns e Nenhum, devemos enfatizar que não foi possível realizar comparações entre os mapas um e dois, já que os sujeitos não pontuaram Todos, Alguns e Nenhum, no primeiro mapa, pois consideravam os transgênicos sinônimos de OGM. Em relação aos mapas dois e três (Gráfico 4), essas comparações já se tornaram possíveis. Assim, a média das diferenças entre os mapas dois e três foi de 1,14, sendo a média do número de Todos no mapa dois de 0,73 (0,42 – desvio padrão), e no mapa três de 1,87 (1,18 – desvio padrão) (Tabelas 2 e 4). Mas afinal o que significam estes resultados? Significam que, nas primeiras versões dos mapas conceituais, os sujeitos não pontuaram Todos, Alguns e Nenhum, pois consideravam os transgênicos sinônimos de OGM. Na segunda versão dos mapas conceituais, 73,8% dos sujeitos passaram a pontuar Todos, considerando que todos os transgênicos são OGM, mais ainda não admitiam o Alguns. Por outro lado, na versão do terceiro mapa, 100% dos sujeitos pontuam Todos e Alguns, e 87% chegam a elaborar o Nenhum.

Em síntese, a análise de frequência nos possibilitou generalizar os resultados para os 46 sujeitos pesquisados. De um lado, a análise estatística nos permitiu traçar o tamanho ou magnitude destas construções, pois, segundo autores canadenses, como David Sackett, Gordam Guett e Richard Haynes (HAYNES et al., 2008), os dados não devem ser computados apenas por significância, mas devem ser interpretados pela magnitude de seus resultados. Esses resultados demonstram que os sujeitos avançam em extensão e

compreensão, via regulações e coordenações locais, sistêmicas e estruturais. Assim, os significados (representação) dos sujeitos evoluem, de (a) uma representação pré-conceitual, com predomínio do pensamento transdutivo, para (b) uma representação conceitual, com a compreensão da totalidade que cada sujeito chegou a construir; e por fim para (c) uma representação científica, com a compreensão e a extensão de conhecimentos construídos em co-operação, por experimentos ou deduções, a partir de proposições verbais. Por outro lado, calcular o **tamanho** ou a **magnitude** desta diferença, não quer dizer que a tomada de consciência ocorreu de forma fácil e rápida, mas, pelo contrário, ela geralmente ocorre de forma lenta e laboriosa. Tivemos de superar as resistências e os erros cometidos pelos sujeitos – e é nesse momento que o papel do professor é fundamental –, elaborando estratégias pedagógicas que favoreçam esta superação. Assim, apesar dos avanços, as lacunas perduram, pois, mesmo na última versão dos mapas conceituais, ainda permanecem muitos aspectos indiferenciados, ou seja, também podemos encontrar implicações que permanecem locais, outras, sistêmicas, e, outras, estruturantes.

Dessa forma, para favorecermos uma transformação no pensamento dos sujeitos, que se aproxime cada vez mais de uma representação científica, devemos ter em mente que a aprendizagem não ocorre como uma simples recepção, mas como uma reorganização das noções prévias dos sujeitos, em uma construção ativa. Neste sentido, a proposta pedagógica desta tese está calcada em uma visão interacionista do ensino de ciências, pautada na Epistemologia Genética, pela qual reconhecemos o papel ativo do sujeito, como um construtor de sua aprendizagem, e o papel do professor, como um instigador, criando situações de aprendizagem que propiciem o emergir de estruturas mentais, indispensáveis à escolarização – e devemos lembrar que a afetividade poderá acelerar ou retardar a construção destas estruturas.

Para Piaget, a afetividade não se restringe a sentimentos, mas se refere também a questões intelectuais, como interesse, simpatia, antipatia – por temas ou pessoas –, atitudes etc. O afeto é o “motor da ação”, podendo retardar ou acelerar o desenvolvimento intelectual; o professor, para intervir de forma eficiente no aprendizado, **precisa se implicar com o aluno**, estar em relação com este. Dessa interação emerge o desejo, a vontade de aprender. Como disse o autor: “todo ato de desejo é um ato de conhecimento e vice-versa”. (PIAGET, 2005, p. 8)

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados analisados anteriormente, com base na tomada de consciência, a partir da Epistemologia Genética, referem-se aos dois recortes da pesquisa: a) inicialmente, uma análise do questionário, na categoria Implicação Significante, no primeiro momento da pesquisa; e b) em seguida, uma análise diacrônica com 12 sujeitos, a partir do conjunto de dados sobre as categorias: Implicação Significante e Todos, Alguns e Nenhum, que, após uma análise de frequência das relações presentes nos mapas conceituais, esses resultados são generalizados para os 46 sujeitos pesquisados.

Em relação ao primeiro recorte, a análise dos resultados teve como objetivo responder ao seguinte questionamento: quais as representações de Biotecnologia em alunos recém-ingressos na UESB, nas disciplinas de *Biologia Básica* e *Citologia e Genética* dos cursos de Odontologia e Fisioterapia? Nossos resultados indicam que a maioria dos sujeitos pesquisados, em todas as questões do questionário, apresenta um domínio de representação não estruturado acerca dos conhecimentos dessa área. Assim, foi possível perceber formas de pensamento transdutivo, ou seja, quando o raciocínio parte do particular e se conduz ao particular, sem atingir uma generalização – por exemplo, quando os alunos tentam conceituar biotecnologia, partindo apenas da dissociação da palavra **biotecnologia**, cuja aplicabilidade volta-se para a agricultura, com uso em alimentos transgênicos e na saúde humana, mas cujo único exemplo dado refere-se ao uso da insulina humana. Ou também, quando associam **clonagem** apenas à ovelha Dolly, **transgênicos** são sinônimos de OGM, e se restringem a alimentos geneticamente modificados, tendo como exemplos principais a soja e o milho, ou ainda, quando consideram os transgênicos uma solução para a fome no mundo. São respostas fragmentadas, que não se coordenam conjuntamente, o que demonstra um raciocínio bem simples, próprio a uma lógica inacabada.

Outras respostas apontaram que um número menor de sujeitos apresentou respostas mais avançadas, em todas as questões analisadas do questionário, ou seja, constatamos um início de diferenciação dos conceitos biotecnologia, transgênicos e clonagem. Por exemplo, para esses sujeitos, o conceito de biotecnologia não se restringe mais a uma simples dissociação da palavra, já que existe um esforço adaptativo de conceituar biotecnologia, quando eles trazem novos exemplos de sua aplicabilidade. Em relação a transgênicos, existe

um início de conceituação, quando os alunos ressaltam que os alimentos transgênicos tiveram genes de outro organismo incorporados ao seu genoma, e que a transgenia pode ser aplicada não só em plantas, mas também em micro-organismos e animais; também, para esses alunos, transgênicos não é uma solução para a fome no mundo. No que se refere à clonagem, já se observa um início de diferenciação do conceito de clonagem, entre natural e artificial, ainda que nenhum exemplo de clonagem natural tenha sido citado e que a clonagem artificial se restrinja à ovelha Dolly. Essas novas elaborações provêm de regulações e coordenações sistêmicas, o que melhora a conceituação de clonagem e transgênicos e suas relações com biotecnologia.

Esses significados prévios, ao mesmo tempo que são fundamentais para compreendermos como o conhecimento vai sendo estruturado e organizado pelo aluno, serviram também para traçar um panorama dos estudantes, no momento de seu ingresso na universidade. Desse modo, ao empregarmos uma análise de estatística inferencial, utilizando o teste de Qui-Quadrado, pretendemos generalizar os dados para cursos da área de saúde da UESB – Fisioterapia e Odontologia. Porém, diante de outros estudos realizados, não apenas pelo pesquisador (ANDRADE; PAULA; VAINSTEIN, 2009, 2010), mas também por outros pesquisadores, na área de ciências (CARVALHO, GONÇALVES, PERON, 2012; FUJII, 2009; GUIMARÃES, 2007; LOPES, E., 2006; PEDRANCINI et al., 2007; RODRIGUES, 2006; SOUZA; FARIAS, 2011), podemos fazer uma projeção dessa realidade ao nível regional.

