

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ
Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde

RENATA GUIMARÃES DÜMPEL

Modelos de células interativos: facilitadores na compreensão das estruturas celulares e no processo de inclusão de indivíduos com necessidades educacionais especiais visuais

Dissertação apresentada ao Instituto Oswaldo Cruz como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dra. Helena Carla Castro Cardoso de Almeida

RIO DE JANEIRO
2011

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Biomédicas/ ICICT / FIOCRUZ - RJ

D896

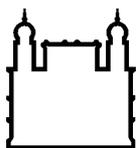
Dumpel, Renata Guimarães.

Modelos de células interativos: facilitadores na compreensão das estruturas celulares e no processo de inclusão de indivíduos com necessidades educacionais especiais visuais. / Renata Guimarães Dumpel. – Rio de Janeiro, 2011.
xiv, 84 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Instituto de Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, 2011.
Bibliografia: f. 66-74

1. Célula. 2. Necessidades especiais. 3. Modelos. I. Título.

CDD 611.0181



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

INSTITUTO OSWALDO CRUZ

Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde

AUTOR: RENATA GUIMARÃES DÜMPEL

Modelos de células interativos: facilitadores na compreensão das estruturas celulares e no processo de inclusão de indivíduos com necessidades educacionais especiais visuais

ORIENTADOR: Prof. Dra. Helena Carla Castro Cardoso de Almeida

Aprovada em: 17/03/2011

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Marco Antonio Ferreira da Costa - Presidente

Prof. Dr^a. Leila Regina d'Oliveira de Paula Nunes

Prof. Dr^a. Dilvani Oliveira Santos

Prof. Dr^a. Rosane Moreira da Silva de Meirelles - Revisor e primeiro suplente

Prof. Dr. Maurício Motta Pinto Luz - suplente

Rio de Janeiro, 17 de março de 2011

Dedicatória

Aos meus pais por sempre estarem ao meu lado e serem o meu porto seguro.

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus e também a todas as pessoas que são muito importantes na minha vida e que de alguma maneira contribuíram para que eu aqui chegasse:

Aos meus pais, Carlos e Regina, por tudo o que sempre fizeram por mim, pelo apoio incondicional e por estarem ao meu lado em todas as minhas escolhas. Amo vocês!

A minha irmã por ser minha companheira de todas as horas.

A minha família, em especial a minha avó e minha dinda que sempre me darem apoio nessa escolha da minha vida.

Aos meus amigos *SINISTROS* (Tininha, Sabrina, Rodrigo, Patrícia, Capixaba, Bruno, Isis e Isabelle) simplesmente por serem meus amigos. Vocês moram no meu coração!

Aos meus amigos de ontem, hoje e sempre: Allan, Alessandra, Aline, Carla, Carlos Eduardo, Flávia, Fernanda, Gabriela, Luciana e Rafael.

Aos funcionários do Museu da Vida - Fiocruz por terem contribuído de forma importante para a minha formação acadêmica. Em especial a Barbara, Isabel, Carla e Fabíola por toda ajuda e amizade.

Às minhas orientadoras, Dr^{as} Helena Castro e Cristina Delou pelo apoio incondicional e por não terem desistido de mim mesmo quando eu quase desisti.

Aos diretores e coordenadores dos colégios envolvidos na pesquisa, pela boa vontade em colaborar com o trabalho.

Aos professores e diretores das escolas onde trabalho pelo apoio logístico e por entenderem meus momentos de ausência. Em especial a Fernanda e Ana Cristina pelo carinho, casa, comida e roupa lavada.

Aos meus alunos que sempre me deram força para prosseguir no meu caminho.

Aos meus amigos de Fiocruz, estudantes de Mestrado e Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde. Um agradecimento especial para: Raquel, Juliana, Alexandra, Leda, Amanda, Rosângela, Maria, e Italiano.

A todos os professores que participaram da minha formação, que me dedicaram seu tempo, sua experiência e seu trabalho.

Ao revisor do presente estudo e aos demais componentes da banca pelo aceite ao convite e disponibilidade para o enriquecimento da discussão do tema proposto.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho o meu muito obrigado.

*"A educação é aquilo que permanece depois que
tudo o que aprendemos foi esquecido".*

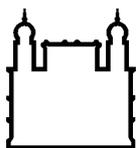
(Burrhus Frederic Skinner)

Sumário

Resumo	x
Abstract	xi
Lista de Figuras	xii
Lista de Quadros	xiv
Lista de Tabelas	xiv
1. Introdução	1
2. Fundamentação teórica	4
2.1 A educação inclusiva	4
2.2 Os professores e a educação especial	6
2.3 A educação de alunos com deficiência visual	8
2.4 Materiais educativos e o ensino de ciências	11
3. Objetivos	16
3.1 Objetivo geral	16
3.2 Objetivos específicos	16
4. Metodologia	17
4.1 Construção do material	17
4.1.1 Norteadores do conteúdo do material	17
4.1.2 Determinação do nível de abordagem e complexidade do material através da identificação do conteúdo sobre o Tema Células em livros didáticos dos Ensinos Fundamental e Médio	17
4.1.3 Determinação dos materiais, dinâmica e partes dos modelos e criação dos protótipos dos modelos bidimensionais e do modelo tridimensional de célula	18
4.2 Testes in locu dos modelos confeccionados	19
4.2.1 Tipo de pesquisa	19
4.2.2 Análise dos dados	19

4.2.3 Instrumento de coleta de dados	20
4.2.4 Local de realização da pesquisa	20
4.2.5 Teste de resistência do primeiro modelo tridimensional criado (biscuit sem o verniz)	20
4.2.6 Teste <i>in loco</i> dos modelos bidimensionais e tridimensional com verniz para aperfeiçoamento e construção dos modelos finais	21
4.2.6.1 Avaliação do material didático com alunos com e sem necessidades especiais	21
4.2.6.2 Dinâmica utilizada no teste com professores	23
5. Resultados e Discussão	24
5.1 Construção dos Modelos	24
5.1.1 Análise de abordagem do Tema Célula em livros didáticos	24
5.1.2 Criação do modelo <i>bidimensional</i> propriamente dito	30
5.1.3 Criação do modelo tridimensional propriamente dito	31
5.2 Teste <i>in loco</i> dos modelos bidimensionais e tridimensionais	33
5.2.1 Teste de resistência do primeiro modelo tridimensional criado (biscuit sem o verniz)	33
5.2.2 Testes com os modelos finais	36
5.2.2.1 Teste com alunos para avaliação dos modelos finais	37
✓ Representação das organelas com o uso de massa de modelar.....	39
✓ Atlas contendo os modelos bidimensionais	47
✓ Questionário para a avaliação da opinião dos alunos sobre o modelo .	48
✓ Questionário sobre o conteúdo Célula	51
5.2.2.2 Teste com professores	59
6. Conclusões	63
7. Considerações Finais	64
8. Referências Bibliográficas	66
9. Apêndices	75

Apêndice 9.1: Questionário de Avaliação dos protótipos dos modelos bidimensionais e do modelo tridimensional	75
Apêndice 9.2: Questionário sobre o conteúdo célula	77
Apêndice 9.3: Artigo publicado na revista: Biochemistry and Molecular Biology	78
Apêndice 9.4: Termo de consentimento livre e esclarecido	83
10. Anexos	84
Anexo 10.1 Comitê de ética	84



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

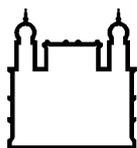
Fundação Oswaldo Cruz

RESUMO

Modelos de células interativos: facilitadores na compreensão das estruturas celulares e no processo de inclusão de indivíduos com necessidades educacionais especiais visuais

As políticas públicas educacionais atuais enfatizam a necessidade de práticas pedagógicas inclusivas para alunos com necessidades educacionais especiais. Entende-se por educação especial, a modalidade de educação escolar, oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos com necessidades especiais, uma prática de política social que também chamamos de inclusão. Falar em inclusão é deparar-se com uma situação de conflito, pois ao mesmo tempo em que esses alunos têm amparo legal para freqüentar o ambiente de ensino regular, enfrentam também diversas dificuldades, incluindo: a) falta de preparo dos professores, b) preconceito dos pais de crianças sem necessidades especiais, ou/e c) inobservância do cumprimento de todas as exigências que demandam o adequado atendimento dessa clientela. Com base nas dificuldades encontradas para incluir alunos com necessidades especiais, nosso projeto tem como objetivo produzir modelos bidimensionais e tridimensional interativos relacionados ao tema Célula do tópico Biologia Celular/Citologia da área de Biologia que sejam ao mesmo tempo facilitadores e estimuladores do processo ensino-aprendizagem e que sejam inclusivos para todas as crianças, com ou sem necessidades educacionais especiais. O tema Célula apresenta complexidade contextual exigindo alto grau de abstração e com descrição nos livros didáticos que não atende, por exemplo, ao modo de aprendizagem, eminentemente tátil dos alunos com necessidades especiais visuais. A partir de um levantamento em livros didáticos, produzimos um modelo celular tridimensional e um atlas contendo organelas bidimensionais e explicações escritas e em braile. Esses materiais foram testados junto a alunos videntes e com necessidades especiais, e com professores da rede pública de ensino, sendo bem aceito pelos alunos que o consideraram muito bom e com capacidade de facilitar a compreensão do tema. De forma similar, os professores avaliaram também consideraram o material como um facilitador do processo de ensino aprendizagem, já que os aspectos visual e tátil, segundo esses profissionais, podem ajudar ao aluno a memorizar e aprender. Com base nos resultados obtidos, acreditamos que os modelos produzidos poderão atuar de forma positiva, não só no processo de inclusão de alunos com deficiência visual, como na compreensão da estrutura celular e seus componentes para todos os alunos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Célula, Necessidades Especiais, Modelos.



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

ABSTRACT

Interactive models of cells: facilitating the understanding of cell structures and processes for the inclusion of individuals with special visual needs

The current educational policies emphasize the need for inclusive teaching practices for students with special educational needs. It is understood by special education, the type of education offered preferably in the regular education for learners with special needs, a practice of social policy that also call for inclusion. Speaking inclusion is faced with a conflict situation, because while these students have legal grounds to attend the regular education environment, also face various difficulties, including: a) lack of preparation of teachers, b) bias parents of children without special needs, or / and c) failure of the fulfillment of all requirements that require the adequate treatment of this clientele. Based on the difficulties encountered to include students with special needs, our project aims to produce two and three dimensional interactive models related to the theme topic of Cell Biology Cellular / Cytology in the area of biology that are both stimulating and facilitating the teaching-learning process and that is inclusive for all children, with or without special education needs. The theme presents Cell contextual complexity requiring a high degree of abstraction and description in the textbooks that do not meet, for example, the learning mode, essentially tactile learners with visual disabilities. From a survey of textbooks, produced a three-dimensional cell model and a two-dimensional atlas satisfaction and organelles and explanations written in Braille. These materials were tested with students seers, with special needs, and teachers in public schools being well received by students who found them very good and able to facilitate understanding of the subject. Similarly, teachers also evaluated the material considered as a facilitator of teaching and learning process, since the visual and tactile aspects, according to these professionals can help the students to memorize and learn. Based on these results, we believe that the models produced may act positively, not just in the process of including pupils deficient visual, as in the understanding of cell structure and its components for all students involved in teaching and learning.

Keyword: cell, special needs, models.

LISTA DE FIGURAS:

Figura 2.1: Materiais utilizados no processo de ensino aprendizagem de alunos com necessidades especiais visuais	14
Figura 5.1: Exemplos de páginas do modelo bidimensional (o Braille está ao lado, mas não aparece na fotografia devido ao reflexo)	31
Figura 5.2: Foto do modelo tridimensional de célula e de algumas organelas celulares confeccionadas em biscuit. (A) Modelo tridimensional visto de cima; (B) Núcleo; (C) Aparelho Golgiense e Lisossomos; (D) Retículo Endoplasmático	32
Figura 5.3: Organelas quebradas após o manuseio dos alunos (mitocôndria: vermelha e Aparelho Golgiense: azul). As setas indicam as partes danificadas	34
Figura 5.4: Opinião dos alunos sobre os modelos avaliados	34
Figura 5.5: Resposta dos alunos sobre os modelos e a compreensão do tema	35
Figura 5.6: Percepção dos alunos sobre as diferenças entre as organelas	35
Figura 5.7: Resposta dos alunos sobre a compreensão das organelas	36
Figura 5.8: Escolaridade dos entrevistados	37
Figura 5.9: Alunos utilizando a massinha de modelar para confeccionar as organelas	39
Figura 5.10: Representações de alguns dos alunos para as organelas, antes da apresentação do modelo. (a) núcleo; (b) aparelho golgiense; e (C) retículo endoplasmático	40
Figura 5.11: Mitocôndrias produzidas com massinha de modelar pelos alunos antes da utilização dos modelos	41

Figura 5.12: Alunos utilizando o modelo durante a oficina	42
Figura 5.13: Comparação das mitocôndrias confeccionadas pelos alunos. (A) antes da utilização dos modelos; e (B) depois da utilização dos modelos	43
Figura 5.14: (A) Aluno confeccionando organelas; (B) e retículo endoplasmático confeccionado pelo aluno (cor branca) comparado com o retículo do modelo (amarelo)	44
Figura 5.15: Organelas confeccionadas pelos alunos após a utilização do modelo	44
Figura 5.16: Modelo original (acima) e nosso modelo com as organelas confeccionadas pelos alunos após a utilização dos modelos.	45
Figura 5.17: Opinião dos alunos sobre o modelo tridimensional de célula e suas estruturas	48
Figura 5.18: Percepção dos alunos sobre as diferenças entre as organelas	49
Figura 5.19: Resposta dos alunos a primeira pergunta do questionário	52
Figura 5.20: Resposta dos alunos a segunda pergunta do questionário	53
Figura 5.21: Número de acertos dos alunos na pergunta 4	54
Figura 5.22: Resposta dos alunos a primeira pergunta do questionário	55
Figura 5.23: Resposta dos alunos a segunda pergunta do questionário Número de acertos dos alunos em relação à quarta questão	56
Figura 5.24: Resposta dos alunos a segunda pergunta do questionário	57

LISTA DE QUADROS:

Quadro 4.1: Técnica de preparo da matéria-prima utilizada na construção do material tridimensional	19
Quadro 5.1: Comparação da abordagem do conteúdo Células em livros didáticos dos Ensinos Fundamental e Médio.	27
Quadro 5.2: Organelas e respectivas funções representadas e descritas no atlas contendo os modelos bidimensionais	30
Quadro 5.3: Respostas dos professores a pergunta a respeito do material e o processo de inclusão	61

LISTA DE TABELAS:

Tabela 5.1: Rede de ensino na qual os professores entrevistados lecionam	60
---	----

1. Introdução

Os conhecimentos científicos estão cada vez mais presentes no nosso dia-a-dia (NASCIMENTO-SCHULZ, 2006; MOREIRA, 2006; BAUMGARTEN, 2008; AMORIM E MASSARANI, 2008), exigindo grande número de informações, seja para a realização de tarefas triviais ou interpretação das informações científicas veiculadas pela mídia (REBELLO, 2001). Estes conhecimentos são cobrados continuamente para entrada no mercado de trabalho e a necessidade de uma melhor compreensão sobre as interações entre ciência e sociedade é, atualmente, um motivo de preocupação de todos os cidadãos. Por isso, é imprescindível garantir o livre acesso aos avanços da tecnologia, desde a infância, para todos os indivíduos (CAZELLI, 1992, SILVA, 2000, SOBRAL, 2000).

A educação é considerada um importante “*instrumento*” para se enfrentar essas novas conjunturas mundiais, tendo por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (GADOTTI, 2000; SEGNINI, 2000, REBELLO, 2001, HADDAD, 2004). Um de seus princípios é a garantia aos cidadãos à igualdade de condições de acesso e permanência na escola, sendo dever do estado o atendimento especializado gratuito aos educandos com necessidades educacionais especiais, preferencialmente na rede regular de ensino, devendo quando necessário, ter serviços de apoio especializado, para atender suas particularidades (LDB, 1996, SEVERINO, 2000).

A expressão *pessoas ou indivíduos com necessidades educacionais especiais* (NEE) é utilizada para referir-se aos que apresentam, durante o processo educacional, deficiências, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades/superdotação (BRASIL, 2008) precisando de atendimento educacional específico a fim de assegurar seu processo de ensino-aprendizagem.

O contato de alunos com NEE com outros alunos pode ser positivo para ambas as partes envolvidas. Professores de salas de aula regulares, que possuem alunos com NEE em suas classes, garantem que estes melhoram a capacidade de atenção, de comunicação e de participação nas atividades desenvolvidas na sala de aula (GIANGRECO *et al.*,1993). O ambiente rico em situações de aprendizagem das salas de aula regulares permite aos alunos com

NEE desenvolverem habilidades e participarem ativamente das atividades escolares (DOWNING, *et al.*, 1997, JANZEN *et al.*, 1995).

Além disso, alunos que possuem colegas com algum tipo de deficiência percebem um aumento de sociabilidade e comunicação nesses colegas. Sendo assim, a inclusão contribui também para que os alunos sem NEE se tornem mais sensíveis para essa questão e críticos em relação aos estereótipos socialmente construídos (YORK *et al.*, 1992). A literatura ainda aponta para o fato de que esses alunos apresentam uma maior aceitação e flexibilidade com os estudantes que apresentam algum tipo de deficiência (GIANGRECO *et al.*, 1993).

Apesar dessas evidências, a proposta da inclusão de alunos com NEE nas classes regulares de ensino está longe da adequação “garantida” por lei. Ainda que haja a lei, uma significativa parcela desses alunos encontra-se fora da escola ou em escolas especializadas para o atendimento a esse tipo de público. Muitos professores de escolas regulares ainda apresentam resistência ao processo de inclusão, seja por falta de materiais educativos, que por vezes são de uso exclusivo a um grupo de alunos, ou por falta de formação profissional e/ou insegurança para atuar com esse público (DA SILVA, 2006), assim como praticam ações discriminatórias no âmbito escolar em relação a alunos com deficiência (BRASIL, 2009).

Porém, o ambiente escolar pode vir a ser um local onde o processo de inclusão pode acontecer de forma eficiente, desde que sejam realizadas mudanças e adequações necessárias ao propósito. O processo de inclusão de alunos com NEE na escola regular requer procedimentos específicos, sendo o desenvolvimento de adaptações curriculares e de recursos didático-pedagógicos potenciais facilitadores para essa inclusão (LEITE E MARTINS, 2010).

O presente trabalho deu ênfase à inclusão de alunos com NEE visuais, que por não conseguirem ou terem dificuldades para enxergar necessitam de estratégias diferenciadas para que tenham acesso ao conhecimento. Neste contexto, o desenvolvimento de materiais interativos visando à inclusão desses alunos nas atividades escolares, sem excluir os outros alunos pode seguramente contribuir para o processo de ensino-aprendizagem, facilitando-o significativamente para ambos os grupos.

O entendimento de alguns conceitos na área de Biologia apresenta significativa dificuldade posto que requer uma capacidade de abstração

significativa e/ou uso de microscópios, que além de geralmente não estarem disponíveis nas escolas, excluem os deficientes visuais. Isto faz com que esse grupo necessite de materiais didáticos táteis que os auxiliem na compreensão dos mesmos (DOMINGUES, 2006). Além disso, algumas vezes, os materiais criados são exclusivos para estes alunos, podendo não estimular ou mesmo evitar a participação dos outros alunos durante o processo de aprendizagem, seja por falta de apelo visual ou pela individualidade do material (<http://www.labjor.unicamp.br/iphan>).

O tema *célula* é um tópico interessante da Biologia, mas apresenta um significativo grau de complexidade, sendo de difícil entendimento por parte de diversos alunos, incluindo aqueles com NEE (DA SILVA, 2006). O conteúdo Célula está amplamente presente nas grades curriculares do ensino fundamental e médio e sua complexidade associada à forma como o ensino está organizado na escola, maximiza a fragmentação do conteúdo aumentando a dificuldade de aprendizagem do tema (PEDRANCINI et. al., 2007).