Dessa maneira, a recepção não crítica por parte dos estudantes, com relação aos conhecimentos científicos básicos aqui mencionados, não permite uma compreensão dos avanços científicos e tecnológicos nos quais a biotecnologia está inserida, de forma que o conhecimento se torna muito fragmentado – não está organizado e estruturado, o que compromete o entendimento dos aspectos científicos e técnicos dessa ciência e dificulta o posicionamento desses discentes, de maneira autônoma e democrática, quanto à utilização dessas novas tecnologias. Na sociedade regional, as políticas educativas são relegadas, por razões econômicas e financeiras, à última ordem de prioridades.

A Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI elaborou o relatório para a Unesco, sob o título *Educação: um tesouro a descobrir*. O relatório Jacques Delors, como assim se tornou conhecido, iniciado em março de 1993 e concluído em setembro de 1996, enfatiza que a educação, ao longo de toda a vida, é uma necessidade nas sociedades modernas, nas quais o “[...] progresso científico e tecnológico e as transformações dos processos de produção resultantes da busca de uma maior competitividade fazem com que os

saberes e as competências adquiridas, na formação inicial, tornem-se rapidamente obsoletos”. (DELORS et al., 2006, p. 104)

Diante dessa situação, sugerimos, para que os alunos tenham uma formação crítica em Ciências e suas diversas ramificações, a necessidade de: a) conhecer e considerar as informações e os pré-conceitos que os alunos trazem no início de seus cursos universitários; b) produzir e melhorar os livros didáticos e paradidáticos, de modo que tratem da temática, de forma simples, clara e identificada com o público jovem; c) elaborar programas de aperfeiçoamento de professores, tanto em relação aos conteúdos específicos, quanto em relação às teorias pedagógicas; d) criar canais de comunicação entre alunos, professores e a comunidade acadêmica, por meio de atividades extensionistas; e) introduzir conteúdos biotecnológicos nos currículos do ensino médio e nas universidades; f) incentivar os programas de apoio ao ensino de ciências; e g) incorporar técnicas para o reconhecimento dos artifícios – processos e técnicas editoriais – da mídia, para que os professores desenvolvam o pensamento crítico, no que diz respeito aos meios de comunicação, e possam analisar de maneira consistente, junto a seus alunos, essas ferramentas.

Já no segundo recorte, é feita uma análise diacrônica com 12 sujeitos, a partir do conjunto de dados nas categorias: Implicação Significante e Todos, Alguns e Nenhum. Essa análise teve como objetivo responder aos seguintes questionamentos: (a) como se diferenciam essas representações elaboradas pelos alunos durante o semestre? (b) Como entender as transformações dessas representações, usando diferentes instrumentos de análise (questionário, construção de mapas conceituais e filmagens), a partir da tomada de consciência da Epistemologia Genética?

Para respondermos a estes questionamentos, foi solicitado aos alunos, a construção de mapas conceituais, em três momentos da atividade pedagógica, partindo de uma situação problema: estabelecer relações entre Biotecnologia, Transgênicos e Clonagem. As representações (mapas conceituais) elaboradas pelos sujeitos, durante o semestre, foram diferenciadas pelos seguintes aspectos: a) informações replicadas de uma só fonte ou mais (mídia, livro didático ou artigos científicos etc.); b) grau de precisão ou rigor científico da informação e da respectiva fonte; e c) relações estabelecidas: de parciais/reprodutivistas a ampliadas e/ou gerais (de mínimas até máximas possíveis). Essas diferenciações nas integrações, que ocorreram via regulações e coordenações, permitiram transformações nas representações, que puderam ser agrupadas, a partir das categorias analisadas, em três níveis distintos, conforme segue:

No nível I, há ausência de tomada de consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. Existem regulações e coordenações locais entre biotecnologia e clonagem e biotecnologia e transgênicos. Para o modelo $(x.\sim y) \vee (\sim xy)$, a parte comum xy não tem relações com as outras duas, ou seja, não existe intersecção entre clonagem e transgênicos. Aqui, os sujeitos não são capazes de generalizações. Por exemplo, biotecnologia é definida a partir da dissociação da palavra, cuja aplicabilidade se volta exclusivamente para a agricultura ou para a agricultura e a medicina, mas o único exemplo dado é a insulina humana. Em relação aos transgênicos, estes se restringem a alimentos geneticamente modificados; e a clonagem é uma técnica artificial que deu origem à ovelha Dolly. Assim, os conceitos descritos acima estão indiferenciados e as relações entre biotecnologia, clonagem e transgênicos estão incoordenadas. No tocante à regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, o sujeito não chega à quantificação das extensões – admitindo, por exemplo, que todos os transgênicos são OGM, mas que nem todo OGM é um transgênico.

No nível II, há tomada de consciência das relações entre biotecnologia e clonagem e biotecnologia e transgênicos. Existem regulações e coordenações sistêmicas entre biotecnologia e clonagem e biotecnologia e transgênicos. Entretanto, as relações entre clonagem e transgênicos ainda permanecem incoordenadas. Aqui, os sujeitos já são capazes de generalizações. Por exemplo, biotecnologia não é mais definida apenas a partir da dissociação da palavra, ou seja, já existe uma tomada de consciência que passa literalmente pela compreensão de que a biotecnologia utiliza organismos vivos ou parte deles, na produção de bens e serviços. Na reflexão sobre essa definição, os sujeitos enquadram um conjunto de atividades biotecnológicas: fermentação, melhoramento animal e vegetal, clonagem com intuito de reprodução assexuada de seres vivos com características desejáveis. Sua visão da aplicabilidade da biotecnologia amplia-se, passando a considerar seus impactos além da agricultura. Já em relação à clonagem, diferencia-se em natural e induzida artificialmente, sendo que esta última utiliza técnicas como: cultura de tecidos, enxertia, bipartições de embriões. Entretanto, para o modelo $(x.\sim y) \vee (\sim xy)$, a parte comum xy não tem relações com as outras duas, ou seja, não existe intersecção entre clonagem e transgênicos. No tocante à regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, em relação às imbricações entre Transgênicos e OGM, os sujeitos já consideram que os transgênicos podem ser micro-organismos, plantas ou animais, o que implica uma dimensão de generalização. Há sujeitos que também chegam a admitir que todos os transgênicos são OGM, mas ainda não admitem que nem todo OGM é um transgênico.

No nível III, há tomada de consciência da relação entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. Aqui, os sujeitos já são capazes de generalizações. Existem regulações e coordenações estruturais, que permitem que as relações entre clonagem e transgênicos sejam coordenadas ativamente, ou seja, além de melhorar a conceituação de transgênicos e clonagem, os sujeitos tomam consciência de que a associação das técnicas avançadas de reprodução, relacionadas à transferência de genes, tem permitido desenvolver animais quiméricos (portadores de genes estranhos), que podem servir a vários objetivos: produção de proteínas humanas, como a ovelha Polly, clonada e transgênica, que possui o gene F9 humano integrado ao seu genoma, e produz o fator de coagulação IX no leite. Ou, ainda, a criação de cabras clonadas e transgênicas, que produzem, em seu leite, uma proteína da teia de aranha. Eles também conseguem conceituar clonagem molecular relacionando-a a uma técnica central da engenharia genética, responsável pela criação de transgênicos. Assim, para o modelo $(x.\sim y) \vee (\sim xy)$, a parte comum xy começa a ter relações com as outras duas. No tocante à regulação de Todos, Alguns e Nenhum, em relação às imbricações entre Transgênicos e OGM, os sujeitos já chegam a uma quantificação positiva e negativa, admitindo que todos os transgênicos são OGM, mas que nem todo OGM é transgênico. Além de admitir Todos e Alguns, também reconhecem os organismos que não são OGM, como aqueles que se originam por processos naturais, tais como: conjugação, transdução e transformação.