Muitos alunos, em diferentes fases de escolaridade, apresentam dificuldades em compreender o conceito *Célula*. Os alunos, muitas vezes, apresentam concepções e idéias em relação ao tema que vão de encontro às concepções científicas. Essas idéias podem funcionar como uma barreira se entender o conceito (LEWIS, 2000).

Sendo assim, se faz necessária a confecção de materiais didáticos inclusivos que contextualizem e concretizem este conteúdo para os alunos. Estudos, como o presente nessa dissertação, envolvendo a criação e avaliação de novos materiais didáticos ou paradidáticos vêm para atender a essa demanda permitindo que todos os alunos compartilhem as mesmas oportunidades de compreensão bem como o mesmo acesso as informações e conteúdos.

2. Fundamentação teórica

2.1 A educação inclusiva

Segundo Sasaki (2006), embora as primeiras experiências sobre o tema inclusão tenham sido realizadas no fim da década de 1980, foi no início da década seguinte que a educação começou caminhar em direção a uma escola realmente aberta para todos.

No ano 1990, foi realizada na Tailândia a “Conferência Mundial sobre Educação para Todos” cujo documento final afirmava a necessidade de se garantir educação básica para todos como condição imprescindível para o desenvolvimento (CAIADO, 2006). Assim, de acordo com esse documento, a escola deve proporcionar a todos os seus alunos a apropriação do conhecimento a partir do processo de ensino - aprendizagem (SAVIANI, 1991). Considerando além dos conteúdos acadêmicos, cabe ainda à escola, a função de construir padrões de convivência social (MELLO, 1997).

De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), o ensino deve ser ministrado com base nos princípios de igualdade de condições para acesso e permanência na escola. A rede regular de ensino deve oferecer um ensino que seja adequado às necessidades e disponibilidades de todos os alunos.

A atual Política Nacional de Educação Especial define o aluno com NEE como aquele que “(...) por apresentar necessidades próprias e diferentes dos demais alunos no domínio das aprendizagens curriculares correspondentes à sua idade, requer recursos pedagógicos e metodologias educacionais específicas”. Essa conceituação define como “público-alvo os alunos com deficiências, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades/superdotação” (BRASIL, 2008).

A educação de alunos com NEE, que antes acontecia exclusivamente em escolas especializadas, tem se voltado nas duas últimas décadas para o que chamamos de *Educação Inclusiva* (GLAT E FERNANDES, 2005). Segundo Oliveira e Poker (2002), a escola inclusiva é aquela que oferece uma educação

adequada e de qualidade para todos os alunos estando adaptada aos estilos de aprendizagem de cada um deles.

De acordo com Omote (2006), o convívio com as diferenças é considerado importante para preparar os alunos para a vida social. Aprender na diversidade é fundamental para a formação de indivíduos capazes de promover uma sociedade mais justa e igualitária. Conviver na diversidade e respeitar as individualidade de cada um são fatores enriquecedores para todas as partes envolvidas.

Toda ação educativa deve ter como eixo principal o convívio com as diferenças e a aprendizagem como uma experiência que produza algum sentido para o aluno. Essa proposta educacional ganhou força com a Declaração de Salamanca, segundo a qual as escolas devem receber todas as crianças e jovens em idade escolar independentemente de suas condições físicas, intelectuais, sociais, emocionais, lingüísticas ou outras para que possam aprender juntas, sempre que possível, independentemente de quaisquer dificuldades ou diferenças que elas possam ter. As crianças e jovens com NEE devem ter acesso às escolas regulares, pois a presença das mesmas é o meio bastante eficaz de combater atitudes discriminatórias, contribuindo para a construção de uma sociedade inclusiva (UNESCO, 1994).

A sociedade inclusiva é fundamentada numa filosofia que reconhece e valoriza a diversidade, como característica primordial para construção de qualquer sociedade e garante acesso e a participação de todos, independentemente das peculiaridades de cada indivíduo e/ou grupo social (BRASIL, 2004, p. 8). Porém, a construção dessa sociedade implica em mudanças radicais nos valores e padrões já extremamente enraizados na sociedade atual. Ao defender a igualdade de direitos para as pessoas com NEE, propõe-se que seja assegurado o acesso a serviços de qualidade, capazes de atender as suas necessidades, a fim de garantir-lhes uma melhor qualidade de vida (OMOTE, 2006).

A escola é considerada uma instituição capaz de promover a inclusão ou a diminuição da exclusão social (BONETI, 2000), na medida em que ocupa papel de destaque nesse processo (MATISKEI, 2004). A inclusão não se efetiva por imposição, é preciso que sejam desenvolvidas ações que permitam sua viabilidade e que as pessoas estejam dispostas a aceitar as diversidades (SAAD, 2003)

A inclusão de alunos com NEE em escolas regulares é um grande desafio e está cada vez mais presente nos diferentes sistemas e níveis educacionais (CARDOSO, 2003). Porém, a inclusão desses alunos no ensino regular é um desafio que exige organização, produção de conhecimento, reflexão da realidade, fazendo da educação especial uma conquista (CAIADO, 2006).

Pensar em políticas públicas de inclusão escolar significa planejar e executar projetos que ampliem as possibilidades de acesso e inserção social desses alunos (MATISKEI, 2004). Para isso, toda a equipe escolar precisa estar qualificada, cabendo ao professor o desenvolvimento de habilidades para atuar com a diversidade através do uso de diferentes estratégias possibilitando assim que todos os alunos possam receber um ensino de qualidade (OMOTE, 2006).

A educação inclusiva não significa apenas a transferência do aluno da escola especial para a regular ignorando suas necessidades específicas, mas sim uma mudança nas concepções e valores, para que tanto o professor quanto a escola tenham o suporte necessário para realização de suas ações pedagógicas (MITTLER, 2001, MEC-SEESP, 1998). É necessário repensar e reestruturar as políticas e as estratégias educativas, para criar oportunidades efetivas de acesso e garantir condições imprescindíveis para que todos possam não só permanecer na escola como também aprender (MATISKEI, 2004).

Deste modo, a inclusão constitui um grande desafio (JANIAL E MANZINI, 1999), na medida em que para isso é preciso mudanças na concepção de sociedade, de educação e de escola, concepções essas já bastante cristalizadas na sociedade.

2.2 Os professores e a educação especial

A inclusão, apesar de depender de inúmeros fatores, está intimamente relacionada com a capacidade e o estímulo dos professores em fazer com que os alunos participem do processo (VITALIANO, 2007). Por isso, para que os professores consigam promover a efetiva inclusão é necessário que estejam preparados para isso.

De forma importante, ao analisarmos a literatura sobre a formação pedagógica dos professores para lidar o processo de inclusão esbarramos em várias questões (VITALIANO, 2007). Aparentemente a formação do professor na

Educação Especial de deficientes visuais, com relação ao estado do Rio de Janeiro, é ainda um tanto quanto deficitária. Os professores, que atuam com alunos deficientes visuais de 1ª a 4ª série, possuem como formação somente um ou dois dos cursos oferecidos pelo Instituto Benjamin Constant¹. Esses são cursos, de dois meses de duração, onde se aprende as técnicas de leitura em Braille, a utilização do Sorobã, da reglete e do punção, etc (MASINI, 1993, BRASIL, 2011).

O professor de 5ª a 8ª série é um professor de nível universitário que não possui conhecimentos para atuar no ensino especializado (MASINI, 1993), fato este que está fortemente relacionado à formação dos professores que atuam nos cursos de licenciatura. Para que os professores universitários consigam ensinar/preparar os futuros professores, é preciso que eles estejam preparados e saibam como atuar para incluir tais alunos. O que não é uma realidade no atual panorama da educação Brasileira (VITALIANO, 2007).

Uma pesquisa realizada junto a professores universitários da área de Educação mostrou que na percepção desses profissionais, ao final da graduação, os licenciados não possuem preparação suficiente para promover a inclusão de alunos com NEE nas salas de aulas, nem para orientar ou supervisionar práticas inclusivas dentro das escolas. De forma mais grave, os próprios professores universitários não se sentiam preparados para discutir ou abordar temas relacionados à inclusão ou ainda para atender alunos com NEE em suas salas de aula (VITALIANO, 2002).

Os professores da educação básica também não se sentem preparados para assumir tal responsabilidade e tampouco se sentem seguros para atuar com esse alunado. Uma pesquisa realizada com professores, que pela primeira vez estavam tendo contato com alunos NEE em suas salas de aula, indicou que os mesmos apresentavam certo medo em relação ao comportamento dos alunos e em não conseguir ensiná-los. (MONTEIRO E MANZINI, 2008).

Normalmente, sentimentos como medo, insegurança, compaixão, entre outros são demonstrados, num primeiro momento, com a chegada de um aluno com deficiência em uma escola regular. Isso se deve ao fato de que as pessoas

¹ O Instituto Benjamin Constant é um Centro de Referência, a nível nacional, para questões da deficiência visual. Possui uma escola, capacita profissionais da área da deficiência visual, assessora escolas e instituições, realiza consultas oftalmológicas à população, reabilita, produz material especializado, impressos em Braille e publicações científicas.

desconhecem ou apresentam idéias preconcebidas em relação a pessoas que apresentam algum tipo de deficiência (MELO E MARTINS, 2004).

É possível destacar, então, três problemas na relação professor- educação especial: a) a falta de preparo dos professores para promover a inclusão nos diversos segmentos de ensino (RODRIGUES, 2006) b) o fato dos cursos de graduação, em sua maioria, ainda não disponibilizarem a preparação adequada para os graduandos que assim, não saberão como promover a inclusão nos espaços educacionais onde forem atuar (PLETSCH, 2009); c) ausência de estrutura física e pedagógica para o ensino desses alunos (FALKENBACH, et. al. 2008).

Assim, o processo de inclusão exige uma transformação do atual modelo educacional. É necessário que, além de mudanças curriculares e na estrutura física da escola, seja adotada uma nova política educacional que promova mudanças no processo de capacitação dos profissionais que lidam com esses alunos (BRASIL, 2005; FRIAS, 2008/2009).

O desenvolvimento de um material educativo específico para auxiliar no processo de inclusão dos alunos com algum tipo de deficiência pode ajudar o trabalho do professor na hora de realizar as adaptações curriculares necessárias e pode também modificar suas expectativas, em geral baixas, sobre o processo de ensino-aprendizagem junto a esses alunos.

Além disso, segundo Castro (2002), no caso específico do ensino de ciências, poucas práticas voltadas para a inclusão vêm sendo desenvolvidas e os professores ainda não estão preparados para realizarem as adaptações curriculares que venham a auxiliar no processo de inclusão, especialmente do aluno com deficiência visual.

2.3 A educação de alunos com deficiência visual

Os alunos com deficiência visual compõem um grupo que necessita de alguns recursos educacionais, estratégias de apoio e adaptações curriculares para que possam participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem. Eles podem ser divididos em duas categorias:

- Cego, que é aquele cuja perda de visão indica que processo de aprendizagem se fará através da integração dos sentidos: tátil- sinestésico-auditivo- olfativo-gustativo. O uso do sistema Braille, de aparelhos de áudio e de equipamentos especiais, pode e devem ser utilizados em seu programa educacional, pois são necessários para que sejam alcançados os objetivos educacionais (MASINI, 1993; BRUNO, 1997).
- O indivíduo com visão subnormal é aquele que possui uma visão limitada que não pode ser corrigida por tratamento clínico ou cirúrgico, nem com óculos convencionais ou ainda aquele que possui qualquer grau de enfraquecimento visual que cause incapacidade funcional e diminua o desempenho visual interferindo no processo de aprendizagem (CARVALHO et. al, 1994; BRUNO, 1997).

De acordo com Antônio João Menescal Conde, professor do Instituto Benjamin Constant, pedagogicamente, é chamado de cego aquele que, mesmo possuindo visão subnormal, necessita de instrução em Braille e com visão subnormal aquele que lê tipos impressos ampliados ou com o auxílio de potentes recursos ópticos (BRASIL, 2010).

A preocupação com a educação de deficientes visuais começou no ano 1854, quando o Imperador Dom Pedro II criou o Imperial Instituto de Meninos Cegos, marco inicial da educação de deficientes no Brasil que desde 1891, é chamado de Instituto Benjamin Constant, em homenagem ao seu terceiro Diretor.

Na década de 1940, foi criado o ensino ginásial no Instituto Benjamin Constant, fazendo com que os alunos pudessem ao completar essa etapa, ingressar nos colégios secundários e universidades (BRASIL, 2010). Em 1945, o Instituto de Educação Caetano de Campos, em São Paulo, implementou o primeiro curso de especialização de professores para o ensino de deficientes visuais. No ano seguinte, foi criada a Fundação para o Livro do Cego no Brasil, primeira imprensa Braille de grande porte nacional na Fundação Dorina Nowill para Cegos² (FDNC, 2010). A criação da fundação foi um passo importante para a descentralização da educação especializada.

² Há mais de seis décadas a Fundação Dorina Nowill para Cegos (FDNC) se dedica à inclusão social das pessoas com deficiência visual, por meio da educação e cultura, atuando na produção de livros em Braille, livros e revistas falados, e obras acadêmicas no formato Digital Acessível distribuídos gratuitamente para

Na década de 1950, um aluno cego podia se matricular no 2º ciclo do curso secundário e o Conselho Nacional de Educação permitiu oficialmente o ingresso de estudantes cegos em Faculdades de Filosofia (MASINI, 1993).

Assim, ao longo dos anos pode-se perceber um aumento no número de alunos com alguma deficiência visual em escolas regulares, mostrando a possibilidade de adaptação social e educacional desses alunos. Contudo, para que eles estejam efetivamente incluídos na escola regular é preciso que sejam utilizados textos em Braile, fitas gravadas, textos em material ampliado e materiais didáticos específicos durante as atividades realizadas em sala de aula. O professor precisa sempre lembrar que esses alunos precisam de condições diferenciadas para atender às suas necessidades educacionais (CAIADO, 2006).

É necessário compreender a maneira como esses alunos percebem e se relacionam, não esquecendo que eles possuem mais semelhanças do que diferenças com os demais alunos. O fato de não disporem de visão é o ponto principal a ser considerado e o que os torna diferente dos outros (MASINI, 1993). Para eles, o acesso ao conhecimento é feito de maneira diferente da maioria dos alunos das escolas regulares.

O conhecimento desses alunos é alcançado principalmente através de dois sentidos: a audição e o tato (CAMARGO, *et.al.*, 2001). Para eles, o movimento das mãos possibilita que eles percebam diferentes texturas, temperaturas, consistências, contornos, tamanhos e pesos. Suas mãos têm fundamental importância para que tenham acesso ao conhecimento.

Cabe ao professor conhecer e compreender as vias de comunicação que esses alunos têm com o mundo para assim transmitir conhecimentos e propiciar condições exploratórias e de compreensão do mundo ao seu redor, organizando o que aprenderam através dos sentidos de que dispõem. O professor precisa traçar diretrizes para seu trabalho, atento a aspectos que o ajudarão a definir que tipo de orientação deve ser oferecida no processo educacional desses alunos (MASINI, 1993). E nesse processo alguns princípios precisam ser estabelecidos como a solidez, a unificação de experiências e o aprender fazendo (CAMARGO, *et.al.*, 2001).

peças com deficiência visual e para centenas de escolas, bibliotecas e organizações de todo o Brasil.

Para que os deficientes visuais possam organizar as informações e situarem-se no mundo ao seu redor, eles precisam dispor de condições para explorá-lo. As situações educacionais necessitam estar organizadas de maneira que os alunos cegos ou de baixa visão utilizem suas habilidades (táteis, olfativas, auditivas, cinestésicas e térmicas,) e devem estar em equilíbrio com as suas experiências perceptivas (MASINI, 1993). Assim, os professores que atuam na educação desses alunos devem possuir conhecimentos sobre as limitações dos mesmos e sobre como garantir que o processo de ensino-aprendizagem ocorra (MONTILHA, *et. al.*, 2006).

As respostas às necessidades educacionais desses alunos devem ser buscadas no currículo que é comum a todos os alunos, porém, é preciso que o professor realize modificações e adaptações para que seja assegurada a igualdade de oportunidades e acesso ao conhecimento para todos os alunos (BRASIL, 2010). A escola deve oferecer a cada aluno um currículo que atenda as suas necessidades especiais, porém, sem esquecer os objetivos que são comuns a todos os alunos (BLANCO E DUCK, 1997).

Podemos concluir, então, que muitas são as barreiras a serem superadas para garantir a acessibilidade dos deficientes visuais na rede regular de ensino.

O professor precisa estar atento para o fato de que a deficiência visual promove a privação de estímulos e de informações presentes no meio ambiente. Portanto, é preciso que ele encontre diferentes caminhos para que esse aluno possa ampliar seu contato com o mundo que o cerca: seja através da ampliação de sua percepção e compreensão dos conhecimentos; e/ou através da intensificação de suas relações e comunicação com os que o cercam (MASINI, 1993). Nesse contexto, o espaço e os materiais educativos disponíveis são fundamentais para facilitar e viabilizar este processo.

2.4 Materiais didáticos e o ensino de ciências

O princípio norteador de uma ação educativa é estimular mudanças na realidade dos sujeitos envolvidos (SIQUEIRA, 2006) e um grande aliado para que as mudanças sejam efetivas é o material didático. Porém, apesar da sua importância no processo de ensino-aprendizagem, os materiais didáticos são foco de um número ainda pequeno de estudos e pesquisas. Menor ainda, o número de estudos sobre e com materiais didáticos acessíveis para alunos com necessidades educacionais especiais visuais. (DELOU *et. al.*, 2011).

Materiais didáticos são “qualquer coisa empregada por professores e alunos para facilitar a aprendizagem” (SALAS³ apud. VILAÇA, 2009). O objetivo desses materiais, em sua extensa maioria, é tentar propiciar melhor entendimento do conteúdo, contribuindo de várias formas para que o processo de ensino-aprendizagem seja bem sucedido e prazeroso.

O material didático deve ser um elemento mediador com concepção pedagógica que oriente o processo de ensino-aprendizagem. (GARDEL, 2006). No processo de concepção, desenvolvimento e produção desses materiais, deve-se considerar o aluno como o centro do processo de aprendizagem, visando o desenvolvimento de suas habilidades cognitivas.

No caso do ensino de ciências, a heterogeneidade das capacidades e formação dos alunos tem contribuído para aumentar a complexidade na escolha e organização das atividades didáticas (VILLANI E PACCA, 1997). A utilização de materiais didáticos diversificados e cuidadosamente selecionados agindo em conjunto com o livro texto é um princípio facilitador da aprendizagem (MOREIRA, 2000).

O sucesso de uma aula está na soma do conhecimento específico da disciplina e do processo de aprendizagem. Dentro da concepção de ensino que considera o aluno protagonista de sua aprendizagem e o professor, o organizador e mediador deste processo, o planejamento e as avaliações devem instrumentar a promoção e controle da aprendizagem. Para isso, o professor precisa ser capaz de manter em sala de aula uma interação dialógica contínua com seus estudantes (VILLANI E PACCA, 1997).

Torna-se assim, essencial para a produção de um material didático a definição da concepção pedagógica capaz de nortear o processo de ensino-aprendizagem e um planejamento minucioso, de acordo com os princípios determinantes da proposta pedagógica (FREITAS E SANTOS, 2004). Segundo os PCNs,⁴ todo material é fonte de informação, sendo importante haver diversidade de recursos para que os conteúdos possam ser tratados da maneira mais ampla possível. É preciso que os professores estejam atentos à qualidade, à coerência e a eventuais restrições que apresentem em relação aos objetivos educacionais

³ SALAS, M. R. English Teachers as Materials developers. *Actualidades Investigativas en Educacion*. Vol. 4. N. 2, 2004.

⁴ Parâmetros Curriculares Nacionais.

propostos. Além disso, é importante considerar que a variedade de fontes de informação é o que contribuirá para que o aluno tenha uma visão ampla do conhecimento (BRASIL, 2000).

Tomando como base a diversidade da comunidade escolar e a importância de respeitar e atender a essa diversidade, é preciso que a ação educativa tenha como foco a individualidade de cada aluno. Para o sucesso do processo de ensino-aprendizagem é preciso atender às necessidades de cada um dos alunos (GONZÁLES, 2002).

O desenvolvimento de materiais didáticos pode auxiliar no processo de inclusão educacional. Além disso, os procedimentos educacionais devem ser baseados no diálogo constante, a preocupação de observar como o aluno está se desenvolvendo, bem como a disponibilidade para modificar ou reorganizar situações de aprendizagem (VITALIANO, 2002).

Para alcançar um bom desempenho, o aluno deficiente visual precisa dominar alguns materiais básicos, fundamentais no seu processo de ensino-aprendizagem. Entre esses materiais (Figura 2.1) destacamos:

- a reglete: um dispositivo plástico ou metálico, Dispositivo metálico ou plástico, formado por uma placa frisada ou com cavidades circulares rasas e uma régua ou placa com retângulos vazados, usado para a escrita em Braille
- o punção: estilete constituído de uma ponta metálica e de um cabo em plástico, madeira ou metal, usado especificamente para a produção de pontos em relevo em regletes.
- Sorobã: usado para a realização de cálculos matemáticos (<http://www.ibc.gov.br>).

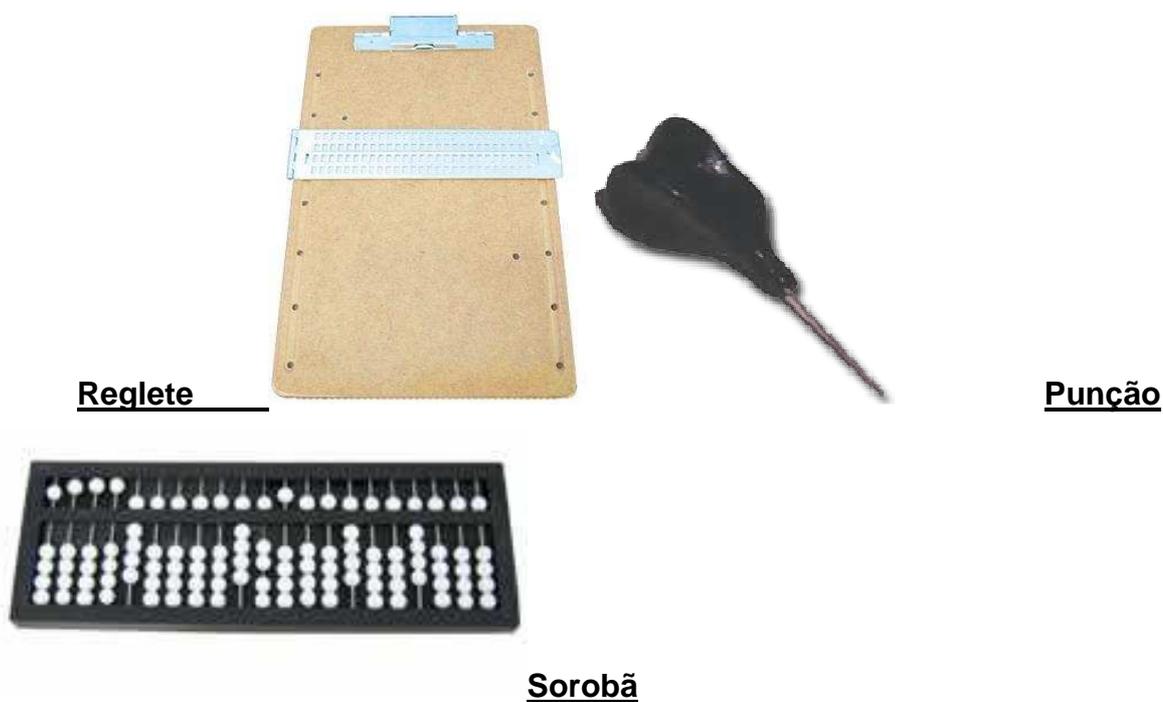


Figura 2.1: Materiais utilizados no processo de ensino aprendizagem de deficientes visuais

O grande avanço tecnológico também vem propiciando à educação especial recursos importantes para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem dos alunos deficientes visuais. Entre esses recursos podem ser destacados: Thermoform (Duplicador de materiais capaz de produzir relevo em película de PVC), Impressora Braille, Computador, Sistema Operacional DOSVOX, sintetizadores de voz, etc (<http://www.ibc.gov.br>)

Os materiais didáticos são de fundamental importância para a inclusão de pessoas com deficiência visual, pois esses alunos apresentam dificuldade de contato com o ambiente físico, o que pode reduzir a aprendizagem a um mero verbalismo, desvinculado da realidade. A formação de conceitos está relacionada a um íntimo contato com as coisas do mundo e o deficiente visual necessita de motivação concreta para que possa aprender. Neste contexto, manusear diferentes materiais didáticos auxilia a percepção tátil, facilitando a discriminação de detalhes (CERQUEIRA E FERREIRA, 2000).

Assim, o professor que tem em sua sala um aluno cego ou com baixa visão, deve lançar mão da criatividade e utilizar recursos pedagógicos e estratégias adequadas a fim de motivar a vontade de aprender desse aluno (NJOROGÉ, 1994).

De acordo com Cerqueira e Ferreira (2000), que são professoras do Instituto Benjamin Constant, os materiais didáticos constituem-se num meio para facilitar, incentivar ou possibilitar o processo ensino-aprendizagem. Porém, para seleção, adaptação ou elaboração de materiais didáticos para alunos deficientes visuais, é preciso levar em conta alguns critérios para alcançar a desejada eficiência na utilização incluindo:

- ✓ Ter tamanho adequado às condições dos alunos - muito pequenos não ressaltam detalhes ou perdem-se com facilidade e muito grandes no tamanho, pode prejudicar a apreensão da totalidade;
- ✓ Constituir-se de diferentes texturas para melhor destacar as partes componentes. Contrastes do tipo: liso/áspero, fino/espesso, permitem distinções adequadas;
- ✓ Não oferecer perigo ou provocar rejeição ao manuseio, fato que ocorre com os materiais que ferem ou irritam a pele;
- ✓ Ter sua representação o mais exata possível do que está sendo representado;
- ✓ Ser simples e de fácil manuseio;
- ✓ Ser confeccionados com materiais que não se estraguem com facilidade, considerando o frequente manuseio pelos alunos.

Os materiais, quando bem elaborados, podem vir a ser importantes instrumentos capazes de auxiliar o professor no processo de inclusão de alunos com NEE bem como favorecer a construção do conhecimento e o entendimento dos conteúdos por parte de todos os alunos. Entretanto, cabe ressaltar que para que a inclusão ocorra de forma efetiva é importante que o material seja utilizado por todos os alunos, propiciando uma maior interação e socialização entre eles.

Atualmente, poucos são os materiais didáticos capazes de auxiliar na prática de ações inclusivas. Por isso, é preciso pensar na produção de materiais diversificados que possibilitem a aproximação com as individualidades de cada um dos alunos, suas diferentes realidades e formas de interagir com o conteúdo, propiciando a inclusão de todos os alunos. É preciso criar materiais didáticos acessíveis para todos. (DELOU et. al., 2011)

3. Objetivos

3.1 Objetivo geral

Criar modelos celulares bidimensionais e tridimensional interativos capazes de auxiliar na inclusão de pessoas com deficiência visual em escolas regulares tanto no ensino médio quanto no ensino fundamental.

3.2 Objetivos específicos

- Analisar a abordagem do conteúdo sobre o Tema Células em livros didáticos dos Ensinos Fundamental e Médio para orientação do material a ser construído;
- Determinar materiais, dinâmica e partes dos modelos a serem construídos;
- Criar os protótipos dos modelos bidimensionais e do modelo tridimensional;
- Testar os protótipos *in loco* com estudantes e professores.

4. Metodologia

4.1 Construção do material

4.1.1 Norteadores do conteúdo do material

A fim de identificar as dificuldades dos indivíduos com necessidades educacionais especiais sobre o tema Célula e nortear a construção do referencial teórico do presente trabalho realizamos um levantamento bibliográfico, no período de janeiro a dezembro de 2008 utilizando como palavras chaves: **educação especial, pessoas com necessidades educacionais especiais, materiais didáticos e inclusão educacional** e através de buscas sistemáticas na literatura, tanto em fontes estruturadas como na rede mundial de computadores (www), que incluiu o uso de sites como: Medline, Lilacs, Periódicos Capes, Scielo, Ministério da Educação e Ministério da Saúde.

4.1.2 Determinação do nível de abordagem e complexidade do material através da identificação do conteúdo sobre o Tema Células em livros didáticos dos Ensinos Fundamental e Médio

A seleção do conteúdo didático para construção de um material didático que pudesse ser utilizado nas escolas foi feita baseada no levantamento sobre o tema Células realizado em livros didáticos do Ensino Fundamental e do Ensino Médio. A escolha dos livros foi baseada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) que indica que o tema célula é abordado com maior ênfase no 8º ano do Ensino Fundamental (antiga 7ª série) e no 1º ano do Ensino Médio. No total foram analisados seis livros didáticos, aprovados pelo MEC, sendo quatro utilizados no 1º ano do Ensino Médio e dois utilizados no 8º ano do Ensino Fundamental. Foram analisados os seguintes tópicos:

- Número de páginas e subtítulos abordando o tema;
- Quantidade e avaliação das ilustrações.
- Citação sobre: a célula no organismo e estruturas celulares;
- Comparação das diferentes células;
- Funções celulares, relacionando-as com suas estruturas;

- Exemplos de células;
- Citação de distúrbios relacionados às células (ex: doenças envolvendo mitocôndrias);

4.1.3 Determinação dos materiais, dinâmica e partes dos modelos e criação dos protótipos dos modelos bidimensionais e do modelo tridimensional de célula

Para a produção dos modelos bidimensionais e do modelo tridimensional consideramos os seguintes parâmetros: níveis de informação, acesso ao material, movimentação, complexidade e interatividade.

Para tanto, seguimos as seguintes etapas para a produção dos modelos deste trabalho:

- 1) Determinação dos elementos e estruturas para compor os modelos;
- 2) Definição das texturas das estruturas;
- 3) Definição do *comportamento* das estruturas;
- 4) Criação das estruturas celulares propriamente ditas (membrana, citoplasma, organelas).

O modelo bidimensional foi confeccionado utilizando como matérias-primas: uma pasta escolar com divisórias plásticas, E.V.A (Etil Vinil Acetato) para confecção das estruturas representadas, reglete e punção que foram usados para fazer as identificações em Braille.

O modelo tridimensional demandou diferentes estratégias de construção. Inicialmente a criação do modelo tridimensional propriamente dito foi pensado tendo como matéria prima o Biscuit (tabela 1). Após alguns testes constatamos que o material não apresentava grande resistência além de ter mostrado pouca durabilidade.

Quadro 4.1: Técnica de preparo da matéria-prima utilizada na construção do material tridimensional

Matéria-Prima	Ingredientes	Como preparar
Biscuit	2 xícaras de chá de amido de milho; 2 xícara de chá de cola branca; 1 colher de sopa de vaselina líquida ou óleo de cozinha; 1 colher de sopa de suco de limão ou vinagre branco; 1 colher de sopa de creme para as mãos (não gorduroso) para sovar a massa.	Misture todos os ingredientes e leve ao microondas, na potência máxima por 3 minutos (este tempo varia de potência e marca de um para o outro) mexendo a cada 1 minuto. Ao término, a massa deve estar ressecada em cima com a umidade da cola e embaixo. Use o creme de mãos para sovar a massa.

Pelo motivo de falta de resistência, começamos a procurar solução para o problema encontrado utilizando técnicas como o uso do papel marchê. Entretanto, depois de alguns testes novamente com o Biscuit pudemos constatar que ao envernizar as peças conferíamos mais resistência às mesmas fazendo com que o material ganhasse maior durabilidade.

4.2 Testes in loco dos modelos confeccionados

4.2.1 Tipo de pesquisa: Descritiva com abordagem qualitativa (DEMO,1996).

4.2.2 Análise dos dados: Interpretação simples.

Neste tipo de análise deve ser considerado o sentido que um indivíduo atribui às mensagens, visando descobrir o que está por trás de cada palavra (MINAYO 2003; PUGLISI E FRANCO, 2005). Para atender os objetivos propostos neste estudo foi realizado uma pesquisa de natureza qualitativa. “A natureza

qualitativa compreende atividades de investigação específicas que podem ser caracterizadas por traços comuns, onde o investigador atua no contexto da pesquisa” (TRIVIÑOS, 1992, p.32). “O conhecimento não se reduz a um rol de dados isolados, conectados por uma teoria explicativa; o sujeito-observador é parte integrante do processo de conhecimento e interpreta os fenômenos, atribuindo-lhes um significado”. (CHIZZOTTI, 2001, p.78). Seguindo a natureza qualitativa, de modo complementar, realizaremos ainda um tratamento quantitativo na investigação de alguns dados para viabilizar a análise em outras perspectivas.

4.2.3 Instrumento de coleta de dados: Questionário de opinião (para avaliar a aceitação dos modelos) e questionário com perguntas relacionadas ao conteúdo.

4.2.4 Local de realização da pesquisa: Escolas da rede pública estadual de ensino e Escola Especializada no atendimento de deficientes visuais.

4.2.5 Teste de resistência do primeiro modelo tridimensional criado (biscuit sem o verniz)

Para testarmos a resistência do material realizamos oficinas, com duas turmas, 8º ano do Ensino Fundamental e 1º ano de Ensino Médio, de um colégio estadual do Estado do Rio de Janeiro, com 32 e 27 alunos respectivamente, totalizando 59 alunos videntes.

Durante a oficina utilizamos o modelo tridimensional confeccionado e apresentamos: a história da teoria celular, as diferentes estruturas celulares e suas respectivas funções, as diferenças entre as células e os componentes celulares e suas funções.

Com a realização deste teste, nosso intuito era testar a resistência do material e a aceitação dos alunos com relação ao mesmo. As informações foram obtidas por meio de um questionário (apêndice 9.1) que tinha por finalidade verificar a receptividade dos alunos com relação ao modelo e também a interatividade do mesmo.

4.2.6 Teste in loco dos modelos bidimensionais e tridimensional (com verniz) para aperfeiçoamento e construção dos modelos finais

Para validarmos os modelos realizamos testes *in loco* com alunos (cegos, com baixa visão e videntes) e também com professores de Ciências e Biologia de diferentes séries da educação Básica a fim de sabermos a opinião dos mesmos em relação ao material construído e com isso obtermos informações para a criação da versão final do modelo.

As informações foram obtidas por meio de questionários (apêndices 9.1 e 9.2) que foram aplicados pela pesquisadora no intuito de verificar:

- a) Receptividade;
- b) Interpretação dos elementos constituintes;
- c) Interatividade;
- d) Nível de facilitação no entendimento do tema.

Além disso, procuramos observar se a utilização do material foi capaz de promover a interação entre os alunos.

4.2.6.1 Avaliação do material didático junto a alunos com e sem necessidades educacionais especiais

Para avaliarmos o material realizamos um teste com 20 alunos com faixa etária entre 13 e 22 anos, sendo 9 do sexo feminino e 11 do sexo masculino e com escolaridade entre o oitavo ano do Ensino Fundamental (antiga sétima série) e o primeiro ano do Ensino Médio. Nossos entrevistados são alunos de escolas públicas localizadas no Estado do Rio de Janeiro, sendo uma das escolas especializada em educação especial e duas escolas inclusivas. E quanto a acuidade visual, nossos entrevistados eram videntes que tinham em suas classes algum colega com deficiência visual (n=5) e deficientes visuais (n=15).

O material não foi apresentado ao mesmo tempo para todos os alunos. Assim, realizamos quatro testes: no primeiro e segundo testes participaram 5 alunos cada, o terceiro foi realizado com 7 alunos e o quarto com 3 alunos. O terceiro e o quarto testes eram para ser um único teste, porém devido a dificuldade de deslocamento encontradas pelos deficientes visuais tivemos que dividi-lo em 2 diferentes testes.

Teste *in loco* 1 e 2

- 1) Distribuiu-se massa de modelar para os alunos e pediu-se que eles fizessem representações de algumas organelas. A finalidade aqui foi saber como os alunos achavam que era o formato das organelas;
- 2) Em seguida, foi feita uma breve explicação sobre o tema apresentando os modelos das diferentes estruturas celulares e suas respectivas funções. Durante a explicação, cada vez que uma nova estrutura celular era descrita e apresentava-se a sua função, os alunos eram convidados a manusear tanto o modelo 3D quanto o modelo 2D representativo da mesma. Nesta etapa o objetivo foi apresentar os modelos e criar subsídios para que o aluno consiga reconhecer uma célula e suas estruturas (membrana, citoplasma, núcleo e organelas), assim como suas formas e funções;
- 3) Ao final da explicação, pediu-se aos alunos que fizessem de novo as organelas objetivando de saber se após a utilização dos modelos os alunos conseguiriam, usando a massa de modelar, criar representações das organelas com formato parecido com as representações didáticas utilizadas no Ensino de Ciências;
- 4) Depois distribuiu-se um questionário (apêndice 9.1) com o intuito de saber se o modelo facilitou a compreensão sobre a célula e suas estruturas e a percepção das diferenças entre as organelas (tamanho, textura, forma).

Teste *in loco* 3 e 4

Os testes 3 e 4 diferiram dos testes 1 e 2 devido a presença de um segundo questionário com perguntas de conteúdo.

Esse questionário foi a primeira etapa realizada durante esses testes, quando solicitamos aos alunos que respondessem a perguntas sobre a célula, sua estrutura, composição e sobre as organelas (apêndice 9.2). O objetivo aqui foi conhecer o que os alunos haviam apreendido sobre o conteúdo uma vez que todos já tinham, de acordo com o currículo escolar, tido contato com o tema em questão.

O mesmo questionário foi aplicado uma semana depois para esses alunos visando saber se suas respostas haviam se modificado depois de algum tempo após a utilização do modelo.

4.2.6.2 Dinâmica utilizada no teste com professores

- 1) Apresentamos os modelos confeccionados aos professores, mostrando o que cada estrutura representava e informamos a eles sobre a finalidade da construção dos modelos;
- 2) Em seguida, os mesmos foram convidados a manusear o modelo;
- 3) Após essa etapa, pedimos a eles que respondessem um questionário de avaliação dos modelos. Porém, para fins de avaliação do material produzido nesta dissertação só analisamos uma das perguntas do questionário.

5. Resultados e Discussão

5.1 Construção dos modelos

5.1.1 Análise de abordagem do Tema Célula em livros didáticos

Analisamos como o tema célula é abordado nos livros didáticos de ensino médio e fundamental, aprovados pelo MEC, para com isso selecionarmos o conteúdo didático que nos orientou na construção dos protótipos dos modelos bidimensionais e tridimensional.

No total foram analisados seis livros didáticos, todos aprovados pelo MEC, sendo quatro utilizados no 1º ano do Ensino Médio e dois utilizados no 8º ano do Ensino Fundamental. Os livros analisados foram:

LOPES, S. *Biologia – Volume único*. Saraiva, São Paulo: 2005

LINHARES, S. E GEWANDSZNAJDER, F. *Biologia – Volume único*. Ática, São Paulo: 2005.

DA SILVA, C. E SASSON, S. *Biologia – Volume 1*. Saraiva. São Paulo: 2007

PAULINO, W. *Biologia, Cytologia Histologia – Volume 1*. Ática, São Paulo: 2005.

BARROS, C. E PAULINO, W. *Ciências: O Corpo Humano*, Ática, São Paulo: 2007.