Por outro lado, partimos para uma análise das frequências das relações: (a) podemos fazer uma projeção da análise diacrônica com os 12 sujeitos, nas categorias Implicação Significante e Todos, Alguns e Nenhum, para os 46 sujeitos desta pesquisa? Constatamos que essa projeção é possível, mas para isso foi preciso esmiuçar as construções dos mapas conceituais dos sujeitos, nos **três momentos** da pesquisa, estabelecendo um fio condutor que fosse comum a todos eles, sem negar, entretanto, as particularidades de cada um. Assim, a análise de frequência das relações mais significativas nos possibilitou estender os resultados para os 46 sujeitos pesquisados. As relações aqui privilegiadas nos permitem estabelecer uma evolução comum a todos os sujeitos pesquisados, que nos encaminha a níveis e subníveis de conceituações que estão alinhados à análise diacrônica, realizada anteriormente. Por fim, consideradas as análises complementares acima, os 46 sujeitos pesquisados foram redistribuídos por três grandes níveis e subníveis, como se observa na Tabela 11:

Tabela 11 – Distribuição de frequência dos 46 sujeitos pesquisados, por nível, em cada momento da pesquisa

NÍVEIS	I MOMENTO	II MOMENTO	III MOMENTO
Nível I	100%	-	-
Nível IIA	-	28,2%	-
Nível IIB	-	65,3%	-
Intermediário		6,5%	-
Nível IIIA	-	-	13%
Nível IIIB	-	-	87%

Fonte: Elaboração do Autor.

A Tabela 11 demonstra que, nos mapas conceituais construídos no **primeiro momento** da pesquisa, 100% dos mapas feitos pelos sujeitos pesquisados foram enquadrados no nível um, onde existia uma incoordenação entre clonagem e transgênicos e regulações e coordenações locais, entre biotecnologia e transgênicos e biotecnologia e clonagem. No tocante à regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, os sujeitos não chegam à quantificação das extensões. Já no **segundo momento da pesquisa**, 28,2% enquadram-se no nível dois A, e 65,3% dos sujeitos no nível dois B. No nível dois A, os sujeitos são capazes de regulações e coordenações sistêmicas entre biotecnologia e clonagem e biotecnologia e transgênicos. No tocante à regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, os sujeitos já consideram que os transgênicos podem ser micro-organismos, plantas ou animais, o que implica uma dimensão de generalização. Já no nível dois B, os sujeitos chegam a admitir que todos os transgênicos são OGM, mas ainda não admitem que nem todo OGM é um transgênico. Por fim, no **terceiro momento da pesquisa**, tivemos 13% dos sujeitos enquadrados nos nível três A e 13% no nível três B. No nível três A, os sujeitos já são capazes de regulações e coordenações estruturais entre biotecnologia, clonagem e transgênicos. No tocante à regulagem de Todos, Alguns e Nenhum, em relação às imbricações entre Transgênicos e OGM, os sujeitos já chegam a uma quantificação positiva e negativa, admitindo que todos os transgênicos são OGM, mas que nem todo OGM é transgênico. Já 87% dos sujeitos vão mais além, também reconhecem o Nenhum, os organismos que não são OGM, como aqueles que se originam por processos naturais, tais como: conjugação, transdução e transformação.

Desse modo, as transformações ocorridas no sistema de relações dos mapas conceituais, construídos ao longo da pesquisa e apoiados pelas formulações verbais, que comportam implicações, frutos de regulações e coordenações, conduzem a uma melhor estruturação e organização destes mapas. Tratam-se, portanto, de implicações entre

enunciados, onde: (a) a afirmação de uma classe implica reunião de semelhanças em um todo A – como, por exemplo, o aumento no número de implicações que caracterizam (atributos de) um conceito (transgênicos, clonagem, biotecnologia, OGM). Mas, por outra parte, (b) a reunião implica oposições ou diferenciações (por exemplo, A se opõe a A') – se A é transgênicos, A' é não transgênicos, as diferenças entre as duas constitui a oposição; (c) a reunião de classes opostas engendra uma classe de categoria superior: $(A.A') \rightarrow B$; (d) de onde $B \rightarrow (A \vee A')$, se A = transgênico, e A' = não transgênicos, B = OGM; (e) a relação implica correspondências e diferenças conjuntas entre *n* conceitos; (f) as diferenças implicam correspondências parciais, por exemplo, dois subconceitos (transgênicos e não transgênicos), de um conceito maior (OGM) ainda são dois conceitos; e (g) as semelhanças implicam diversos graus crescentes até um limite que é a identidade pura.

Procedemos também a uma análise estatística dos mapas conceituais, com o intuito de responder ao seguinte questionamento desta tese: qual o tamanho (ou magnitude) do efeito padronizado (TEP), a partir das médias das diferenças das categorias e subcategorias comparadas em diferentes mapas (mapas um e dois e mapas dois e três) construídos por alunos acerca dos conhecimentos em Biotecnologia? Essa análise nos permite verificar, na comparação das categorias e subcategorias dos mapas conceituais, que o tamanho (ou magnitude) destas construções foi bastante relevante. Vale enfatizar que, segundo autores canadenses, como David Sackett, Gordam Guett e Richard Haynes (HAYNES et al., 2008), os dados não devem ser computados apenas por significância estatística – o que representa se duas amostras de dados são diferentes ou não –, *a priori*, nas comparações entre os mapas, ficam evidentes que essa diferença será encontrada. Assim, o mais importante é que esses dados devem ser interpretados pelo tamanho (ou magnitude) de seus resultados.

Essas análises, descritas nos parágrafos acima, demonstram que os sujeitos avançam em extensão e compreensão, via regulações e coordenações locais, sistêmicas e estruturais. Assim, os significados (representação) dos sujeitos evoluem de (a) uma representação pré-conceitual, com predomínio do pensamento transdutivo; para (b) uma representação conceitual, com a compreensão pelo sujeito da totalidade que ele chegou a construir; e (c) por fim, a uma representação científica, com a compreensão e a extensão dos conhecimentos construídos em co-operação, por experimentos ou deduções, a partir de proposições verbais. Por outro lado, calcular o tamanho (ou magnitude) destes resultados, não quer dizer que a tomada de consciência ocorreu de forma fácil e rápida, mas, pelo contrário, ela geralmente ocorre de forma lenta e laboriosa. Tivemos de superar as resistências e os erros cometidos

pelos sujeitos – e é nesse momento que o papel do professor é fundamental, elaborando estratégias pedagógicas que busquem favorecer esta superação.

Desse modo, diante das reflexões dos parágrafos acima, podemos responder a mais um dos questionamentos desta tese: como intervir no sentido de favorecer desequilíbrios necessários ao processo de conceituação? Esses desequilíbrios são gerados mediante a intervenção de um professor instigador, que procura acompanhar o pensamento dos sujeitos, com intervenções sistemáticas, elaborando sempre novos questionamentos, a partir das respostas de seus alunos, e avaliando a qualidade, abrangência e consistência destas, para que os erros e resistências sejam superados. Da mesma forma, os debates e as discussões entre iguais permitem a otimização dos desequilíbrios intra-alunos, pelos quais os argumentos de uns promovem a reelaboração dos argumentos de outros.

Ao criar estas situações de aprendizagem, o professor instigador propicia o emergir de estruturas mentais, indispensáveis à escolarização, neste contexto específico, à construção de conhecimentos sobre biotecnologia; devemos lembrar que a afetividade poderá acelerar ou retardar a construção destas estruturas. Para Piaget, a afetividade não se restringe a sentimentos, mas se refere também a questões intelectuais, como interesse, simpatia, antipatia – por temas ou pessoas –, atitudes etc. O afeto é o “motor da ação”, podendo retardar ou acelerar o desenvolvimento intelectual; o professor, para intervir de forma eficiente no aprendizado, **precisa se implicar com o aluno**, estar em relação com este. Dessa interação emerge o desejo, a vontade de aprender. Como disse o autor: “[...] todo ato de desejo é um ato de conhecimento e vice-versa”. (PIAGET, 2005, p. 8)

Por fim, a proposta pedagógica construída e fundamentada pela Epistemologia Genética, nesta tese, pode servir de orientação para os professores reverem suas práticas pedagógicas. Na medida em que os autores demonstram as etapas que conduzem a níveis mais complexos de conceituação, estamos fornecendo subsídios para que o professor os 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 se constituindo naqueles que seriam adequados e necessários. A nossa pressuposição é de que estes níveis encontrados são necessários à conceituação de biotecnologia. É nossa intenção, pois, replicar essas pesquisas em diferentes contextos, que venham a confirmar essas hipóteses, bem como estabelecer novas parcerias que possam permitir uma investigação mais abrangente da temática.