CRUZ, J.L.C. *Ciências – Projeto Araribá, 7ª série*, Moderna, São Paulo: 2006.

A escolha dos livros foi baseada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), que definem que o tema Célula deve ser abordado com maior ênfase no 8º ano do Ensino Fundamental e 1º ano do Ensino Médio. A análise foi feita observando os seguintes tópicos:

- a) Número de páginas e subtítulos abordando o tema;
- b) Citação sobre o papel da célula no organismo e estruturas celulares;
- c) Comparação e exemplos das diferentes células;
- d) Funções celulares relacionando-as com suas estruturas;
- e) Citação de distúrbios relacionados às células (ex: doenças envolvendo mitocôndrias)

f) Quantidade e avaliação das ilustrações.

Observando os seis livros analisados nota-se que apresentam no mínimo uma unidade exclusiva de abordagem do tema Citologia compartimentalizada em capítulos. Esse estudo revelou a diferença no número de páginas dedicadas ao tema entre os livros do Ensino Médio e livros de Ensino Fundamental (Quadro 5.1).

Apesar dos quatro livros de Ensino Médio apresentarem diferenças quanto ao número de páginas, a organização detalhada do assunto não está diretamente relacionado a esse fato, já que o número de capítulos não apresentou diferença numérica significativa (Quadro 5.1). Quanto ao conteúdo, foi feita uma análise comparativa entre os livros e podemos dizer que três dos livros possuíam graus de abordagem do tema muito semelhantes. Somente o Paulino (2005) apresentou um grau de complexidade um pouco menor na apresentação e detalhamento do conteúdo (Quadro 5.1).

Já os livros de Ensino Fundamental mostraram uma diferença importante tanto no número de páginas quanto no detalhamento do conteúdo, apesar de apresentarem uma quantidade similar de subitens quando comparados aos livros de Ensino Médio.

A análise dos livros mostrou ainda que a forma de apresentação do conteúdo é feita linearmente, com uma visão fragmentada do conhecimento, fato que pode dificultar o entendimento do tema por parte dos alunos.

Este resultado está de acordo com o que diz Vasconcelos e Souto (2003) de que a maioria dos livros didáticos de Ciências exibe uma disposição linear de informações e uma apresentação fragmentada do conhecimento que limitam a perspectiva interdisciplinar.

Segundo Ausubel, esse tipo de abordagem do conteúdo leva a uma aprendizagem mecânica, ou seja, as novas informações são armazenadas sem interagir umas com as outras e com os conceitos relevantes pré-existentes na estrutura cognitiva dos alunos (AUSUBEL, 1982). Assim, o aluno decora o novo conteúdo armazenando-o de forma isolada e normalmente o esquece após um curto período de tempo.

Essa situação demanda do professor determinadas habilidades e competências, para poder realizar atividades, utilizar ou mesmo produzir materiais que efetivamente possam auxiliar seu trabalho em sala de aula contribuindo para a aprendizagem de seus alunos. Embora existam hoje novas tecnologias que possibilitem o acesso a informação, o livro didático continua sendo o principal recurso de estudo utilizado pelos alunos.

Quadro 5.1: Comparação da abordagem do conteúdo Células em livros didáticos dos Ensinos Fundamental e Médio

LIVRO	LOPES (2005)	LINHARES E GEWANDSZNAJDER (2005)	Da SILVA E SASSON (2007)	PAULINO (2005)	BARROS E PAULINO (2007)	CRUZ (2006)
Número de páginas abordando o tema	88 páginas	89 páginas	177 páginas	127 páginas	14 páginas	4 páginas
Subtítulos abordando o tema	<p>A composição química das células</p> <p>Introdução à citologia e superfícies das células</p> <p>Citoplasma</p> <p>Metabolismo energético das células</p> <p>O núcleo e a síntese protéica</p> <p>As divisões celulares</p>	<p>Os componentes químicos das células</p> <p>Uma visão geral da célula</p> <p>Membrana Plasmática</p> <p>O citoplasma e suas organelas</p> <p>Mitocôndria e respiração celular.</p> <p>Cloroplastos e fotossíntese</p> <p>Núcleo, cromossomos e clonagem</p> <p>Ácidos nucleicos e engenharia genética</p> <p>Divisão celular</p>	<p>A química da Célula</p> <p>A descoberta da célula: os tipos celulares</p> <p>As membranas celulares: entrada e saída de substâncias</p> <p>O citoplasma: onde as reações acontecem.</p> <p>O núcleo celular</p> <p>Divisão celular</p> <p>O metabolismo celular</p>	<p>A célula: teoria celular; padrões celulares</p> <p>Envoltórios celulares</p> <p>Citoplasma</p> <p>Núcleo celular</p> <p>Divisão celular</p> <p>Biotechnologia do DNA: a engenharia genética</p> <p>Fotossíntese</p> <p>Respiração celular.</p>	<p>A célula: uma visão geral</p> <p>A membrana plasmática</p> <p>O citoplasma</p> <p>O núcleo da célula</p> <p>A divisão celular</p> <p>Células</p> <p>Haplóides e diplóides</p> <p>O aumento no número de células</p>	<p>A célula</p> <p>A unidade da vida</p> <p>As estruturas das células</p> <p>O núcleo e a formação hereditária</p> <p>O núcleo celular</p> <p>O núcleo e a divisão celular.</p> <p>A divisão celular</p>
Citação sobre o papel da célula no organismo	<p>“Todos os seres vivos são formados por células. As células são, portanto, as unidades morfológicas e funcionais dos seres vivos”.</p>	<p>“Todos os seres vivos são formados por células, que são as unidades básicas de funcionamento dos seres vivos”. “O estudo das células ajuda o cientista a compreender melhor a origem das doenças”</p>	<p>“Todos os seres vivos são constituídos por pequenas unidades funcionais, as células”</p>	<p>“As células podem ser entendidas como as unidades morfológicas dos seres vivos e eles são formados por pelo menos uma dessas unidades biológicas. A célula enquanto menos porção da matéria viva capaz de desempenhar as diversas atividades vitais associadas a manutenção da vida de um organismo, pode ser também entendida como unidade fisiológica dos seres vivos”.</p>	<p>É feita de forma bastante didática</p>	<p>É feita de forma bastante didática</p>

Quadro 5.1: Comparação da abordagem do conteúdo Células em livros didáticos dos Ensinos Fundamental e Médio (Continuação).

LIVRO	LOPES (2005)	LINHARES E GEWANDSZNAJDER (2005)	Da SILVA E SASSON (2007)	PAULINO (2005)	BARROS E PAULINO (2007)	CRUZ (2006)
Estruturas celulares	Totalmente explicitadas	Totalmente explicitadas	Totalmente explicitadas	Totalmente explicitadas	Explicitadas de forma sucinta	Explicitadas de forma sucinta
Comparação e Exemplos das diferentes células	procarióticas x eucarióticas vegetais x animais.	procarióticas x eucarióticas vegetais x animais.	procarióticas x eucarióticas vegetais x animais.	procarióticas x eucarióticas vegetais x animais.	procarióticas x eucarióticas vegetais x animais.	procarióticas x eucarióticas vegetais x animais.
Funções celulares relacionando-as com suas estruturas	Descrição clara e com coesão textual	Descrição clara e com coesão textual.	Descrição clara e com coesão textual	Descrição clara e com coesão textual	Descrição bastante resumida	Descrição bastante resumida
Citação de distúrbios relacionados às células	Lisossomos X doenças. Anomalias genéticas	Lisossomos X doenças Anomalias genéticas Efeito de alguns medicamentos nas células	Lisossomos X doenças. Anomalias genéticas	Lisossomos X doenças. Anomalias genéticas	Não consta no livro.	Não consta no livro
Quantidade e avaliação das ilustrações:	Figuras muito simplificadas	Figuras com grande riqueza de detalhes	Figuras com grande riqueza de detalhes	Figuras muito simplificadas	Ilustrações extremamente simplificadas	Ilustrações extremamente simplificadas

Livros didáticos não contêm apenas texto, mas outros elementos informativos com intuito de facilitar a atividade do professor e conseqüentemente a compreensão por parte do aluno. Assim, os recursos visuais fornecem suporte na apresentação do conteúdo contido no livro. A observação das imagens que aparecem nos livros didáticos contempla questões como a maneira como se encontram inseridas ao longo do texto e como estão relacionadas com o mesmo (VASCONCELOS E SOUTO, 2003).

As ilustrações dos livros didáticos foi um dos critérios analisados, visto que segundo Núñez e colaboradores (2003), muitas vezes durante a escolha dos livros didáticos, a qualidade gráfica prevalece sobre o conteúdo. Além disso, as ilustrações podem estimular o interesse do aluno contribuindo para uma melhor compreensão dos conteúdos teóricos (CARNEIRO, 1997)

Quanto ao número de ilustrações totais (figuras, fotos e esquemas) não se observa grandes variações nos quatro livros de Ensino Médio, notando-se diferenças com relação à qualidade e clareza. Podemos citar, como exemplo, os livros LOPES (2005) e PAULINO (2005) que apresentam figuras muito simplificadas, podendo dificultar o entendimento do conteúdo pelos videntes. Diferentemente, os livros Da SILVA E SASSON (2007) e LINHARES E GEWANDSZNAJDER (2005) apresentam figuras com bastante detalhes e aparentemente de fácil compreensão, o que provavelmente poderia facilitar o aprendizado do conteúdo pelos videntes. Isso difere dos livros de Ensino Fundamental onde ambos apresentam imagens com representações bem simplistas o que pode comprometer o entendimento dos alunos.

As ilustrações podem representar um recurso capaz de facilitar o entendimento dos conteúdos, mas para isso devem possuir uma relação direta com o texto escrito (CARNEIRO, 1997). Pensando nesta perspectiva acredita-se que os modelos produzidos, nessa dissertação, podem ser uma importante ferramenta no ensino das ciências, como elemento de motivação, para criar uma imagem mais real do conteúdo e principalmente permitir que alunos com baixa visão e cegos possam ter a oportunidade do aprendizado de forma mais materializada.

A partir dessa breve análise, pode-se observar que o conteúdo abordado de forma geral é o mesmo, sendo o que difere o grau de complexidade em cada um deles. Com base nessa análise, selecionamos o conteúdo didático que irá ser

abordado pelos nossos modelos, o que incluirá: a) diferentes organelas presentes na célula, possibilitando a abordagem de suas respectivas funções e; b) os diferentes tipos de células com ênfase nas relações entre a forma e a função e componentes celulares e as suas funções.

Sendo assim, após a análise e comparação dos livros, optamos pela construção de um atlas com modelos bidimensionais e um modelo interativo tridimensional de célula com todas as estruturas celulares, representando o modelo celular didático utilizado nos livros escolares para explicar os componentes e estruturas celulares.

5.1.2 Criação do modelo *bidimensional* propriamente dito

O modelo bidimensional é um atlas com um pequeno texto sobre o citoplasma e citoesqueleto, e representações de organelas celulares em alto relevo, tendo como base, a pesquisa realizada nos livros didáticos avaliados. Além disso, cada uma das estruturas foi criada acompanhada de um pequeno texto explicativo sobre a função que desempenham na célula (Quadro 5.2).

Quadro 5.2: Organelas e respectivas funções representadas e descritas no atlas contendo os modelos bidimensionais.

ORGANELAS	FUNÇÃO
Mitocôndria	Responsável pelo processo de respiração celular.
Reticulo endoplasmático rugoso	Síntese de proteína e transporte de substância
Reticulo endoplasmático liso	Síntese de esteróides e degradação do glicogênio.
Aparelho Golgiense	Transporte e seleção de substâncias secretadas da célula; processamento de proteínas e lipídios.
Lisossomos	Digestão intracelular
Peroxisomos	Degradação do peróxido de hidrogênio
Centríolos	Auxiliam na divisão celular

O modelo final foi confeccionado, utilizando-se uma pasta escolar com divisórias plásticas onde em cada uma delas foi colocada uma estrutura celular. As organelas foram confeccionada em E.V.A, com sua identificação e respectiva

função escrita também em Braille possibilitando o uso pelos alunos com deficiência visual (Figura 5.1).

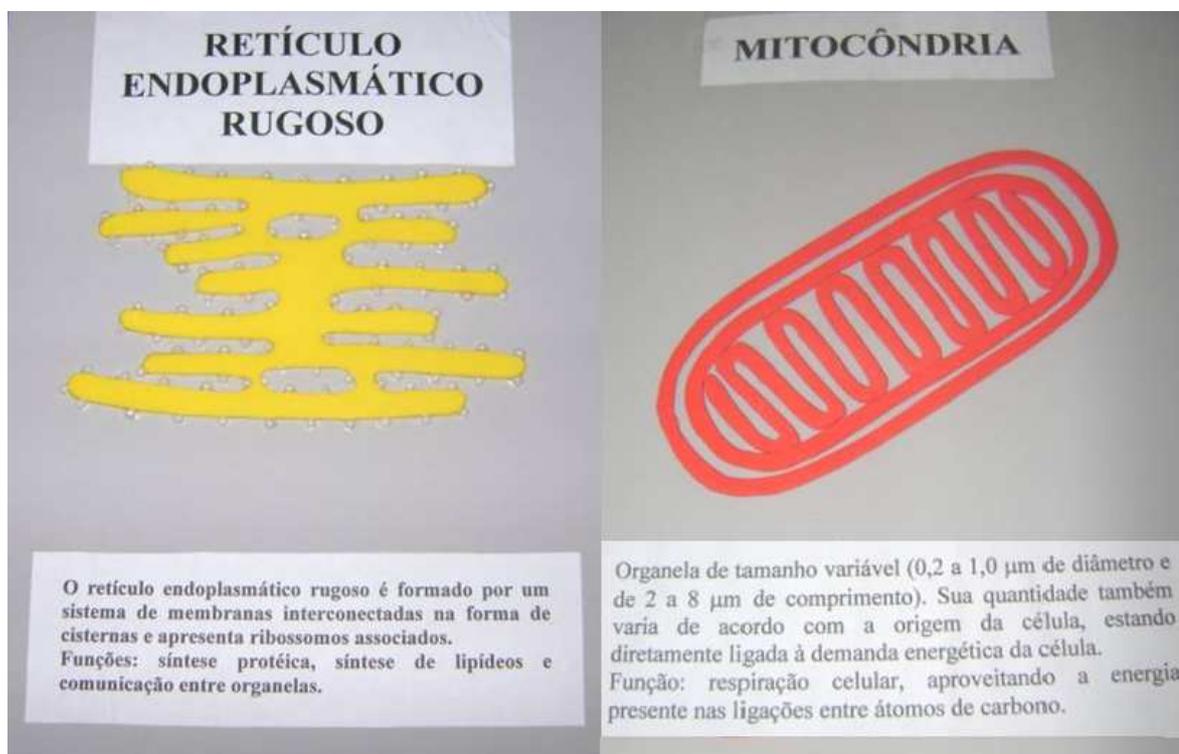


Figura 5.1: Exemplos de páginas do modelo bidimensional (o Braille está em cima do texto, mas não aparece na fotografia devido ao reflexo).

Os modelos bidimensionais foram estruturados para proporcionar autonomia aos alunos com deficiência visual, considerando-se a escrita em Braille e pelo fato das estruturas celulares estarem em alto relevo. Esses modelos também podem ser utilizados juntamente com o livro didático tradicional, a fim de ilustrar para os desenhos apresentados no mesmo para todos os alunos videntes ou com deficiência visual.

5.1.3. Criação do modelo tridimensional propriamente dito

O modelo tridimensional foi confeccionado, utilizando como matéria prima o Biscuit. Assim, desenvolvê-mo-lo utilizando: biscuit, tintas de diferentes cores, miçangas de diferentes tamanhos e cores, diferentes grânulos de areia. As miçangas e os grânulos de areia foram utilizados pra que pudéssemos conferir diferentes texturas nas peças confeccionadas (figura 5.2).



Figura 5.2: Foto do modelo tridimensional de célula e de algumas organelas celulares confeccionadas em biscoito. **(A)** Modelo tridimensional visto de cima; **(B)** Núcleo; **(C)** Aparelho Golgiense e Lisossomos; **(D)** Retículo Endoplasmático.

Percebendo que no teste de resistência do modelo tridimensional o material escolhido como matéria prima mostrou-se com baixa resistência ao manuseio soltando miçanga e desmanchando, concluímos que essa fragilidade o inviabilizaria como material tátil, servindo apenas como material de observação sem possibilidade de toque.

Assim, para conferir maior resistência ao modelo, testamos novas matérias primas (exemplos: o papel machê) e depois de inúmeros testes decidimos envernizar as peças de biscoito.

Esse procedimento foi capaz de conferir a resistência necessária para que o manuseio dos alunos não estrague o modelo e o mesmo tivesse a melhor qualidade visual.

5.2 Teste *in loco* dos modelos bidimensionais e tridimensionais

5.2.1 Teste de resistência do primeiro modelo tridimensional criado (biscuit sem o verniz)

Nessa etapa, buscou-se testar a resistência do modelo confeccionado e avaliar, com o uso de questionário (apêndice 9.1), o seu grau de aceitação por parte dos alunos, com a finalidade de contribuir para a construção do modelo final.

Destacamos também a importância que de um instrumento de coleta de dados possuir validade e confiabilidade, pois quando mal formulados podem invalidar todos os resultados da análise. Assim aproveitamos para validar o questionário de avaliação dos modelos que foi desenvolvido.

Com o intuito de avaliar a resistência dos modelos realizamos oficinas, na própria escola, com duas turmas, uma de 8º ano do Ensino Fundamental e uma de 1º ano de Ensino Médio e, de um colégio estadual do Estado do Rio de Janeiro, com 32 e 27 alunos respectivamente, totalizando 59 alunos videntes.

Para isso, apresentamos aos alunos a história da teoria celular, as diferentes estruturas celulares e suas respectivas funções. Apresentamos ainda as diferenças entre as células dando ênfase à relação entre a forma e a função e componentes celulares e suas funções. Utilizamos o modelo tridimensional, testando sua resistência, deixando os alunos manusearem as peças livremente para melhor observá-las.

Durante a realização da atividade pode-se observar que o modelo despertou o interesse dos alunos, pois todos queriam manuseá-lo e fazer perguntas a respeito das estruturas apresentadas. Isso denotou que a demanda por modelos táteis e interativos existe não só por parte dos alunos com NEE, mas também por parte dos alunos videntes.

Apesar dessa demanda positiva, o modelo em biscuit não resistiu ao manuseio dos alunos, visto que algumas peças se encontravam quebradas após o término da atividade ou por terem caído no chão ou por terem sido tocadas com um pouco mais de força (figura 5.3).

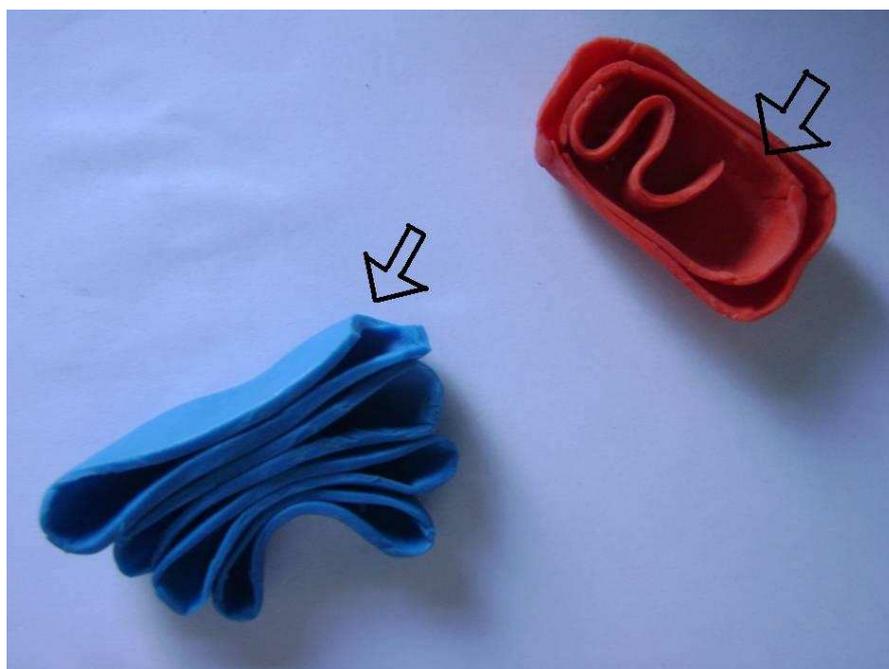


Figura 5.3: Organelas quebradas após o manuseio dos alunos (mitocôndria: vermelha e aparelho golgiense: azul). As setas indicam as partes danificadas.