REFERÊNCIAS

- ALARCÓN, J. M. et al. Chromatin acetylation, memory, and LTP are impaired in CBP+/- mice: a model for the cognitive deficit in Rubinstein-Taybi syndrome and its amelioration. *Neuron.*, Cambridge, v. 42, n. 6, p. 947-959, June, 2004.
- ALBERTS, B. et al. **Biologia molecular da célula**. 5. ed. São Paulo: Artmed, 2010.
- ALMEIDA, A. V.; FALÇÃO, J. T. R. Piaget e as teorias da evolução orgânica. *Psicol. reflex. crit.*, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 525-532, 2008.
- ALTMAN, D. G. **Practical statistics for medical research**. London: Chapman and Hall, 1991.
- ALVES, J. B. **Biotecnologia e meio ambiente**: representações sociais de professores de ciências. 2007.108 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Mogi das Cruzes, São Paulo, 2007.
- ALVES, S. G. A biotecnologia dos transgênicos: precaução é a palavra de ordem. *Holos*, Ano 20, p. 1-10, out. 2004.
- 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.
- AMES, E. W. **The development of Romanian orphanage children adopted to Canada**: final report to the National Welfare Grants Program: Human Resources Development Canada. Burnaby, B. C: Simon Fraser University, 1997.
- ANDRADE, J. A. Uma abordagem do laboratório de ciências nas séries iniciais à luz da epistemologia genética. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO DE PESQUISADORES EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Abrapec, 2009. p. 1-12.
- _____. **O ensino de ciências naturais e a biotecnologia**: reflexões e representações. 2003. 195 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) - Centro de Biotecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- _____. O laboratório de ciências naturais: ambiente, motivação, ação, operação e cooperação – em busca de uma aprendizagem efetiva. *Educ. debate*, Fortaleza, v. 1/2, n. 56/58, p. 78-95, 2008/2009.
- _____. As representações de alunos do ensino médio sobre a origem do bicho da carne e da goiaba: um enfoque da teoria de equilíbrio de Piaget. *Diálogos possíveis*, Ano 7, n. 2, p. 170-186, jul./dez. 2008.
- _____; PAULA, R. J.; VAINSTEIN, M. H. **Representações sociais entre alunos do ensino médio acerca da temática clonagem**. Trabalho apresentado na Reunião da ANPED, 33., 2010, Caxambu, Minas Gerais. Período 17 a 20 de outubro de 2010.
- ANDRADE, J. A.; PAULA, R. J.; VAINSTEIN, M. H. Transgênico: representações sociais entre professores de ciências naturais. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO DE

PESQUISADORES EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Abrapec, 2009. p. 1-12.

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**: elaboração de trabalhos na graduação. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ARAGÃO, F. J. L. **Organismos transgênicos**: explicando e discutindo a tecnologia. Barueri, SP: Manole, 2003.

ARAI, J.A et al. Transgenerational rescue of a genetic defect in long-term potentiation and memory formation by juvenile enrichment. **The J. Neur.**, v.29, n. 5, p. 1496 -1502, Feb. 2009.

BACHELARD, G. **A poética do devaneio**. Tradução de Antônio de Pádúa Danesi. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009. Título original: La poétique de larêverie.

BAHRICK, H. P.; PHELPS, E. Retention of Spanish vocabulary over 8 years. **J. exp. psychol. learn. mem. cogn.**, Washington, v. 13, n. 2, p. 344-349, 1987.

BARNUM, S. R. **Biotechnology**: an introduction.2. ed. Belmont, CA: Brooks Cole Thomson, 2006.

BECKER, F. **Educação e construção de conhecimento**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

_____. **A epistemologia do professor**: o cotidiano da escola. Petrópolis, RJ: Vozes, 1993.

BECKER, M. L. R. et al. Pesquisa em sala de aula: da ação pura e simples para um “saber sobre”. In: BECKER, F.; MARQUES, T. B. I. (Org.). **Ser professor é ser pesquisador**. Porto Alegre: Mediação, 2007.

BENDER, J. DNA methylation and epigenetics. **Annu. rev. plant biol.**, Palo Alto, US, v. 55, p. 41-68, 2004.

BENJAMIN, L. **Genes IX**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

BIZZO, N. Graves erros de conceitos nos livros didáticos de ciências. **Ciênc. hoje**, São Paulo, v. 21, n. 121, p.26-35, Jun. 1996.

BONZANINI, T. K.; BASTOS, F. Avanços científicos recentes como temas para o ensino de biologia na escola média: o exemplo do Projeto Genoma Humano. In: NARDI, R. et al. (Org.). **Pesquisas em ensino de ciências**: contribuições para a formação de professores. São Paulo: Escrituras, 2004. p. 79-93.

BOUDON, R. Generating models as a research strategy. In: MERTON, R. K.; COLEMAN, J. S.; ROSSI, P. H. **Qualitative and quantitative social research**. Nova York: Free Press, 1979. p. 51-64.

BRASIL. Lei n. 11 105, 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111105.htm>. Acesso em: 8 abr. 2009.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, DF, 1999.

BRINGUIER, J. C. **Conversando com Jean Piaget**. Rio de Janeiro: DIFEL, 1978.

BROWN, R. E. **An introduction to the New Testament**. New York: Doubleday, 1997.

BRÜGGEMANN, O. M.; PARPINELLI, M. A. Utilizando as abordagens quantitativa e qualitativa na produção do conhecimento. **Rev. Esc. Enferm.**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 563-568, set. 2008.

BUBER, M. **Eu e tu**. São Paulo: Moraes, 1979.

BUIATTI, M. **Biotecnologias: a engenharia genética entre biologia, ética e mercado**. São Paulo: Loyola, 2004.

CAIMI, F. E. **Processos de conceituação da ação docente em contextos de sentido a partir da licenciatura em história**. 2006. 271 f. il. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CARDONA, T. da S. **Inovação no ensino de biologia celular: desenvolvimento e avaliação de estratégias educativas**. 2007. 105 f. Tese (Doutorado) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2007.

CARVALHO, A. M. P. de. **Ensino de ciências e epistemologia genética**. São Paulo: Ediuoro, 2005. p. 50-57. (Coleção Memória da Pedagogia).

CARVALHO, J. da S.; GONÇALVES, N. M. N.; PERON, A. P. Transgênicos: diagnóstico do conhecimento científico discente da última série do ensino médio das escolas públicas do município de Picos, estado do Piauí. **Rev. bras. biociênc.**, Porto Alegre, v.10, n. 3, p. 288-292, jul./set. 2012.

CASTORINA, J. A.; BAQUERO, R. J. **Dialética e psicologia do desenvolvimento: pensamento de Piaget e Vygotsky**. Tradução de Fátima Murad. São Paulo: Artmed, 2008. Título original: *Dialéctica y psicología del desarrollo: el pensamiento de Piaget y Vygotsky*.

_____; _____. **Psicologia genética**. Tradução de José C. de A. Abreu. Porto Alegre: Artmed, 1988.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHALMERS, A. **A fabricação da ciência**. Tradução de Beatriz Sidou. São Paulo: Ed. UNESP, 1994.

COLL, C.; MARCHESI, A.; PALÁCIOS, J. **Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia evolutiva**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

COLLARES, T. et al. Animais transgênicos biorreatores. **Rev. bras. reprod. anim.** Belo Horizonte, v. 31, n. 4, p. 462-478, out./dez. 2007. Disponível em: <<http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/pag%20462.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2012.

CONTI, M. A. et al. Adaptação transcultural: tradução e validação de conteúdo para o idioma português do modelo da Tripartite Influence Scale de insatisfação corporal. **Cad. saúde pública**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 503-513, mar. 2010.

CUNHA, G. F. da. **Interação e meio**: a filtragem do mundo. 1999. 273 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

DAMBROS, A. A. **O conhecimento do desenvolvimento histórico dos conceitos de matemáticos e o ensino de matemática**: possíveis relações. 2006. 183f. Tese (Doutorado) – Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; COSTA, M. C. da. Tradução e validação para língua portuguesa de questionários utilizados em estudos de consumidor. **Ciênc. tecnol. aliment.**, Campinas, SP, v. 23, n. 1, p. 43-48, 2003.

DELLA JUSTINA, L. A. **O ensino de genética e história de conceitos relativos à hereditariedade**. 2001. 150 f. il. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

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.

DELVAL, J. A. **Crescer e pensar**: a construção do conhecimento na escola. Porto Alegre: Artmed, 1998.

_____. **Introdução à prática do método clínico**: descobrindo o pensamento das crianças. Porto Alegre: Artmed, 2002.

DEMO, P. **Metodologia científica em ciências sociais**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

_____. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2000.

DURBANO, J. P. et al. Percepção do conhecimento dos alunos de ensino médio do município de João Pessoa-PB sobre temas emergentes em biotecnologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 54., 2008, Salvador. **Resumos...** Salvador: SBG, 2008.

DUTRA, I. M. **Mapas conceituais no acompanhamento dos processos de conceitualização**. 2006. 136 f. Tese (Doutorado) - Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias da Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

EVANS, R. I. **Jean Piaget, o homem e suas idéias**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1980.

FENG, J. et al. Dnmt1 and Dnmt3a maintain DNA methylation and regulate synaptic function in adult forebrain neurons. **Nat. neurosci.**, New York, v. 13, n. 4, p. 423-430, Apr. 2010.

FERREIRO, E.; TEBEROSKY, A. **Psicogênese da língua escrita**. Porto Alegre: Artmed, 1985.

FLAVELL, J. H. **A psicologia do desenvolvimento de Jean Piaget**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1988.

FOGAÇA, M. **O papel da inferência no diálogo entre modelos mentais e modelos científicos da célula**. 2006. 230 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FOGAÇA JÚNIOR, O. M. **A formação da noção de força corporal na criança**. 2009. 151 f. il. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Marília, SP, 2009.

FONSECA, A. A. da. **O ensino de história e a formação para democracia**. 2006. 67 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

FONSECA, J. A. et al. (2012) Disclosing biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education. **Teach. Teach. Educ.**, New York, US, v. 28, n.3, p. 368-381, April.

FRAGA, M. F. et al. Epigenetic differences arise during the lifetime of monozygotic twins. **PNAS**, New York, v. 102, n. 30, July, 2005.

FRANCO, S. R. K. **O construtivismo e a educação**. 4. ed. Porto Alegre: Mediação, 1995.

FREIRE, A. de S. **O jogo do genoma: um estudo sobre o ensino de genética no ensino médio**. 2009. 110 f. Tese (Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009.

FUJII, R. A. X. **O que sabem acadêmicos do curso de agronomia sobre organismos transgênicos**. Trabalho apresentado no IX Congresso Nacional de Educação e III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia, Curitiba. 26 a 29 de outubro, 2009. Disponível em: <http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2009/anais/pdf/3579_2028.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2010.

GAIS, S.; BORN, J. Low acetylcholine during slow-wave sleep is critical for declarative memory consolidation. **Neuroscience**, v. 101, n. 7, p. 2140-2144, 2004.

GARCIA, R. **O conhecimento em construção: das formulações de Jean Piaget à teoria de sistemas complexos**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

GILBERT, S. F.; EPEL, D. **Ecological developmental biology: integrating epigenetics, medicine, and evolution**. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, 2009.

GLICK, B. R.; PASTERNAK, J. J. **Molecular biotechnology: principles and applications of**

recombinant DNA. 4. ed. Washington, D.C.: ASM Press, 2009.

GOMES, C. L. **As descobertas da astronomia á luz da teoria da abstração reflexionante de Jean Piaget.** 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

GOULD, S. J. **Dedo mindinho e seus vizinhos:** ensaio de história natural. São Paulo: Companhia das Letras, 1993.

GRANTHAM-McGREGOR, S. M. et al. Nutritional supplementation psychosocial stimulation and mental development of stunted children: the Jamaican study. **Lancet**, London, v. 338, n. 8758, p. 1-5, July, 1991.

GUIMARÃES, W. A. **Ensino de biotecnologia:** representações sociais de professores de biologia. 2007. 169 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Mogi das Cruzes, 2007.

HERDMAN, M.; FOX-RUSHBY, J.; BADIA. A model of equivalence in the cultural adaptation of HRQoL instruments: the universalist approach. **Quality of Life Research**, v. 7, n. 4, p. 323-335, 1998.

HAYNES, R. B. et al. **Epidemiologia clínica:** como realizar pesquisa clínica na prática. 3. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2008.

IVAN, M. et al. Agressividade e homossexualismo: o que os genes podem explicar. **Super interessante**, n. 75, dez. 1993.

JUNKO, A. A. et al. Transgenerational rescue of a genetic defect in long-term potentiation and memory formation by juvenile enrichment. **J. neurosci.**, Baltimore, v. 29, n. 5, p. 1496-1502, Feb. 2009.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular.** 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

KIRKWOOD, B. R. **Essentials of medical statistics.** Oxford: Blackwell, 1988.

KREUZER, H.; MASSEY, A. **Engenharia genética e biotecnologia.** Porto Alegre: Artmed, 2002.

KRISTENSEN, L. S.; NIELSEN, H. M.; HANSEN, L. L. Epigenetics and cancer treatment. **Eur. j. pharmacol.**, Amsterdam, v. 625, p. 131–142, Dec. 2009.

LA COTARDIÈRE, P. de. **História das ciências:** da antiguidade aos nossos dias. São Paulo: Saraiva, 2011. (Ciências da terra e ciências da vida, 3).

LAJONQUIÈRE, L. Piaget: notas para uma teoria construtiva da inteligência. **Psic. USP**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 131-142, 1997.

LA TAILLE, Yves de. **Moral e ética:** dimensões intelectuais e afetivas. Porto Alegre: Artemed, 2006.

LAZARSELD, P. F.; BARTON, A. H. Alcune funzioni dell'analisi qualitativa nella ricerca sociale. In: _____. **Metodologia e ricerca sociologica.** Bologna: Il Mulino, 1967. p. 307-368.

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

LIMA, L. O. **Piaget**: sugestões aos educadores. Petrópolis, RJ: Vozes, 1999.

LINDNER, E. L. **Uma arquitetura pedagógica apoiada em tecnologia da informação e comunicação processos de aprendizagem em química no ensino médio**. 2009. 129 f. Tese (Doutorado em Informática da Educação) – Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias da Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar**: ciência e cotidiano. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 1999.

LOPES, E. R. **Biotecnologia e transgênicos**: representações sociais de professores de ciências. 2006. 116 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade de Mogi das Cruzes, São Paulo, 2006.

MACEDO, L. **Ensaaios construtivistas**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994.

MCGOWAN, P. O. et al. Epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor in human brain associates with childhood abuse. **Nat. neurosci.**, New York, v. 12, n. 3, p. 342-348, Mar. 2009.

MARTINS, L. De C. **Abstração reflexionante e aprendizagem de proporção**: ensino de matemática na sexta série. 2007. [124f.] Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MARTINS, I. et al. Agressividade e homossexualismo: o que os genes podem explicar. **Superinteressante**, n. 75, dez. 1993. Disponível em: <<<http://super.abril.com.br/ciencia/agressividade-homossexualismo-genes-podem-explicar-440936.shtml>>. Acesso em: 9 abr. 2009.

MASTROENI, D. et al. Epigenetic changes in Alzheimer's disease: decrements in DNA methylation. **Neurobiol. aging.**, New York, v. 31, n. 12, p. 2025-2037, Dec. 2010.

MATURANA, H. R.; VARELLA, F. J. **A árvore do conhecimento**: as bases biológicas para a compreensão humana. São Paulo: Palas Athena, 2001.

MEHLER, M. F. Epigenetics and the nervous system. **Ann. neurol.**, Boston, v. 64, n. 6, p. 602-617, Dec. 2008.

MILLAR, R.; OSBORNE, J. **Beyond 2000**: science education for the future. London: King's College London School of Education, 1998.

MINAYO, M. C. de S.; SANCHES, O. Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade? **Cad. saúde pública**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 239-262, jul./set. 1993.