Nesta etapa buscamos também, validar o questionário estruturado (apêndice 9.1) elaborado para saber sobre a receptividade do modelo, sua interatividade e sua capacidade de auxiliar na compreensão dos elementos constituintes da célula. Para isso, o aplicamos aos 59 alunos ao final da atividade.

A primeira pergunta tinha o objetivo de saber a opinião dos alunos a respeito dos modelos (Figura 5.4). A análise do gráfico mostra uma boa aceitação do modelo com 97% dos alunos considerando entre muito bom e bom.

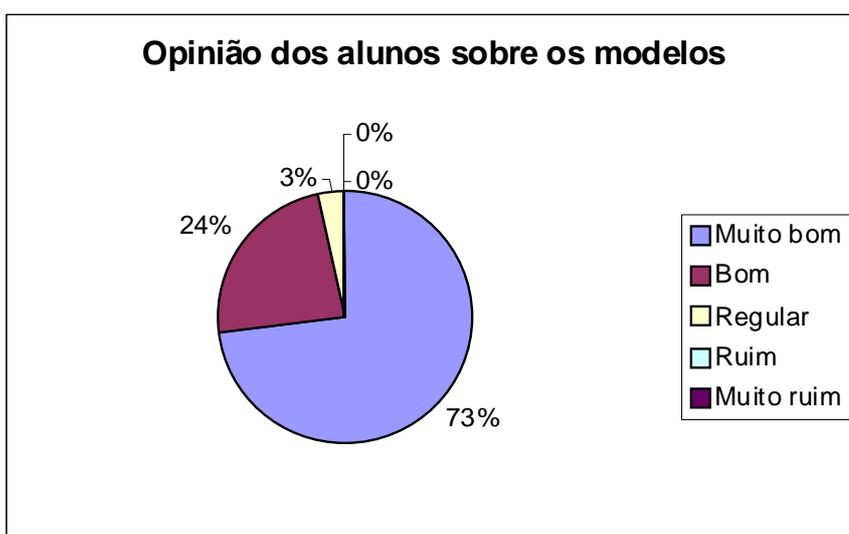


Figura 5.4: Opinião dos alunos sobre os modelos avaliados.

Podemos observar que, na opinião dos alunos entrevistados, o modelo possibilita uma melhor compreensão a respeito do tema, pois 56 alunos (95%)

responderam que com a utilização dos modelos puderam compreender melhor o tema (Figura 5.5).

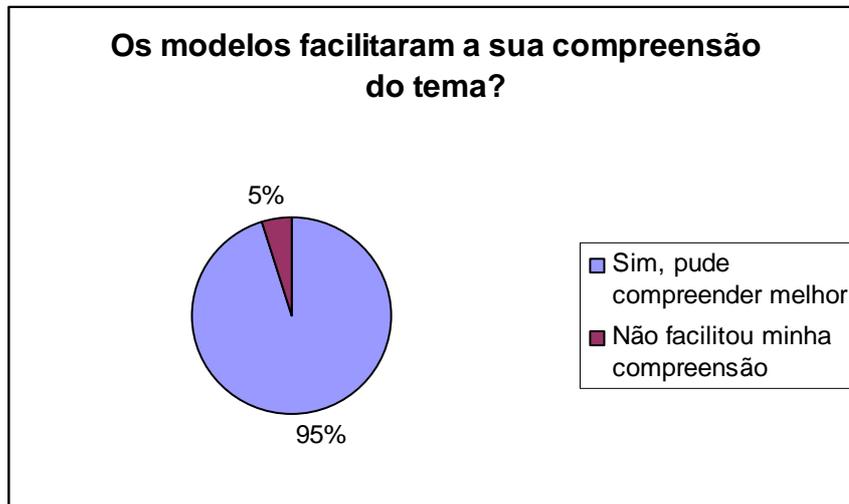


Figura 5.5: Resposta dos alunos sobre os modelos e a compreensão do tema.

Em relação à percepção das diferenças entre as organelas quanto ao tamanho, textura e forma (Figura 5.6), o gráfico mostra que, dos 59 alunos, 50 (85%) conseguiram perceber as diferenças entre as organelas (tamanho, textura, forma), o que poderia apontar para uma eficiência, nesta questão, para alunos com deficiências visuais, já que os alunos videntes teriam um menor desenvolvimento deste sentido (tato).

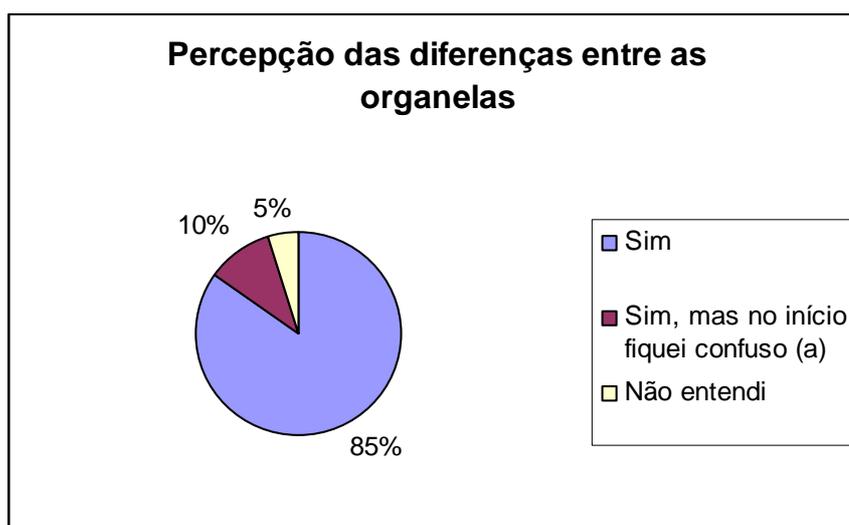


Figura 5.6: Percepção dos alunos sobre as diferenças entre as organelas

As respostas para a quarta pergunta revelaram que o modelo facilitou a compreensão dos alunos sobre as relações entre a forma e a função das diferentes organelas (Figura 5.7).



Figura 5.7: Resposta dos alunos sobre a compreensão das organelas

O resultado sugere que o modelo representou um diferencial significativo na compreensão sobre as relações entre a forma e a função das diferentes organelas para 51 (86%) alunos.

A análise do nosso questionário sugeriu uma estrutura adequada e de fácil compreensão conseguindo atingir os objetivos inicialmente pré-determinados de avaliação do modelo. De forma importante, os alunos compreenderam bem as perguntas e não tiveram dificuldades em respondê-lo.

5.2.2 Testes com os modelos finais

No intuito de testar os modelos bidimensionais e tridimensional finais, os apresentamos a alunos videntes, alunos com NEE visuais (cegos e baixa visão) e aos professores de ciências e biologia da rede pública de ensino, avaliando a experiência através de questionários (apêndice 9.1 e 9.2) e observações realizadas pela pesquisadora.

5.2.2.1 Teste com alunos para avaliação dos modelos finais

Nosso teste teve a participação de 20 alunos: 5 alunos videntes que estudam em salas de aula onde estudam pelo menos um aluno com necessidades educacionais especiais visuais (n = 5) e alunos com necessidades educacionais especiais visuais (n=15).

A escolaridade dos alunos variou entre o oitavo ano do Ensino Fundamental (antiga sétima série) e o primeiro ano do Ensino Médio (Figura 5.8). Os entrevistados são alunos de escolas públicas localizadas no Estado do Rio de Janeiro, sendo uma das escolas especializada em educação especial e as outras escolas regulares.

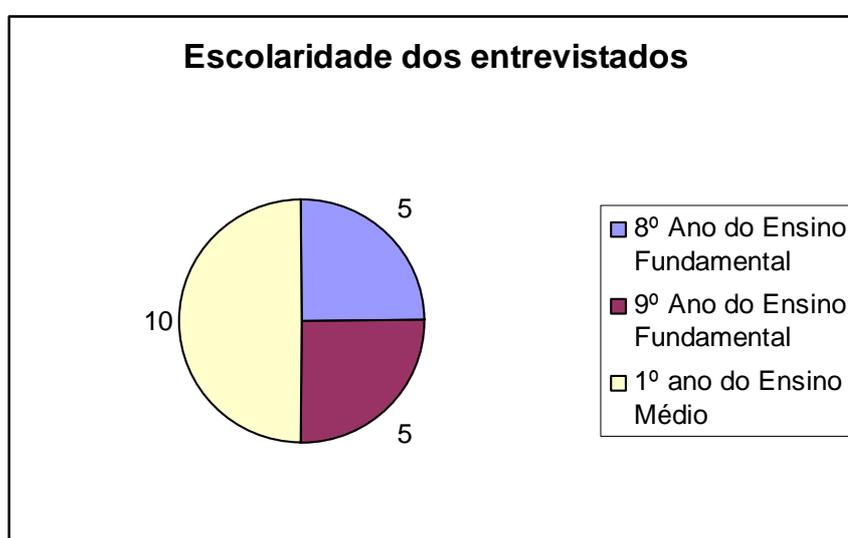


Figura 5.8: Escolaridade dos entrevistados

Cabe ressaltar que o material não foi apresentado no mesmo momento para todos os alunos. Assim, realizamos quatro testes: no primeiro e segundo testes participaram 5 alunos cada, no terceiro 7 alunos e no quarto 3 alunos. O terceiro e o quarto testes eram para ser um único teste, porém devido a dificuldade de deslocamento dos alunos com NEE tivemos que dividi-lo em dois diferentes testes.

A escolha de alunos com escolaridade variando entre essas três séries deveu-se ao fato de que segundo os PCNs o tema célula deve ser abordado no 8º ano do Ensino Fundamental e no 1º ano do Ensino Médio. No 8º ano, o aluno deve ser capaz de reconhecer o nível celular, considerando a célula como unidade de vida. Além disso, deve compreender a organização básica das

células, incluindo a presença de membrana plasmática, citoplasma e material genético e sua relação no e com o meio em que vive.

No 1º ano, o aluno deve compreender a célula como um sistema organizado, no qual ocorrem reações químicas vitais, e que está em constante interação com o ambiente. Além disso, o aluno deve ser capaz de distinguir os tipos fundamentais de célula e a existência de organelas com funções específicas.

Ao iniciar os testes foi feita uma pequena apresentação do tema para os alunos, explicando o conceito de célula e a existência das organelas celulares, utilizando como parâmetro o modelo celular didático representado nos livros didáticos.

Atividades envolvendo massinha podem ajudar no desenvolvimento da criatividade e do lúdico e nos auxilia a observar a interpretação dos alunos referentes ao material. Por isso, solicitamos aos estudantes que fizessem representações de alguma(s) organela(s) e dissessem qual delas estava sendo representada. O objetivo foi saber como eles achavam que era o formato das organelas celulares originalmente.

Após a confecção das organelas, foi feita uma breve explicação sobre Célula apresentando as diferentes estruturas celulares e suas respectivas funções. Durante a explicação, cada vez que era apresentada oralmente uma nova estrutura celular e descrita sua função, os alunos eram convidados a manusear o modelo representativo da mesma. Com isso, pretendíamos criar subsídios que permitissem aos alunos conhecerem a forma (didática) da célula e de suas estruturas (membrana, citoplasma, núcleo e organelas), assim como suas funções.

Ao final desta etapa, um questionário (apêndice 9.1) foi distribuído para verificar a opinião dos alunos incluindo a contribuição do modelo em facilitar a compreensão sobre a célula e suas estruturas bem como as diferenças entre as organelas (tamanho, textura, forma). Além disso, distribuimos novos pedaços de massinha de modelar para que os alunos fizessem novas representações das organelas.

Para os testes 3 e 4 aplicamos um segundo questionário com perguntas envolvendo o conteúdo célula. Esse questionário foi a primeira etapa realizada durante esses testes, na qual pedimos aos alunos que respondessem a perguntas

sobre a célula, sua estrutura, composição e sobre as organelas (apêndice 9.2). O mesmo questionário foi aplicado na semana seguinte para esses alunos, a fim de saber se as respostas dos alunos haviam se modificado depois da utilização do modelo.

Representação das organelas com o uso de massa de modelar

Nesta etapa da atividade os alunos fizeram representações das organelas expressando sua forma através da utilização de massa de modelar. Com a massa de modelar nas mãos, os alunos iniciaram a modelagem das organelas (figura 5.9) e pudemos observar que eles acharam essa etapa da atividade bastante divertida e prazerosa tendo em vista que houve falas sobre a maciez e o cheiro do material.



Figura 5.9: Alunos utilizando a massa de modelar para confeccionar as organelas

Nesta etapa, as organelas representadas foram o retículo endoplasmático, o núcleo, o complexo golgiense (figura 5.10) e a mitocôndria (figura 5.11). Um fato interessante foi que todos os alunos tentaram retratar a mitocôndria e como pudemos observar, as representações não se parecem com a representação das organelas que são encontradas nos livros didáticos (figuras 5.10 e 5.11).

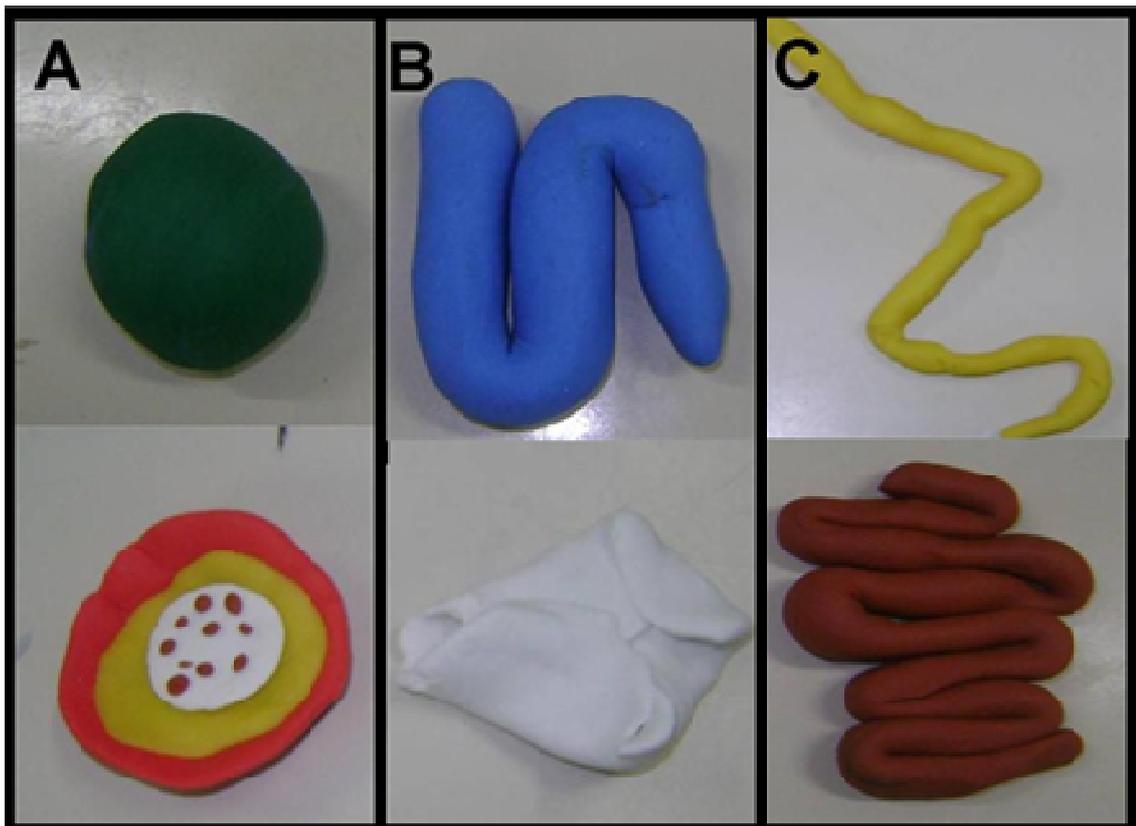


Figura 5.10: Representações de alguns dos alunos para as organelas, antes da apresentação do modelo. (a) núcleo; (b) complexo golgiense; e (C) retículo endoplasmático.

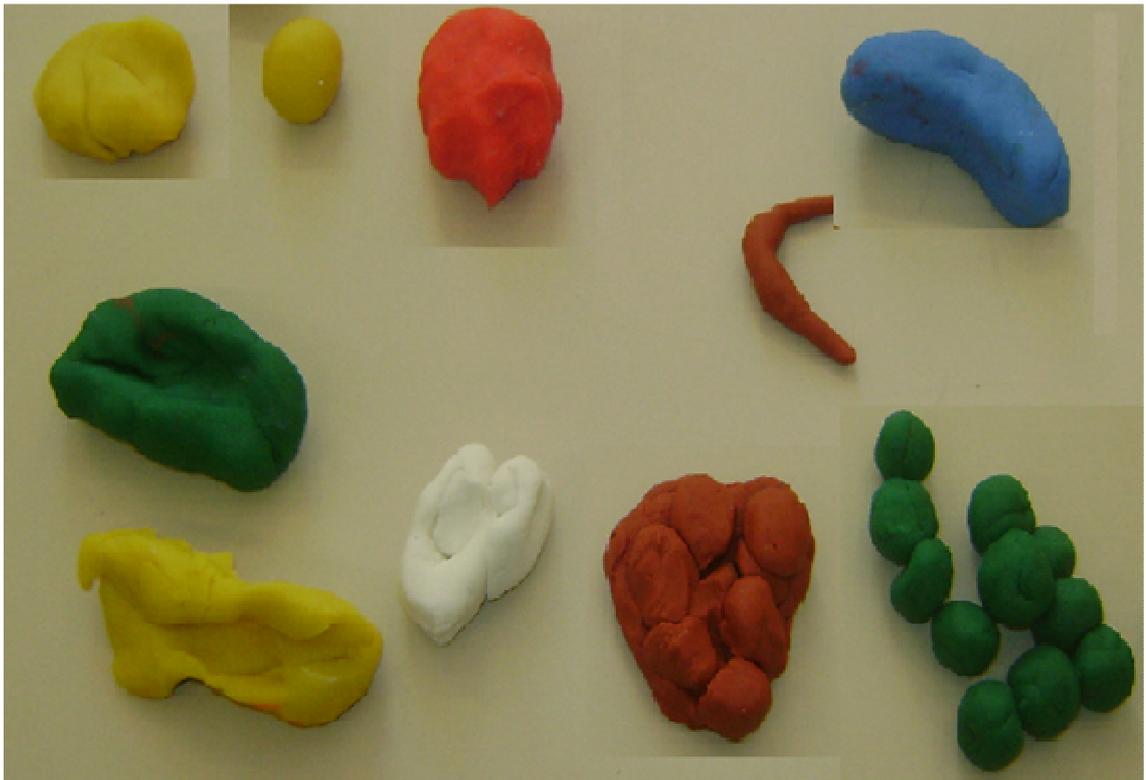


Figura 5.11: Mitocôndrias produzidas com massa de modelar pelos alunos antes da utilização dos modelos.

Após fazerem as organelas, convidamos os alunos para conhecerem nosso modelo sendo feita uma breve explicação sobre Célula. Foram apresentadas as diferentes estruturas celulares e suas respectivas funções utilizando o modelo tridimensional, deixando após a explicação o modelo disponível para que os alunos pudessem manuseá-lo livremente (figura 5.12).