MONTANGERO, J.; MAURICE-NAVILLE, D. **Piaget, ou, a inteligência em evolução**: sinopse cronológica e vocabulário. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MONTOYA, A. O. D. et al. **Jean Piaget no século XXI**: escritos de epistemologia e psicologia genéticas. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011.

MORTIMER, F. E. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos. **Investig. ens. ciênc.**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-39,1996.

MUSTARD, J. F. **Desenvolvimento cerebral inicial e desenvolvimento humano**. 2010. Disponível em: <<http://www.encyclopedia-crianca.com/Pages/PDF/MustardPRTxp.pdf>> Acesso em: 10 out.2012.

NELSON, C. A. et al. Cognitive recovery in socially deprived young children: The Bucharest Early Intervention Project. **Science**, Washington, v. 318, n. 5858, p. 1937-1940, Dec. 2007.

OLIVEIRA, J. A. C. **Robótica como interface da tomada de consciência da ação e do conhecimento do objetivo, através da metacognição como propulsora da produção de conhecimento**. 2007. 96 f. Tese (Doutorado) - Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

OLIVEIRA, M. T. M. (Coord.). **Didáctica da biologia**. Lisboa: Universidade Aberta, 1991.

ORDOVÁS, J. M.; SMITH, C. E. Epigenetics and cardiovascular disease. **Nature rev. cardiol.**, London, v. 7, n. 9, p. 510-519, Sep. 2010.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Learning for tomorrow's world: first results from PISA 2003**. Paris, 2004. Disponível em: <<http://www.oecd.org/education/preschoolandschool/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/34002216.pdf>> Acesso em: 11 dez. 2012.

_____. **Modern biotechnology and the OECD**. Paris, 1999. (PolicyBriefs)

_____. **PISA 2006: science competencies for tomorrow's world: volume 1: analysis**. Paris, 2007. Disponível em: <<http://www.nbbmuseum.be/doc/seminar2010/nl/bibliografie/opleiding/analysis.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2012.

_____. **PISA 2009 results: what students know and can do: student performance in reading, mathematics and science**. Paris, 2010. Disponível em: <<http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/48852548.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2012.

_____. **World wise learning at age 15: first results from PISA 2000**. Paris, 2002. Disponível em: <<http://www.oecd.org/edu/preschoolandschool/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33683931.pdf>>. Acesso em: 11 dez 2012.

PARRA, N. **O adolescente segundo Piaget**. São Paulo: Pioneira, 1983.

PARRAT-DAYAN, S. **Epistemologia genética: pesquisa e formação de educadores**. Porto Alegre: Faculdade de Educação, UFRGS, 2003. Palestra.

PASQUALI, L. **Instrumentação psicológica: fundamentos e práticas**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

PASSAGLIA, L. M. P.; ZAHA, A. Técnicas de DNA recombinante. In: ZAHA, A. et al. **Biologia molecular básica**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1996.

PEDRANCINI, V. D. et al. Ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2011.

PEDRANCINI, V.D. et al. Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. **Ciênc. educ.**, Bauru, SP, v.14, n.1.p. 135-146, 2008.

PEIGNEUX, P. et al. Are spatial memories strengthened in the human hippocampus during slow wave sleep? **Neuron.**, Cambridge, v. 44, n. 3, p. 535-545, Oct. 2004.

PEREIRA, A. **Guia prático de utilização SPSS: análise de dados para ciências sociais e psicologia**. 7. ed. Lisboa : Edições Sílabo, 2006.

PEREIRA, L. V. **Clonagem: fatos e mitos**. São Paulo: Moderna, 2002.

_____. **Clonagem da Ovelha Dolly às células tronco**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2005. (Coleção polêmica).

PIAGET, J. **Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais**. Tradução de Fernando Becker e Petronilha Beatriz Gonçalves e Silva. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. Título original: Recherchessurl'abstraction reflechissante.

_____. **Biologia e conhecimento: ensaios sobre as relações entre regulações orgânicas e os processos cognoscitivos**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1973a.

_____. **La causalidade física en el niño**. Madri: Espasa Calpe, 1934.

_____. **A construção do real na criança**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2002.

_____. **Ensaio de lógica operatória**. São Paulo: Globo, 1976a.

_____. **Epistemologia genética**. São Paulo: Martins Fontes, 1990a.

_____. **A equilibração das estruturas cognitivas: problema geral do desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976b.

_____. **O estruturalismo**. Rio de Janeiro: DIFEL, 1969.

_____. **Estudos sociológicos**. Rio de Janeiro: Forense, 1973b.

_____. **A evolução intelectual da adolescência à vida adulta**. Tradução de Fernando Becker e Tânia Marques. Porto Alegre: Faculdade de Educação, 1993. Título original: Intellectual evolution from adolescence to adult hood.

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

_____. **A formação do símbolo na criança: imitação, jogo e sonho, imagem e representação**. Tradução de Álvaro Cabral. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990b. Título original: La formation du symbole chez l' enfant imitaion, jeu et rêveimage et représentation.

PIAGET, J. **As formas elementares da dialética**. Tradução de Fernanda Mendes Luiz. São

Paulo: Casa do Psicólogo, 1996.

_____. **A generalização.** Tradução de Fernando Becker. p. 5-8. Porto Alegre, maio 1991. Título original: Recherches sur la généralisation.

_____. **O juízo moral na criança.** São Paulo: Summus, 1994.

_____. Metodologia das relações interdisciplinares. In: POMBO, O.; GUIMARÃES, H.; LEVY, T. (Org.). **Interdisciplinaridade:** antologia. Porto, Por.: Campo das Letras, 2006.

_____. **O nascimento da inteligência na criança.** Rio de Janeiro: LTC, 1987.

_____. **Psicologia da inteligência.** Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

_____. **A representação do mundo na criança:** com o concurso de onze colaboradores. Aparecida, SP: Idéias& Letras, 2005.

_____. **A tomada de consciência.** São Paulo: Melhoramentos, EDUSP, 1978b.

_____; GARCIA, R. **Hacia una lógica de significaciones.** Buenos Aires: Centro Editor de América Latina, 1988.

_____; _____. **Psicogênese e história das ciências.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

PICETTI, J. S. **Formação continuada de professores:** da abstração reflexionante à tomada de consciência. 2008. 143 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PIERUCCINI, R. do R. **Interação social e tomada de consciência das noções básicas de probabilidade em crianças do primeiro ano do ensino fundamental.** 2010. 279 f. il. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

PINHEIRO, F. I. **Contribuições do método clínico de Piaget em um estudo de caso.** [200-] Disponível em:
<http://websmed.portoalegre.rs.gov.br/escolas/emilio/autoria/artigos2006/8contibucioes_piaget_estudo_caso_flavia.pdf> Acesso em: 12 ago. 2012.

RAMOZZI-CHIAROTTINO, Z. A atualidade de Jean Piaget: a embriologia e a demonstração, nos EEUU, do RNA influenciando sobre o DNA a partir das agressões do meio. In: MONTROYA, A. O. D. et al. **Jean Piaget no século XXI:** escritos de epistemologia e psicologia genéticas. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011.

_____. **Em busca do sentido da obra de Jean Piaget.** 2. ed. São Paulo: Ática, 1994.

RAMOZZI-CHIAROTTINO, Z. **Piaget:** modelo e estrutura. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1972.

_____. Sistemas lógicos e sistemas de significação na obra de Jean Piaget. **Psicol. USP,** São Paulo, v. 2, n. 1-2, p. 21-23, 1991.

RAUPP, R. S. **Docência e dificuldades de aprendizagem:** tomada de consciência da ação didático pedagógica. 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação,

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

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, RJ: Vozes, 2002.

RODRIGUES, E. R. **Biotecnologia e saúde: representações sociais de professores de Biologia**. 2006. 98 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Mogi das Cruzes, São Paulo, 2006.

ROSE, S. A perturbadora ascensão do determinismo neurogenético. **Ciênc. hoje**, São Paulo, v. 21, n. 126, p. 18-27, jan./fev. 1997.

SALADINI, A. C. **A educação física e a tomada de consciência da ação motora da criança**. 2006. 224 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, SP, 2006.