Figura 5.12: Alunos utilizando o modelo durante a oficina

Depois da explicação e utilização dos modelos pedimos que os alunos fizessem novas representações de organelas que, de forma interessante, passaram a ser bem semelhantes às representações dos livros didáticos (figuras 5.13, 5.14, 5.15 e 5.16).

Na figura 5.13, podemos observar que as mitocôndrias confeccionadas antes da utilização do modelo são menos detalhadas e precisas que as representações de mitocôndrias feitas depois do uso do modelo.

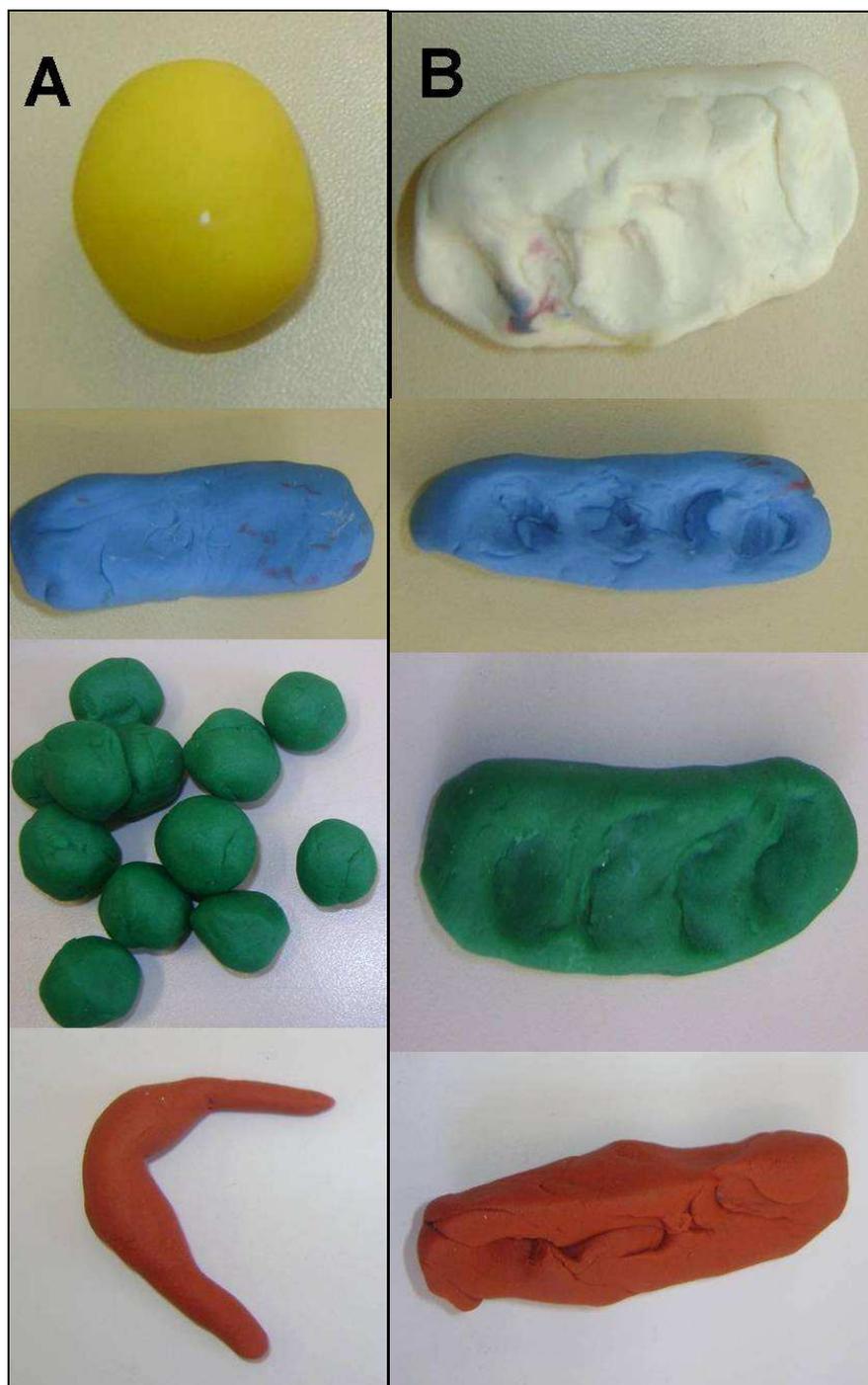


Figura 5.13: Comparação das mitocôndrias confeccionadas pelos alunos. (A) antes da utilização dos modelos; e (B) depois da utilização dos modelos.

Durante a confecção dos modelos com a massa de modelar, após a utilização do modelo, podemos ver que os alunos conseguiram confeccionar organelas bem parecidas com as que compõem o nosso modelo. Eles tentavam apresentar uma forma fiel das organelas como mostrado na figura 5.14 que ilustra um dos alunos confeccionando um retículo endoplasmático (A) e o produto final confeccionado comparado ao retículo endoplasmático que compõe o nosso modelo (B).

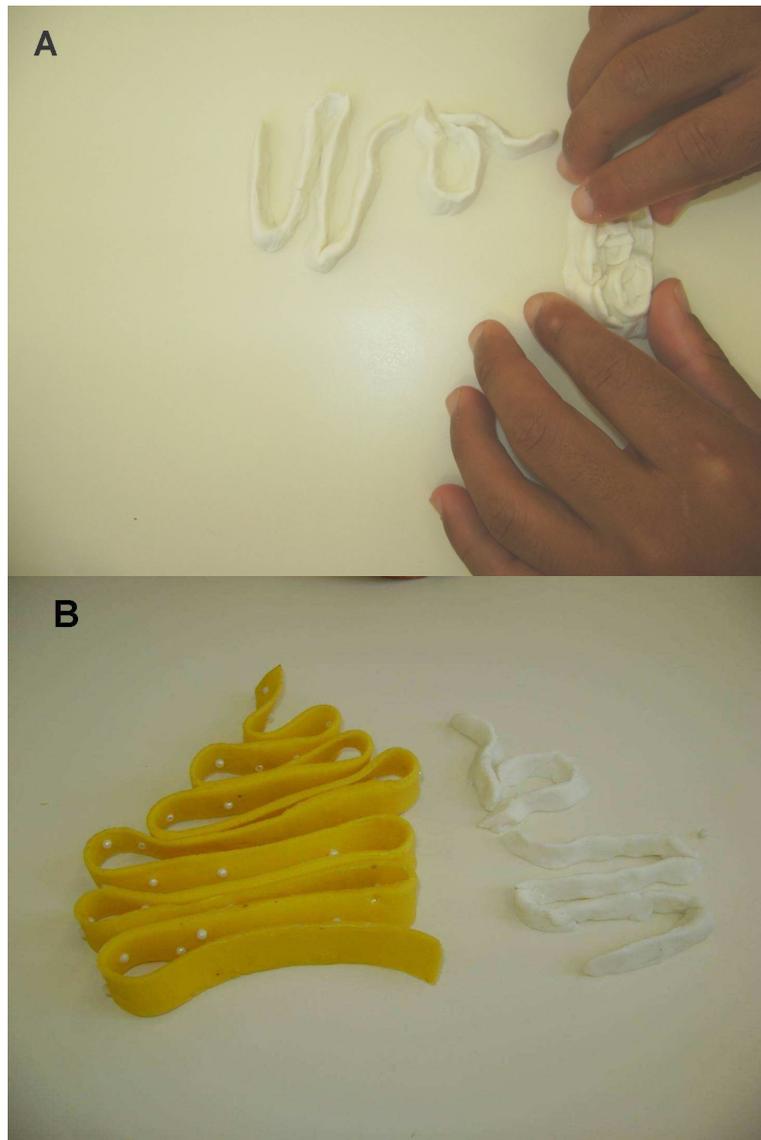


Figura 5.14: (A) Aluno confeccionando organelas; (B) e retículo endoplasmático confeccionado pelo aluno (cor branca) comparado com o retículo do modelo (amarelo).

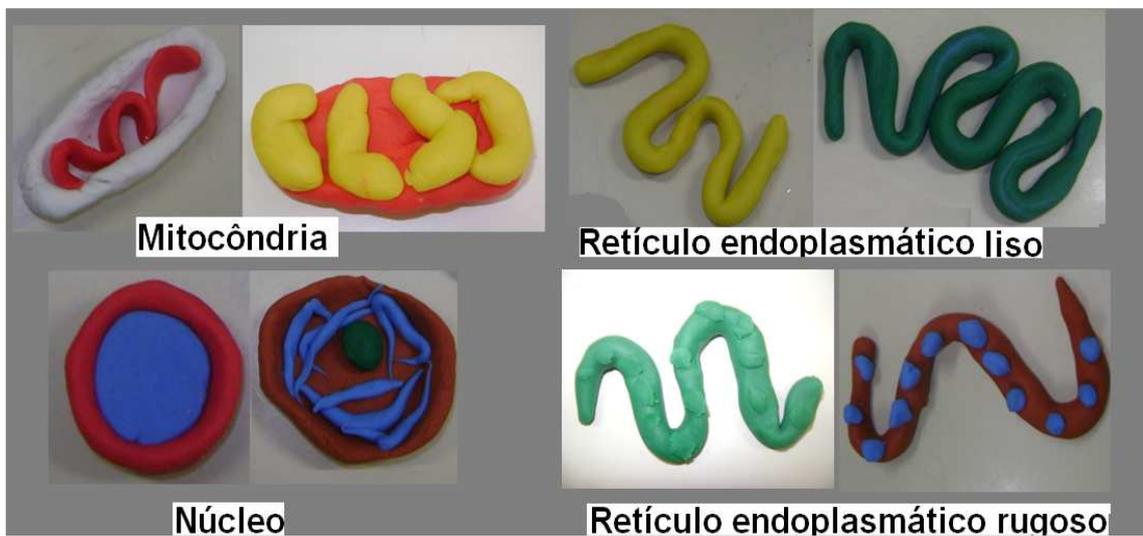


Figura 5.15: Organelas confeccionadas pelos alunos após a utilização do modelo.

Ao final da oficina colocamos as organelas confeccionadas pelos alunos, após a utilização dos modelos, dentro do nosso modelo junto com as organelas por nós confeccionadas. E podemos observar que as organelas confeccionadas pelos alunos estavam muito parecidas com as do modelo (Figura 5.16).

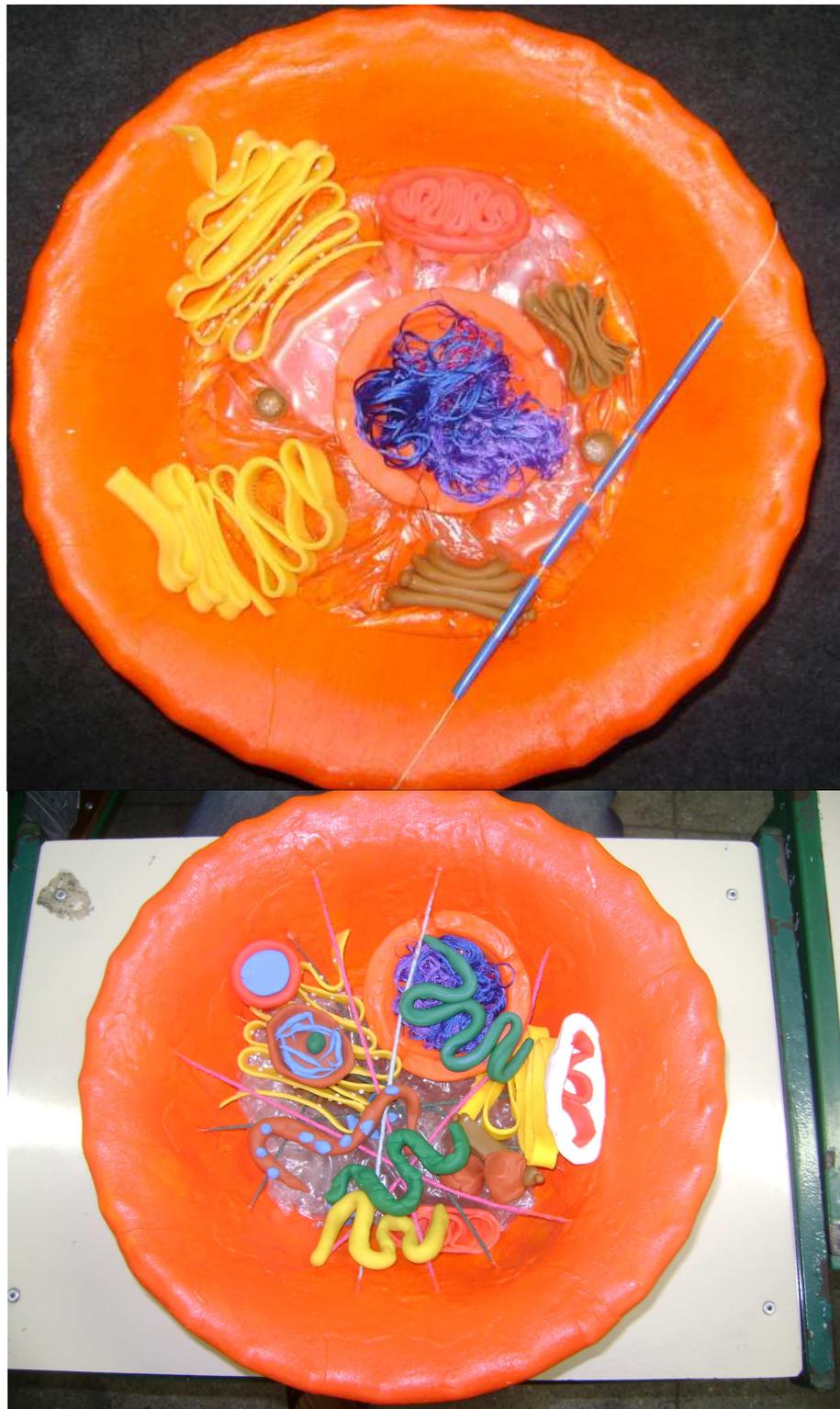


Figura 5.16: Modelo original (acima) e nosso modelo com as organelas confeccionadas pelos alunos após a utilização dos modelos.

A observação das organelas confeccionadas pelos alunos, após a utilização do modelo tridimensional, sugere que o material desenvolvido foi capaz de mostrar a forma mais próxima das representações gráficas das células e de suas organelas para os alunos. Fato que pode ter incentivado uma melhor compreensão do conteúdo.

Tanto alunos com deficiência visual como os videntes mostraram mudanças na hora de confeccionar suas organelas. Assim, o material parece ter contemplado o sentido tátil dos deficientes visuais e também possibilitado aos alunos videntes não só utilizarem o sentido da visão como também esse outro sentido pouco explorado pelos videntes.

O material ainda parece ter sido capaz de estimular as habilidades sensório-motoras dos alunos, o que pode facilitar a compreensão da visão espacial e dos formatos e formas da célula.

A percepção tátil pode levar a uma melhor compreensão por parte dos alunos já que o tato constitui um sistema sensorial que permite a captação de diferentes propriedades com forma, textura e as relações espaciais. O tocar pode tornar o ensino mais efetivo no que diz respeito ao conhecimento do objeto de estudo e a formulação de seu conceito (BATISTA, 2005). Segundo Cerqueira e Ferreira (2000), o material concreto reduz a abstração nas situações de aprendizado, diminuindo também as exposições verbais, o que atende à realidade psicológica de todos os alunos.

O material pode ter tido um papel importante na facilitação da interação dos alunos com as informações que foram apresentadas e entre eles colaborando para uma melhor compreensão das mesmas. Segundo Andrade (2003), a interatividade é capaz de estimular o aluno a questionar, refletir e ter maior autonomia no seu processo de aprendizagem. A interação influencia a aprendizagem como um todo, pois possui a capacidade de promover um processo de motivação nos mesmos fazendo com que interajam e socializem seus conhecimentos.

O material elaborado e a dinâmica de aplicação parecem ter contribuído também para um maior envolvimento dos alunos na apreensão dos conhecimentos.

Atlas contendo os modelos bidimensionais

Os modelos bidimensionais foram utilizados para auxiliar o desenvolvimento da explicação. Eles foram entregues aos alunos para que pudessem ler os textos e acompanhar o que estava sendo dito pela pesquisadora antes da apresentação do modelo tridimensional. A utilização da linguagem traz a representação, o que possibilita a formação do conceito (ORMELEZI, 2000).

Quanto à utilização dos modelos bidimensionais, eles aparentemente se mostraram mais atrativos para os alunos cegos provavelmente porque os alunos videntes têm acesso aos livros convencionais com textos explicativos e ilustrações variadas.

Além disso, o modelo bidimensional pôde conferir maior autonomia aos alunos com deficiência visual durante a explicação em sala de aula e também em seus estudos em casa, devido ao fato de apresentar textos em Braille e figuras em alto relevo.

Essa preocupação com o desenvolvimento do aprendizado autônomo é de extrema importância, considerando que assim se está estimulando o aprender a aprender, processo esse capaz de resultar em uma melhor aprendizagem nos diferentes campos de conhecimento (NICOLAIDES E FERNADES, 2003).

Pudemos observar também a importância de legendas sucintas para não tornar a exploração do material bidimensional cansativa para o aluno cego. Constatamos também, através da observação e da fala dos alunos, que o material mostrou ser de agradável manuseio e com texto compreensível.

“Com texto pequeno é mais fácil de não me perder. Consigo entender melhor.”

(Aluno 1)

“É legal ter um livro em que eu posso perceber as figuras”

(Aluno 3)

“Achei muito legal brincar com isso”

(Aluno 5)

Questionário para a avaliação da opinião dos alunos sobre o modelo

Através do uso de questionário buscou-se saber a respeito da receptividade do modelo tridimensional, sua interatividade e sua capacidade de auxiliar na compreensão dos elementos constituintes da célula. Para isso, aplicamos um questionário estruturado (apêndice 9.1) junto alunos ao final da atividade.

A primeira pergunta buscava identificar a opinião dos alunos a respeito dos modelos.

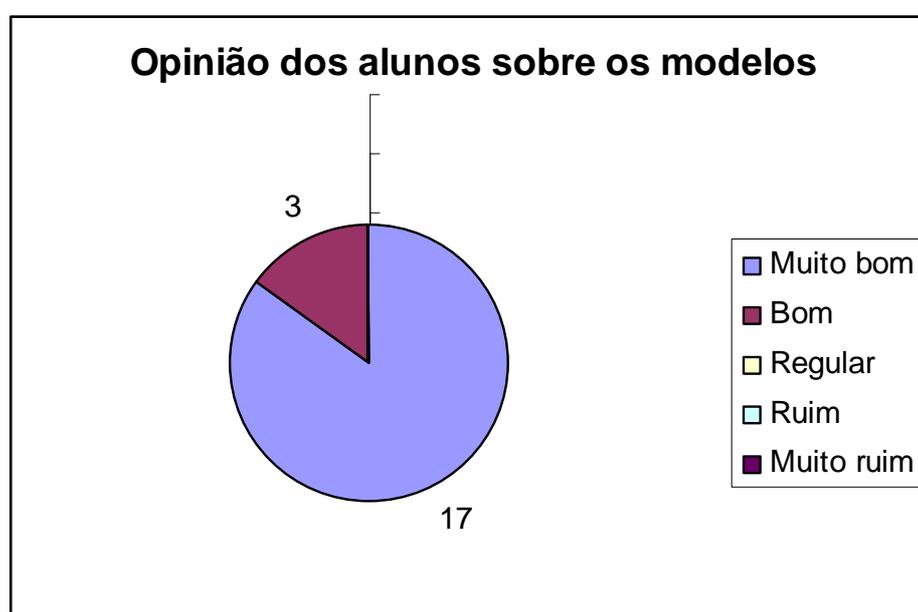


Figura 5.17: Opinião dos alunos sobre o modelo tridimensional de célula e suas estruturas.

A análise do gráfico mostra que a aceitação do modelo foi significativa, pois a grande maioria considerou o modelo muito bom (85%) ou bom (15%) sem qualquer opinião negativa ruim ou muito ruim (Figura 5.17).

De acordo com Carl Rogers, não podemos discutir a importância da motivação na aprendizagem, só aprendemos quando nos sentimos motivados. Se um aluno não quiser aprender, nada fará com que ele aprenda. Por outro lado, um aluno motivado geralmente abandona a passividade e se torna ativo no seu processo de aprendizagem (ROGERS, 1986). Assim, a opinião dos alunos poderia indicar uma possível motivação para conhecer mais sobre o tema célula.

A segunda pergunta buscava identificar os modelos como facilitadores na compreensão do tema. Os alunos tinham como opção responder: sim, pude compreender melhor ou não facilitou a minha compreensão. E de forma importante, os 20 alunos participantes da pesquisa responderam que, na opinião deles, puderam compreender melhor o tema após a utilização do modelo.

Um bom material didático deve ser objetivo, motivador e capaz de estabelecer a aprendizagem de forma interativa entre estudantes e o tema em questão, além de possuir características que o tornem acessível em diferentes espaços e situações (CORRÊA, 2008). Os resultados indicam que o modelo possibilita uma melhor compreensão a respeito do tema de acordo com todos os 20 alunos avaliados (100%) tendo, portanto um perfil didático promissor para o uso escolar.

A terceira tinha como objetivo avaliar a percepção dos alunos sobre as diferenças entre as organelas quanto ao tamanho, textura e forma (Figura 5.18).

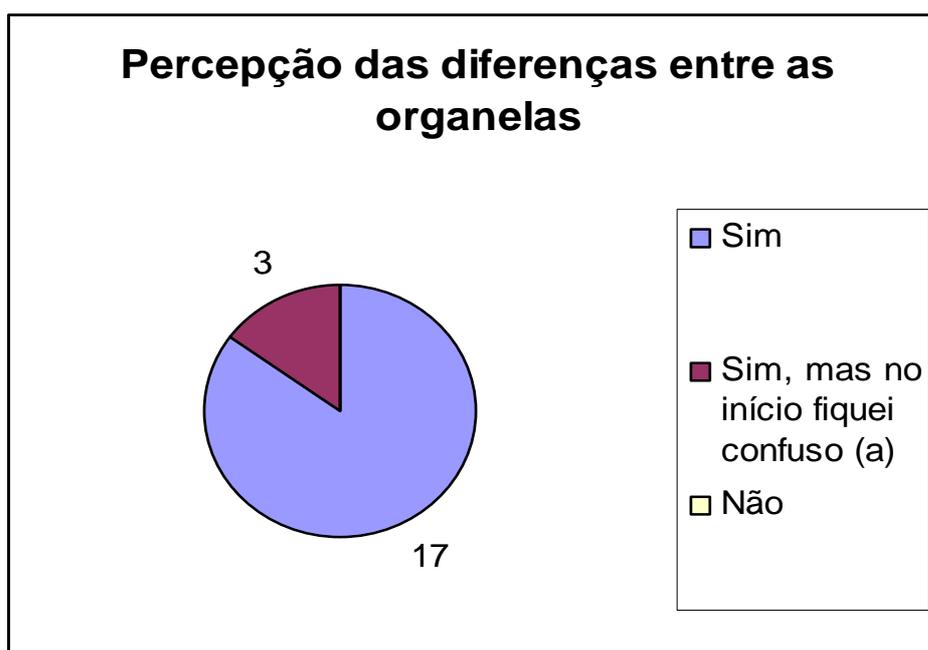


Figura 5.18: Percepção dos alunos sobre as diferenças entre as organelas.

O gráfico dos resultados mostra que, dos 20 alunos, 17 (85%) conseguiram perceber as diferenças entre as organelas (tamanho, textura, forma) e 3 disseram que mesmo ficando confusos no início, conseguiram perceber as diferenças mostradas, o que aponta para uma eficiência do modelo em dar acesso aos

alunos a esse conhecimento podendo auxiliar, juntamente com a utilização do livro didático, a abordagem do tema.

Na quarta pergunta os alunos deveriam informar se o modelo facilitou a compreensão sobre as relações entre a forma e a função das diferentes organelas. Para essa pergunta os 20 alunos participantes do teste responderam que, após a utilização dos modelos, conseguiram compreender melhor essas relações entre a forma e a função das diversas organelas.

De forma importante constatamos que os modelos representaram um diferencial na compreensão sobre as relações entre a forma e a função das diferentes organelas para todos os alunos. Isso pode ser observado nas seguintes falas:

“Se a gente tivesse um desse na sala de aula seria mais fácil pro professor”

(Aluno 7)

“Assim ficou bem mais fácil de identificar as diferenças entre as organelas”

(Aluno 12)

“Consegui perceber bem as diferenças entre as organelas”

(Aluno 3)

A observação dos alunos durante a utilização do material nos permitiu concluir que este é de agradável manuseio, possui cores fortes atendendo as necessidades dos alunos com baixa visão e tem tamanho adequado para exploração. Os alunos comentaram ainda sobre a importância de que mais materiais fossem desenvolvidos para facilitar a aprendizagem e a compreensão do conteúdo:

“Gostaria que para todas as disciplinas tivessem materiais que eu pudesse tocar. Isso me ajudaria a entender melhor alguns conteúdos”.

(Aluno 1)

Os resultados desta pesquisa revelam a importância da utilização de materiais específicos, de fácil acesso e baixo custo, para atender às

necessidades educacionais de alunos com problemas visuais. Mostram também uma boa aceitação do modelo junto a todos os alunos. Njoroge (1994) relata que os materiais didáticos quando bem utilizados são capazes de motivar a vontade de aprender do aluno, o que aparentemente é o caso dos nossos modelos que permitiram uma melhor da estrutura celular.

Questionário sobre o conteúdo Célula

Segundo Ausubel, é importante buscar os conhecimentos prévios dos alunos já que esses constroem, desconstroem e possuem suas próprias idéias (PELIZZARI et. al, 2002). É preciso, saber a respeito dos conhecimentos dos alunos, assim como de suas capacidades e limites, para desenvolvermos estratégias, objetivos, metodologia e atividades adequadas que favoreçam a construção de novos conhecimentos.

Assim, convidamos dez alunos (5 videntes e 5 deficientes visuais) a responderem perguntas sobre a célula, sua estrutura, composição e sobre as organelas (apêndice 9.2) com objetivo de conhecer as concepções prévias dos alunos a respeito do tema já que todos, de acordo com os PCNs, já haviam estudado o tema na escola (testes 3 e 4).

O questionário estruturado aplicado (apêndice 9.2) continha perguntas discursivas e objetivas sobre o tema célula no qual foi solicitada, na primeira pergunta, a definição de célula. A definição utilizada como padrão foi a de Karp (2005) no qual célula é a unidade estrutural e funcional dos seres vivos. Assim, para essa pergunta, os alunos deveriam reconhecer as células com pequenas unidades que formam todos os seres vivos (Figura 5.19).

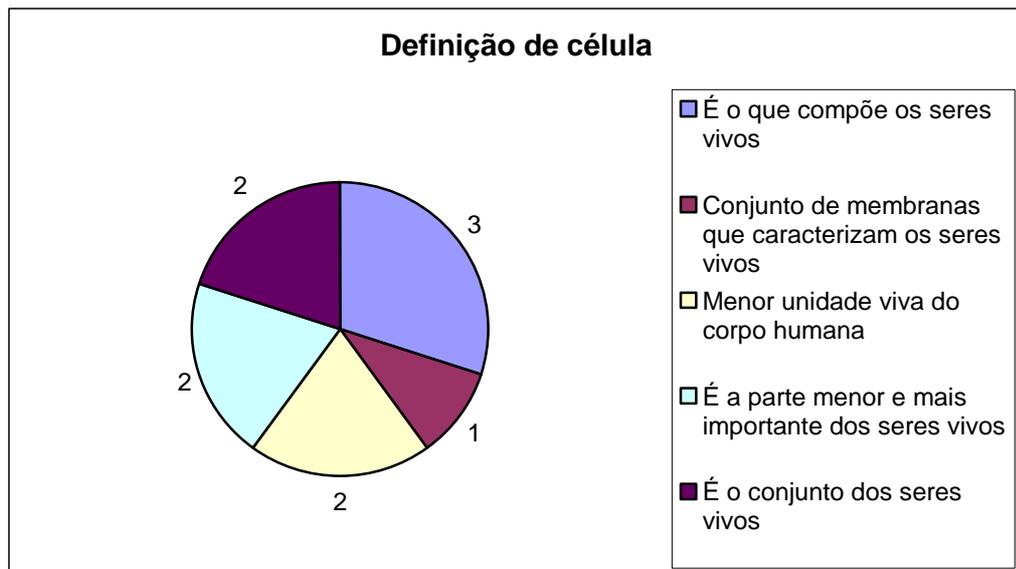


Figura 5.19: Resposta dos alunos à primeira pergunta do questionário

Como podemos perceber pelas respostas dadas, alguns alunos apresentam desde concepções simplistas, àquelas que misturam diferentes conceitos da biologia. Isso indica concepções errôneas a respeito da definição do conceito de célula. Além disso, para alguns alunos a relação entre seres vivos e células existe apenas nos seres humanos, revelando uma concepção antropocêntrica da vida.

Esse resultado é similar aos relatados na literatura, sobre a formação de diferentes conceitos na área da biologia, que têm demonstrado que os estudantes apresentam dificuldades na construção do conhecimento biológico. A maioria dos alunos possui idéias alternativas em relação aos conteúdos abordados na escola. Alguns deles apresentam uma idéia pouco definida sobre célula, confundindo muitas vezes este conceito com os conceitos de átomo, molécula ou tecido (GIORDAN E VECCHI, 1996).

Na segunda pergunta os alunos deveriam informar a composição química da membrana plasmática formada principalmente de fosfolipídios e proteínas. A análise dessa pergunta revelou que a maioria dos alunos não respondeu a questão e os que responderam, o fizeram de forma errada. Alguns alunos citaram organelas, como o retículo endoplasmático, para falar a respeito da composição química ou ainda falaram que a membrana era o núcleo.

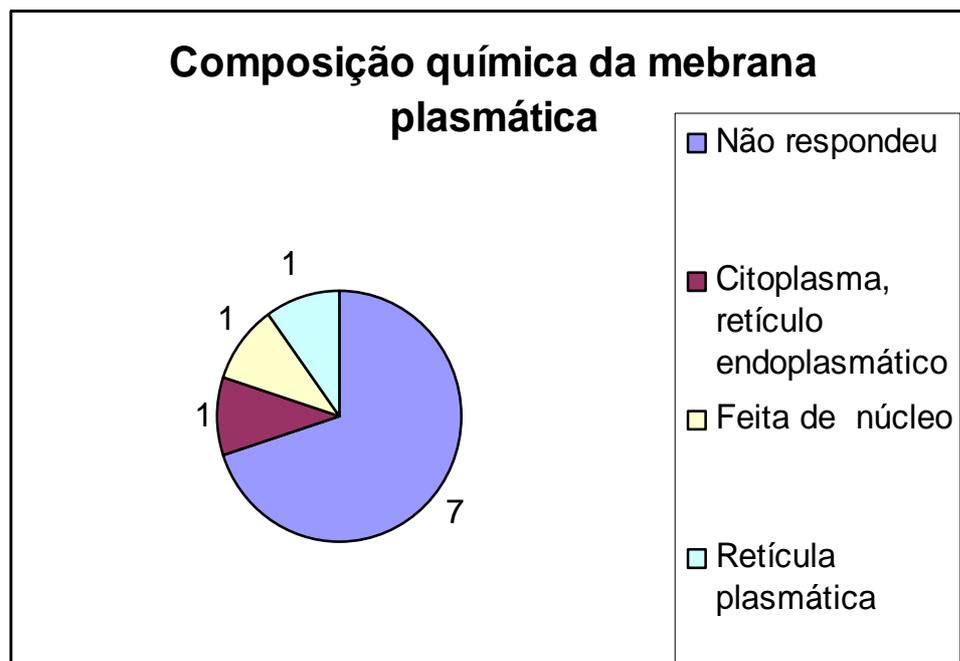


Figura 5.20: Resposta dos alunos à segunda pergunta do questionário

A terceira pergunta foi construída de forma objetiva e abordava a permeabilidade seletiva, importante característica da membrana plasmática:

“O citoplasma celular está envolvido pela membrana plasmática, que separa o conteúdo protoplasmático do meio extracelular. Essa membrana possui algumas características específicas como a permeabilidade, que é:”. Oferecemos quatro opções de resposta incluindo:

- (a) a passagem de qualquer substância para o interior da célula;
- (b) a entrada e saída de algumas substâncias da célula;
- (c) o controle da entrada e saída de substâncias na célula;
- (d) o englobamento de partículas sólidas pela membrana plasmática.

Todos os alunos responderam corretamente marcando a resposta que conceituava a permeabilidade seletiva como o controle da entrada e saída de substâncias na célula.

As respostas dos alunos para as perguntas anteriores indicam que apesar de reconhecerem a membrana como uma importante estrutura celular, uma vez que delimita o espaço interno da célula e permite a entrada e saída de substâncias na célula, desconhecem a sua composição não associando-a com as propriedades da membrana.

A quarta pergunta (figura 5.21) solicitava aos alunos que associassem duas colunas diferentes. Que continha 6 funções biológicas (1º coluna) e 6 organelas (2º coluna)

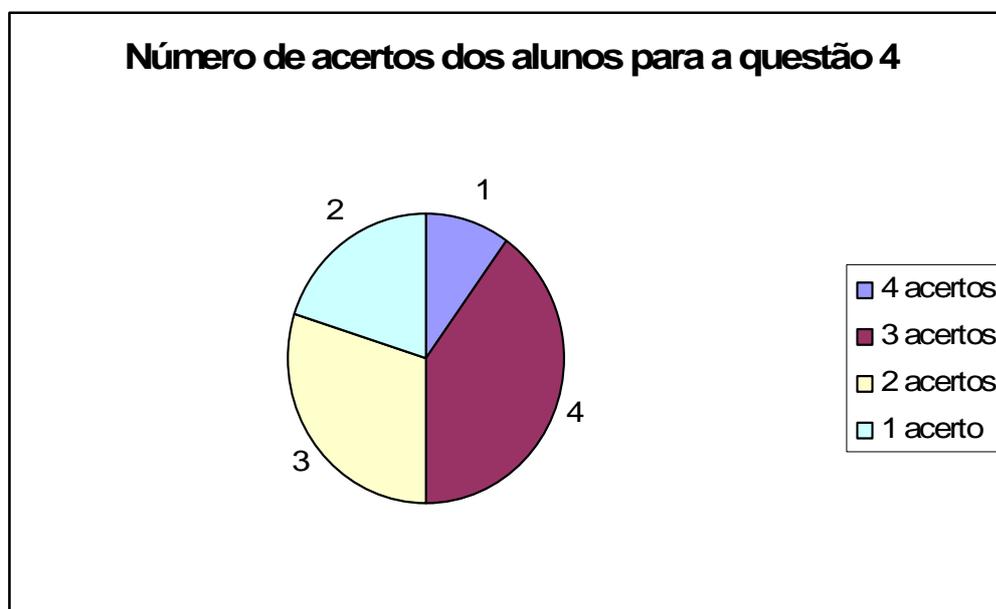


Figura 5.21: Número de acertos dos alunos na pergunta 4.

Como podemos observar na figura 5.21, o maior número de acertos foi quatro e que foi conseguido por somente um aluno, sendo o máximo possível 6 acertos. Quatro alunos tiveram três acertos, três fizeram duas associações corretas e dois alunos fizeram só uma associação correta.

A análise dos resultados sugere que os alunos apresentam dificuldades para entender o tema. Esses erros podem ser reflexos de como o conteúdo é trabalhado em sala de aula, muitas vezes de forma fragmentada, podendo não fazer sentido para o aluno.

A falta de entendimento dos conceitos ou o estabelecimento de relações incorretas pode ser devido: à carência de relações explícitas entre os temas e as disciplinas, entre as unidades distintas estabelecidas nos livros didáticos e ao ensino mecânico de conceitos. (CAMPANÁRIO E MOYA, 1999).

Uma vez que o conteúdo é transmitido de forma fragmentada, os alunos muitas vezes não conseguem estabelecer uma lógica coerente e assim não entendem claramente aquilo que está sendo estudado. Esse ensino fragmentado em diversas partes faz com que o aluno não consiga perceber o todo a respeito das questões trabalhadas.

Materiais didáticos de qualidade e adequados ao que foi planejado pelo professor podem ser grandes instrumentos de apoio no processo de ensino-aprendizagem, tanto de alunos com NEE quanto aqueles que não possuem nenhum tipo de NEE.

Para que esses materiais didáticos possam servir de suporte no processo de ensino-aprendizagem, precisam levar em conta fatores importantes como: a adequação de seus conteúdos para a faixa etária a que eles se destinam, o contexto do local onde serão aplicados e as características dos alunos que irão utilizá-los (ZUIN et. al., 2008)

Assim, objetivando observar a possível influência do material produzido no processo de ensino-aprendizado, aplicamos o mesmo questionário uma semana após a realização da atividade com o modelo.

O objetivo dessa avaliação foi saber se ocorreriam mudanças nas respostas dos alunos depois da utilização do modelo e se esse pode vir a ser um instrumento de apoio ao trabalho do professor na condução da construção do conhecimento de seus alunos.

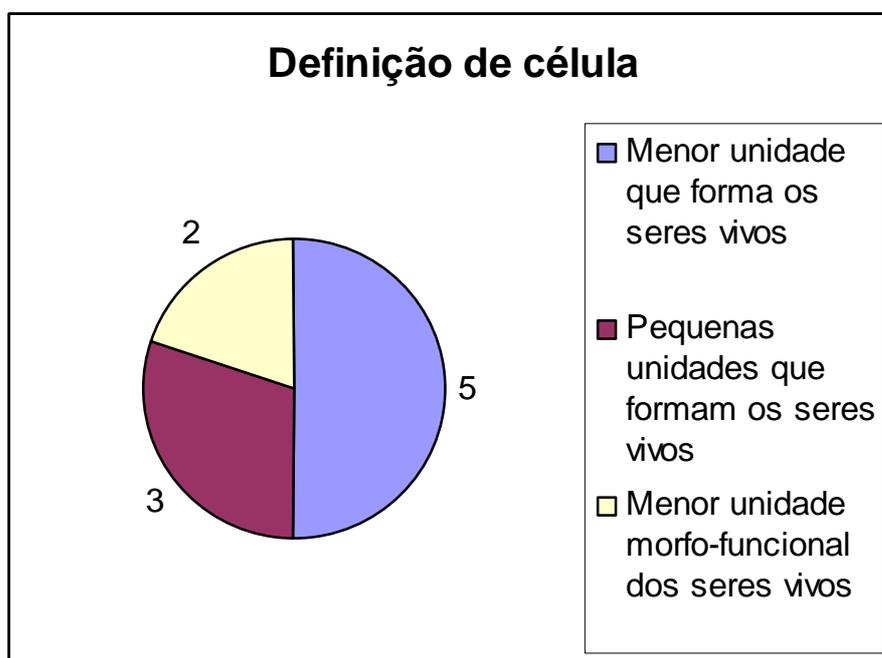


Figura 5.22: Resposta dos alunos a primeira pergunta do questionário.