SALAMUNES, N. L. C. **Formação a distância e prática da alfabetização: avaliação do impacto do uso de recursos informatizados no ensino de leitura**. 2009. 321 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SAMRSLA, V. E. E. **A construção cooperativa de noções fundamentais de química**. 2007. 223 f. il. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SCAGGS, W. E.; MCNAUGHTON, B. L. Replay of neuronal firing sequences in rat hippocampus during sleep following spatial experience. **Science**, Washington, v. 271, n. 5257, p. 683-725, Mar., 1996.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 21. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

SOETAERT, W.; VANDAMME, E. J. **Industrial biotechnology: sustainable growth and economic success**. Weinheim: Wiley-VCH, 2010.

SOUZA, A. F.; FARIAS, G. B. Percepção do conhecimento dos alunos do ensino médio sobre transgênicos: concepções que influenciam na tomada de decisões. **Exp. ens. ciênc.**, Mato Grosso, v. 6, n. 1, p. 21-32, mar. 2011.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SZYF, M.; MCGOWAN, P.; MEANEY, M. J. The social environment and the epigenome. **Environm. mol. mutagen.**, New York, v. 49, n. 1, p. 46-60, Jan. 2008.

TARDIF, M. **Saberes docente e formação profissional**. 7. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2006.

TAVARES, T. L.; FERNANDES, L. A.; FONSECA, C. A. **Análise dos conteúdos de biologia molecular e genética nos livros didáticos do ensino médio**. Trabalho apresentado na VI Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação e Semana Nacional de Ciência e Tecnologia.

2011. Disponível em:

<http://www.prp.ueg.br/sic2011/apresentacao/trabalhos/pdf/ciencias_biologicas/sic/cb_sic_analise_dos_conteudos.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

TEIXEIRA, M. **Interação social e tomada de consciência a partir do desenho de adultos**. 2008. 284 f. (Dissertação) – Universidade Feral do Paraná, Curitiba, 2008.

URBINA, S. **Fundamentos da testagem psicológica**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

VEIGA, J. E. (Org.). **Transgênicos: sementes da discórdia**. São Paulo: Ed. SENAC São Paulo, 2007.

VENTURA, M. M. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Rev. SOCERJ.**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 383-386, set./out. 2007.

VERENOSE, M. V.; FELIPPE, F. Os transgênicos na mídia: práticas sociais e ideologia. In: GUARESCHI, P. A. et al. **Os construtores da informação: meios de comunicação, ideologia e ética**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000. p. 297-316.

WADDINGTON, C. H. Canalization of development and the inheritance of acquired characters. **Nature**, London, v. 150, p. 563-565, Nov. 1942.

_____. Genetic assimilation of an acquired character. **Evolution**, v. 7, n. 2, p. 118-126, June, 1953.

_____ et al. **Hacia una biologia teórica**. Madrid: Alianza Editorial, 1976.

_____. **O homem e a ciência: instrumental para o pensamento**. São Paulo: Itatiaia, 1979.

WALLACE, W. **The logic of science in sociology**. Chicago, Aldine·Atherton [1971].

WATERLAND, R. A.; JIRTLE, R. L. Transposable elements: targets for early nutritional effects of epigenetic gene regulation. **Mol. cell. biol.**, Washington, v. 23, n. 15, p. 5293-5300, Aug. 2003.

WATSON, J. D. **DNA o segredo da vida**. Tradução de Carlos Afonso Malferrari. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. p. 307-331. Título original: DNA: these cret of life.

WEAVER, I. C. G. et al. Epigenetic programming by maternal behavior. **Nat. neurosci.**, New York, v. 7, p. 847-854, July 2004.

_____. Reversal of maternal programming of stress responses in adult offspring through methyl supplementation: altering epigenetic marking later in life. **J. neurosci.**, Baltimore, v. 25, n. 47, p. 11045-11054, Nov. 2005.

WILSON, M. A.; MCNAUGHTON, B. L. Reactivation of hippocampal ensemble memories during sleep. **Science**, Washington, v. 265, n. 5172, p. 676-679, July 1994.

ZASLAVSKY, S. S. **Formação inicial de professores de história e a tomada de consciência das relações espaço-temporais**. 2010. 201 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário da pesquisa aplicado aos alunos dos cursos de fisioterapia e odontologia da UESB

I. IDENTIFICAÇÃO DOS SUJEITOS ACERCA DOS CONHECIMENTOS NA ÁREA DE BIOTECNOLOGIA

Nome do aluno _____

Idade: _____ Sexo _____ Opção religiosa _____.

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia Curso(s): Odontologia e fisioterapia

II. QUESTÕES NORTEADORAS DO QUESTIONÁRIO

1. O que você entende por biotecnologia? Cite algumas contribuições para embasar sua resposta.

2. Podemos separar a biotecnologia da história do homem, considerando-a uma ciência atual? Justifique trazendo exemplos que possam embasar sua resposta.

3. Enumere alguns fatos que demonstram a importância da biotecnologia na vida do homem?

4. Faça um texto relacionado as palavras-chave: biotecnologia, transgênicos, clonagem, enzimas de restrição, engenharia genética, tecnologia do DNA recombinante, produção de vinho, melhoramento de plantas, melhoramento de animais, clonagem molecular, OGM, agentes mutagênicos.

5. Marque as fontes nas quais são vinculadas informações que você conhece sobre o desenvolvimento da biotecnologia. Conforme a importância das fontes. Considere 1 nunca; 2 às vezes e 3 sempre.

() livros nacionais

() televisão

() livros internacionais

() cinema

() revistas nacionais

() colegas de trabalho

() jornais

() escolas

() rádio

() congressos e reuniões científicas

() artigos científico

() bibliotecas

() internet

() cinema

() outros

Atenção: quando você considerar às vezes sempre citar as fontes nas quais são vinculadas informações sobre a temática. Exemplo, se considerou 3 para jornais, citar se foi correio da Bahia, folha de São Paulo etc.

6. O que são transgênicos? Cite alguns transgênicos que você já ouviu falar.
7. Em quais setores da sociedade os transgênicos são aplicados? E qual sua importância para vida do homem?
8. Você considera os transgênicos uma ameaça à saúde? Explique por quê?
9. Existem transgênicos que correm, pulam e nadam? Justifique sua resposta.
10. Você considera os transgênicos uma ameaça à biodiversidade? Explique por quê?
11. Você considera os alimentos transgênicos uma solução para fome no mundo? Justifique sua resposta.
12. Qual seu entendimento sobre o conceito de clonagem? Explique sua relação com a biotecnologia.
13. Faça um texto estabelecendo relações entre as palavras-chave: clonagem, biotecnologia, reprodução assexuada, gêmeos univitelinos, engenharia genética, Células-tronco, ovelha Dolly, ovelha Polly, transferência nuclear, Wilmut, bipartições de embriões, Clonagem terapêutica, melhoramento animal, melhoramento vegetal.
20. Crie um mapa conceitual acerca das temáticas: Biotecnologia, transgênicos e clonagem. Em seguida os mapas deverão ser transcritos para o programa *Cmap Tools*.

APÊNDICE B - Classificação do questionário baseado nos três níveis de implicação – local, sistêmica e estruturante

1. O que você entende por biotecnologia? Cite algumas contribuições para embasar sua resposta.

1	Implicação local - uma simples dissociação da palavra sem um entendimento do seu significado.
1.5	
2	Implicação sistêmica início de uma definição do termo, sem aprofundar a resposta trazendo exemplos que possam embasar sua resposta.
2.5	
3	Implicação Estruturante: demonstra um entendimento do que seja biotecnologia, trazendo exemplos que possam embasar sua resposta.
3,5	

Observações:

2. Podemos separar a biotecnologia da história do homem, considerando-a uma ciência atual? Justifique trazendo exemplos que possam embasar sua resposta.

1	Implicação local: não considerar os aspectos de continuidade histórica.
1.5	(considera uma continuidade histórica mais sem explicação ou justificativas)
2	Implicação sistêmica: considerar os aspectos de continuidade histórica, apresentando um início de justificativa e explicação.
2.5	
3	Implicação estruturante: considerar uma continuidade histórica, apresentando justificativas e explicações que embasem sua resposta.
3,5	

Observações:

3. Descreva alguns fatos que demonstram a importância da biotecnologia na vida do homem

1	Implicação local: não consegue descrever fatos ou descrevem de maneira superficial, demonstrando falta de conhecimento sobre a temática.
1.5	
2	Implicação sistêmica: início de uma tentativa de descrição dos fatos que demonstram a importância da biotecnologia na vida do homem.
2.5	
3	Implicação estruturante: descrever fatos coerentes que demonstram a importância da biotecnologia na vida do homem, trazendo exemplos que embasem sua resposta.
3,5	

4. Faça um texto relacionado as palavras-chave: biotecnologia, transgênicos, clonagem, enzimas de restrição, engenharia genética, tecnologia do DNA recombinante, produção de vinho, melhoramento de plantas, melhoramento de animais, clonagem molecular, OGM, agentes mutagênicos.

1	Implicação local: estabelecer de uma ou duas relações entre as palavras-chave
1.5	(três relações)
2	Implicação sistêmica: estabelecer implicações de quatro a seis relações entre as palavras-chave, trazendo um início de justificativas e explicações que embasem essas relações .
2.5	(sete relações)

3	Implicação estruturante: estabelece de oito relações em diante entre as palavras-chave fornecendo explicações e justificativas que embasem sua resposta.
3,5	

Observações:

6. O que são transgênicos? Cite alguns transgênicos que você ouviu falar.

1	Implicação local: considerar que os transgênicos são plantas geneticamente modificadas. Além de citar exemplos de acordo com esta definição proposta.
1.5	
2	Implicação sistêmica: considerar que transgênicos podem ser plantas e animais, ou plantas e micro-organismos geneticamente modificados. Além de citar exemplos de acordo com esta definição proposta.
2.5	
3	Implicação estruturante: considerar que transgênicos podem ser plantas, animais e micro-organismos geneticamente modificados, generalizado a transgenia como técnica que pode ser aplicada para todos os seres vivos – enfatizando o caráter universal do código genético. Além de citar exemplos de plantas, animais e micro-organismos geneticamente modificados.
3,5	

Observações:

1	Implicação local: considerar apenas um setor de aplicação (agricultura, por exemplo). Além de explicar e justificar.
1.5	
2	Implicação sistêmica: considerar de dois a três setores de aplicação (agricultura e indústria, por exemplo). Além de explicar e justificar.
2.5	
3	Implicação estruturante: considerar mais de três setores de aplicação (meio-ambiente, agricultura, indústria e saúde, por exemplo). Além de explicar e justificar.
3,5	

7. Quais setores da sociedade os transgênicos são aplicados? Justifique sua resposta.

Observações:

8. Explique por que você considera ou não os transgênicos uma ameaça a saúde?

1	Implicação local: responder sim ou não sem justificativas que possam embasar sua resposta.
1.5	
2	Implicação sistêmica: responder sim ou não trazendo explicações e justificativas sobre a temática.
2.5	
3	Implicação estruturante: responder sim ou não com justificativa embasada em uma fonte científica sobre o assunto.
3,5	

Observações:

9. Existem transgênicos que correm, pulam e nadam? Justifique sua resposta

1	Implicação local: responder não justificando que transgênicos são alimentos geneticamente modificados. Citar exemplos de vegetais que possam enriquecer sua resposta
---	--

1.5	
2	Implicação sistêmica: responder que sim justificando que os transgênicos podem ser animais e vegetais geneticamente modificados. Citar exemplos que possam justificar sua resposta
2.5	
3	Implicação estruturante: responder que sim justificando que transgênicos podem ser animais, plantas e micro-organismos geneticamente modificados, generalizado a transgenia como técnica que pode ser aplicada para todos os seres vivos – enfatizando o caráter universal do código genético. Citar exemplo de plantas, animais e micro-organismos geneticamente modificados.
3,5	

Observações:

11. Você considera os alimentos transgênicos uma solução para a fome no planeta? Justifique sua resposta

1	Implicação local: dizer que sim, afirmando que os transgênicos são a solução para a fome.
1.5	(dizer não mas não apresentar explicações ou justificativas)
2	Implicação sistêmica: dizer que não com início de justificativa ou explicação para embasar sua resposta.
2.5	
3	Implicação estruturante: dizer que não e utilizar explicações e justificativa que embasem sua resposta.
3,5	(dizer que não fazendo uma análise sociohistórica)

Observações:

12. Qual o seu entendimento sobre o que é clonagem? Diferencie os tipos e explique sua relação com a biotecnologia

1	Implicação local: apresenta uma definição geral acerca de clonagem, mas não explica ou justifica, não diferencia e também não estabelece relação com a biotecnologia.
1.5	
2	Implicação sistêmica: apresenta um início de explicação e justificativa acerca da clonagem, mas estas explicações são limitadas. No tocante as relações entre clonagem e biotecnologia, início de estabelecimento destas relações.
2.5	
3	Implicação estruturante: apresenta explicações e justificativas que embasem sua resposta acerca do conceito de clonagem, diferenciando os tipos de clonagem e estabelecendo relações com a biotecnologia.
3,5	

Observações:

13. Faça um texto estabelecendo relações entre as palavras-chave: clonagem, biotecnologia, reprodução assexuada, gêmeos univitelinos, engenharia genética, Células-tronco, ovelha Dolly, ovelha Polly, transferência nuclear, Wilmut, bipartições de embriões, Clonagem terapêutica, melhoramento animal, melhoramento vegetal.

1	Implicação local: estabelecer de uma ou duas relações entre as palavras-chave
1.5	

2	Implicação sistêmica: estabelecer implicações de quatro a seis relações entre as palavras-chave, trazendo um início de justificativas e explicações que embasem essas relações.
2,5	
3	Implicação estruturante: estabelece de oito relações em diante entre as palavras-chave fornecendo explicações e justificativas que embasem sua resposta.
3,5	

APÊNDICE C: Termo de consentimento livre e esclarecido

Sr(a) foi selecionado(a) e está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada: Biotecnologia , Representação e Tomada de Consciência : Aprendizagem nos cursos de ciências da saúde na UESB, que tem como objetivo geral : analisar as transformações das representações do pensamento dos discentes na construção do conhecimento sobre biotecnologia , nas disciplinas básicas de biologia dos cursos de odontologia e fisioterapia da UESB. Este é um estudo baseado em uma abordagem quali-quantitativa, utilizando como instrumento de análise: questionário, mapas conceituais e filmagens.

A pesquisa terá duração de seis meses, com o término previsto para 2009.

Suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o seu nome em qualquer fase do estudo. Quando for necessário exemplificar determinada situação, sua privacidade será assegurada uma vez que seu nome será substituído de forma aleatória. Os dados coletados serão utilizados apenas NESTA pesquisa e os resultados divulgados em eventos e/ou revistas científicas.

Sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento você pode recusar-se a responder qualquer pergunta ou desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição que forneceu os seus dados, como também na que trabalha.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em responder as perguntas a serem realizadas sob a forma de questionário. Também deverá participar de momentos de discussões em sala de aula, que deverá ser filmado por um profissional da área, para posterior transcrição – que será guardado por cinco (05) anos e incinerada após esse período.

Sr(a) não terá nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras. Não haverá riscos de qualquer natureza relacionada a sua participação. O benefício relacionado à sua participação será de aumentar o conhecimento científico sobre a temática abordada.

Exemplo: (saber conceituar biotecnologia, transgênicos, clonagem, estabelecendo relações entre estes três conceitos)

Sr(a) receberá uma cópia deste termo onde consta o celular/e-mail do pesquisador responsável, e demais membros da equipe, podendo tirar as suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento. Desde já agradecemos!

Orientadora: Marilene HenningVaisteim

Pesquisador: Jerry Adriane Pinto de Andrade – UFRGS.

Cel: (71) 96783155 e (73) 99513155

E-mail: Jerrya@uesb.edu.br :

Jequié, ____ de _____ de 20__.

Declaro estar ciente do inteiro teor deste TERMO DE CONSENTIMENTO e estou de acordo em participar do estudo proposto, sabendo que dele poderei desistir a qualquer momento, sem sofrer qualquer punição ou constrangimento.

Sujeito da Pesquisa: _____

(assinatura)