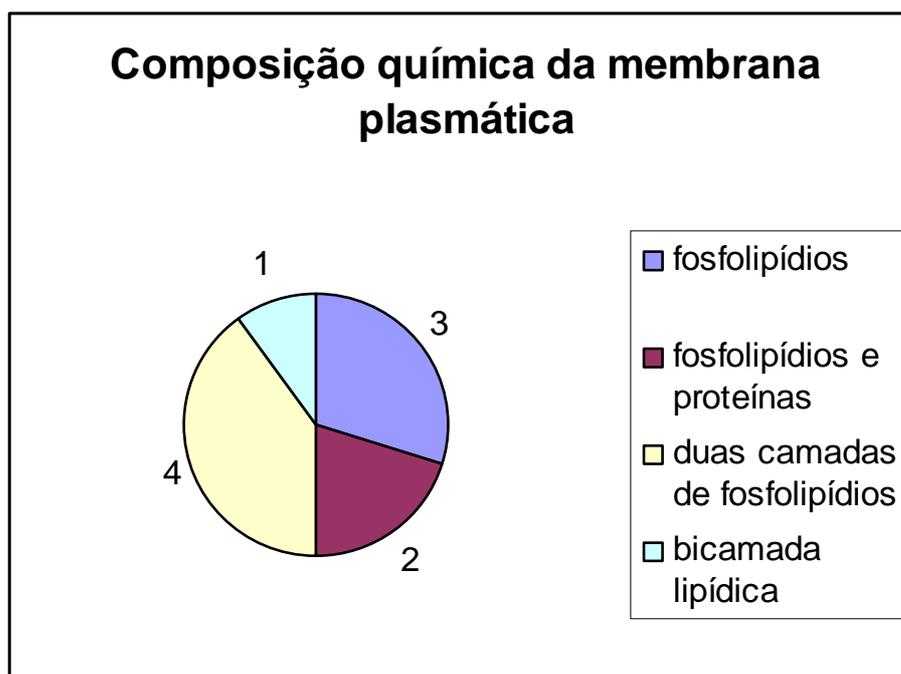


Figura 5.23: Resposta dos alunos a segunda pergunta do questionário.

A observação da figura 5.22 nos mostra uma mudança nas respostas dos alunos em relação à definição do conceito de célula. Podemos observar nas respostas dadas que os alunos passaram a reconhecer a célula como unidade estrutural e funcional dos seres vivos.

Na segunda pergunta em que os alunos deveriam informar a composição química da membrana plasmática, antes da utilização do modelo a maioria dos alunos não havia respondido. Contudo, após a utilização do modelo, podemos perceber que todos os alunos responderam a pergunta corretamente ou parcialmente correta (Figura 5.23).

A terceira pergunta construída de forma objetiva e que abordava a permeabilidade seletiva, importante característica da membrana plasmática, continuou sendo respondida corretamente pelos alunos. Todos os nossos entrevistados marcaram a opção correta de resposta a essa pergunta, associando a permeabilidade seletiva da membrana ao controle da entrada e saída de substâncias na célula.

A quarta e última pergunta também teve um número maior de acertos após a utilização dos modelos (Figura 5.24). Como podemos observar três alunos acertaram a metade (3 acertos), seis alunos acertaram 4 itens e um alunos conseguiu acertar todos os itens.

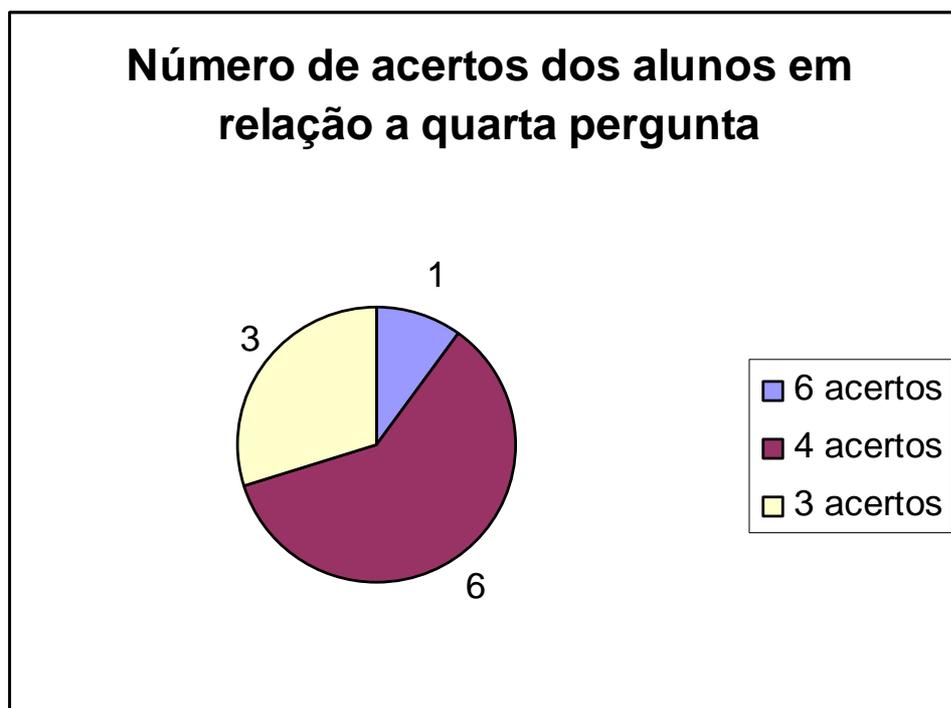


Figura 5.24: Número de acertos dos alunos em relação à quarta questão.

O gráfico (figura 5.24) mostra um aumento no número de acertos dos alunos após a utilização do modelo. Se antes o maior número de acertos foi quatro, agora temos um aluno que conseguiu acertar todos os itens fazendo a correlação correta entre as organelas e suas funções.

A análise dos resultados indica que o material produzido pode ter possibilitado aos alunos uma maior interação e entendimento do conteúdo permitindo a localização das estruturas celulares relacionando as partes e o todo. Os alunos conseguiram identificar a célula e suas diferentes organelas de modo mais detalhado. O material pode, assim, ter contribuído para a construção de representações corretas e para o entendimento dos conceitos relacionados ao tema.

Os resultados observados em nossas avaliações são bastante promissores, indicando que nosso material aparentemente mostrou-se útil para a compreensão do respectivo tópico pelo menos no que concerne aos alunos avaliados. Para esses alunos, o material é bom (25%) ou muito bom (85%) e na opinião de todos eles o material serviu de auxílio para a compreensão do tópico.

Somado a isso, podemos observar também uma mudança quanto à questão do conteúdo. Após a utilização do modelo, pudemos observar através dos resultados que os alunos responderam corretamente a perguntas, relacionadas

ao conteúdo, que haviam sido respondidas de forma incorreta antes da atividade realizada com o auxílio dos modelos.

Acreditamos que o modelo foi então capaz de aproximar os alunos do universo da célula, um universo invisível que muitas vezes lhes parece abstrato. Os modelos podem ter desempenhado um papel na constituição de idéias e na sua contextualização proporcionando maior riqueza no processo de construção do conhecimento em relação ao tema célula tanto de alunos videntes como os com deficiência visual.

O uso de modelos bidimensionais e tridimensionais pode ajudar na melhoria da capacidade do aluno em adquirir, memorizar e assimilar as diferentes informações. A aplicação desses em sala de aula pode ser um importante apoio para o professor auxiliando-o no processo de ensino-aprendizagem (ORLANDO et al., 2009).

Em uma sala de aula não deve haver limites para a criatividade e para a utilização de recursos pedagógicos e estratégias adequadas que motivem a vontade de aprender dos alunos (OLIVEIRA, 2003). Porém, esses materiais têm que ser utilizados de forma a estimular a exploração e o desenvolvimento dos sentidos, o acesso ao conhecimento, à comunicação, a interação entre os alunos. A efetiva aprendizagem dependente da qualidade, variedade e adequação destes materiais ao conteúdo que está sendo ministrado (SÁ et al, 2007).

Embora o material produzido seja acessível para todos os tipos de alunos, o mesmo tem sua principal ação voltada para o alunado com deficiência visual. Na medida em que apesar de crescentes o número de materiais didáticos na área de ciências ainda existe uma escassez de materiais didáticos apropriados e atividades educativas capazes de estimular e incluir esse tipo de público.

Além disso, a utilização de materiais didáticos na educação de alunos com NEE visuais é muito importante levando-se em conta os inúmeros problemas enfrentados por esses alunos durante o processo de ensino-aprendizagem. (CERQUEIRA E FERREIRA, 2000).

Segundo Figueira (2003) é preciso que a escola ofereça uma variedade de propostas que forneçam apoio para que esses alunos possam realizar as atividades escolares. Os alunos com necessidades educacionais especiais visuais aprendem de forma diferente necessitando de um tempo maior para experimentar, aprender e, organizar suas vivências (DICKMAN E FERREIRA, 2008). Mas, isso não significa que esses alunos possuam condições limitadas de

aprendizagem. Eles possuem as mesmas condições de aprender e construir seu conhecimento que os videntes, porém, necessitam de metodologias e recursos diferenciados para desenvolver tais processos.

Nos últimos anos a Educação Inclusiva começou implementada, mas ainda tem um longo caminho a percorrer para que o processo de ensino-aprendizagem seja adequado, acessível e de qualidade para todos os alunos. Ações pedagógicas e materiais didáticos que contemplem todos os alunos e suas diversas necessidades ainda são escassos (AMARAL *et al.*, 2009).

O grande desafio para o sucesso da escola inclusiva é o desenvolvimento de uma pedagogia centrada na individualidade de cada aluno para que realmente os alunos possam aprender, de maneira eficaz e com qualidade, conseguindo englobar mesmo aqueles que possuam desvantagens severas em comparação aos outros (BRASIL, 2005).

Para isso, as escolas devem atender a todos, adaptando a aprendizagem a cada um de seus alunos (TIERNEY⁵, 1993 *apud* SÁNCHEZ, 2005) buscando formas de educar que respeitem as individualidades de seu público (SÁNCHEZ, 2005). Os professores precisam estar atentos à diversidade de seus alunos, aceitando as diferenças e propondo atividades que contemplem a todos os seus alunos (SÁ *et al.*, 2007).

5.2.2.2 Teste com professores:

Ainda avaliando os modelos didáticos produzidos, estes foram apresentados a oito professores de ciências/ biologia com intuito de sabermos suas opiniões sobre a possível contribuição destes materiais no processo de inclusão dos alunos NEE visuais em aulas de ciências.

A faixa etária dos professores variou entre 25-35 anos, sendo cinco do sexo masculino e três do sexo feminino. Os professores entrevistados lecionam nas redes estadual, federal ou municipal de educação. Cabe ressaltar que alguns professores lecionavam em mais de uma rede educacional (Tabela 5.1).

⁵TIERNEY, W. G. *Building Communities of Difference. Higher Education in the twenty-first Century*. London: Bergin and Garvey, 1993

Tabela 5.1: Rede de ensino na qual os professores entrevistados lecionam.

Rede de Ensino	Número de professores que trabalham
Estadual	8
Federal	2
Municipal	2

Durante a realização deste teste, apresentamos os modelos confeccionados aos professores, mostrando o que cada estrutura representava e informando a finalidade e os objetivos da construção dos modelos. Depois, eles foram convidados a manusear o modelo e após essa etapa, pedimos que respondessem um questionário que tinha questões a respeito da inclusão de pessoas com necessidades educacionais especiais, dos materiais didáticos e do material produzido.

Para efeito de avaliação do material foi feita a pergunta: *O material apresentado pode facilitar o processo de inclusão dos alunos com necessidades educacionais especiais em salas regulares?*

Todos os professores avaliaram o modelo como interessante, além de ressaltarem a importância da utilização do tato na construção do conhecimento (Quadro 5.2). A experiência tátil permite ao aluno perceber diferentes formas, texturas e relações espaciais, porém, a captação da informação quando comparada com a experiência visual é muito mais lenta (BATISTA, 2005). Os movimentos de exploração através do tato são efetuados sucessivamente, o que confere ao conhecimento tátil um caráter seqüencial e uma apreensão da forma que é mais lenta que pela visão. A visão pode perceber a forma, o tamanho e a cor dos objetos em poucos segundos (KASTRUP, 2007).

Quadro 5. 2: Respostas dos professores a pergunta a respeito do material e o processo de inclusão.

Professor	Resposta
1	<i>“Sim, sobretudo alunos com necessidades especiais quanto a visão. Auxiliando no desenvolvimento de atividades práticas, facilitando o processo de compreensão dos alunos.”</i>
2	<i>“Sim. Estes materiais podem contribuir na realização de aulas mais interessantes para os alunos, porque ele consegue trabalhar com modelo de célula e de organelas que podem facilitar a aprendizagem.”</i>
3	<i>“Sim. O material apresentado pode vir a o ponto de partida para a abordagem do tema.”</i>
4	<i>“ Sim, pois o material é muito interessante”</i>
5	<i>“Sim. O material apresentado é muito interessante para ser trabalhado em sala de aula com qualquer grupo de alunos, tendo eles necessidades especiais ou não. Principalmente porque este assunto (célula) é um tanto quanto abstrato para a o 2º segmento do Ensino Fundamental e esses modelos ajudam a formar a idéia de célula de maneira bem mais concreta que apenas desenhos no quadro ou no livro”.</i>
6	<i>“Creio que sim. O material poderia ajudar muito, pois, as experiências visual e tátil facilitam o aluno a memorizar e aprender. É sempre válido misturar os diversos tipos de veiculação de informação quando se quer trabalhar algum conhecimento.”</i>
7	<i>“Acredito que sim. A experiência tátil tem sempre muito a acrescentar ao conhecimento.”</i>
8	<i>“Sim, na minha opinião os modelos apresentados podem facilitar o processo de ensino-aprendizagem dos alunos e facilitar na hora de explicar para os alunos com necessidades especiais visuais devido ao seu apelo tátil.”</i>

Como se pode ver, pelas respostas, o material foi bem aceito pelos professores e foi unânime a opinião de que o material pode vir a contribuir para o trabalho em sala de aula e para a inclusão dos alunos com deficiência visual.

Um aluno deficiente visual utiliza o tato para fazer a sua exploração espacial. Já os alunos videntes fazem essa exploração primeiramente com os olhos. Segundo Maria Montessori, o caminho para o conhecimento passa pelas mãos, porque é por meio do movimento e do toque que os alunos exploram e decodificam o mundo ao seu redor (NOVA ESCOLA, 2006, p. 32).

Assim, para atender todos os alunos, um modelo inclusivo deve possuir texturas e cores diferentes que irão atender as necessidades dos alunos deficientes visuais e ainda atrair a atenção dos alunos videntes (BATISTA, 2005). Essas características são facilmente observadas em nosso modelo tridimensional, que além de possuir texturas, tamanhos e formatos diferentes apresenta cores vivas.

Neste sentido, os modelos criados parecem atuar como ferramentas de aprendizagem, na medida em que estimulam o interesse do aluno e ajudam no processo de socialização e na construção de novos conhecimentos. Eles podem ser utilizados de fora a auxiliar o processo de ensino-aprendizagem, possibilitando uma maior aproximação dos alunos com o conteúdo.

O professor precisa estar continuamente em busca de uma maior interação com seus alunos para perceber as dificuldades mais rapidamente facilitando assim, o desenvolvimento de atividades que auxiliem o processo de ensino-aprendizagem (MRECH, 2001).

A apropriação e a efetiva aprendizagem dos conhecimentos são facilitadas com a utilização de materiais que de forma interativa e divertida são capazes de motivar os alunos a aprenderem (CAMPOS, 2003). Os materiais didáticos podem ser importantes instrumentos pedagógicos capazes de auxiliar o professor em seu trabalho pedagógico.

6. Conclusões

- Foram gerados um atlas contendo as estruturas celulares e texto em braile e um modelo tridimensional sobre o tema célula contendo estruturas representadas em biscuit.
- O teste *in loco* mostrou que o material gerado estimulou o interesse dos alunos e permitiu uma melhor representação, ao utilizar a massinha, do que foi apresentado.
- Ao se comparar os resultados de pré e pós-teste, os resultados mostram uma melhora conceitual dos alunos.
- Durante a utilização dos modelos, foi observado uma maior interação entre todos os alunos, observando-se então a contribuição para processo de inclusão daqueles alunos com necessidades especiais visuais participantes desta etapa.
- Os modelos produzidos podem ser utilizados juntamente com o livro didático, auxiliando-o o professor no ensino do tema estrutura celular e seus componentes para o aluno deficiente visual segundo a opinião de professores e alunos sobre o material.

7. Considerações Finais

O conceito de inclusão está cada vez mais presente nas discussões educacionais. Sendo assim, a investigação e a realização de projetos que facilitem os processos de inclusão e de ensino aprendizagem se fazem cada vez mais necessárias. É preciso contribuir para o enriquecimento dos conhecimentos de todo alunado, estimulando a curiosidade e gerando reflexões.

Baseada na necessidade de respeitar e atender a diversidade da comunidade escolar é importante a definição da concepção pedagógica norteadora do processo de ensino-aprendizagem e um planejamento muito detalhado para a produção de um material didático a ser utilizado de acordo com os princípios determinantes dessa proposta.

O presente trabalho foi desenvolvido por acreditar na importância do desenvolvimento de materiais didáticos com a finalidade de facilitação dos processos de ensino-aprendizagem e de inclusão de alunos com necessidades educacionais especiais.

Neste sentido, os modelos criados neste trabalho não estão focados inicialmente na estética, mas sim na eficiência, na facilitação do processo de ensino-aprendizagem, sempre utilizando materiais de baixo custo para que, possam ser confeccionados na própria escola.

Espera-se que os nossos modelos não apenas possam contribuir para a aprendizagem dos alunos, mas também sirvam para sensibilizar os professores da sua importância, motivando a construção de novos materiais ou novas alternativas de ensino, para despertar cada vez mais o interesse dos educandos. Eles podem representar um diferencial para ministrar o conteúdo “Célula”, funcionando como ferramentas pedagógicas diferenciadas à medida que podem propiciar uma maior interação entre o professor e o aluno além de conferir ao aluno certa interatividade com o conteúdo.

Assim, esses modelos podem complementar a fala e a ação do professor, oferecendo apoio a situações de ensino-aprendizagem, contextualizando o conteúdo, estimulando os alunos na construção de seus próprios significados, incentivando a exploração e a investigação do tema.

Acredita-se com isso, que o material produzido juntamente com a parte teórica pode vir a auxiliar o professor durante as suas aulas, contribuindo para uma melhor compreensão do tema por parte dos alunos e para a construção do conhecimento dos mesmos.

8. Referências Bibliográficas

AMARAL, G. K.; FERREIRA, A. C.; DICKMAN, A. G.. Educação de estudantes cegos na escola inclusiva: o ensino de física. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física. Vitória (ES), SNEF, 2009.

AMORIM, L. H. ; MASSARANI, L. Jornalismo científico: um estudo de caso de três jornais brasileiros. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, vol.1, nº 1, jan./abr, 2008.

ANDRADE, A. F. de. Construindo um ambiente de aprendizagem a distância inspirado na concepção sócio-interacionista de Vygotsky. In: SILVA, Marco (org). *Educação on-line*. São Paulo: Loyola, p. 255-270, 2003.

AUSUBEL, D. P. *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

BATISTA, C. G. Formação de conceitos em crianças cegas: questões teóricas e implicações educacionais. *Psicologia: Teoria e Pesquisa* [online] vol.21, n.1, pp. 07-15, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ptp/v21n1/a03v21n1.pdf>> Acesso em: 25 de outubro de 2008.

BAUMGARTEN, M. Ciência, tecnologia e desenvolvimento redes e inovação social. *Parcerias Estratégicas*. Brasília, v. 26, p. 101-118, 2008.

BLANCO, R; DUCK, C. A integração dos alunos com necessidades especiais na região da América Latina e Caribe: situação atual e perspectivas. In: MANTOAN, M. T. E. *A integração de pessoas com deficiência: contribuições para uma reflexão sobre o tema*. São Paulo: Memnon Editora SENAC, 1997. p. 184-195.

BONETI, L.W. As políticas educacionais, a gestão da escola e a exclusão social. In: FERREIRA, N. S.; AGUIAR, M. S. *Gestão da educação: impasses, perspectivas e compromissos*. São Paulo: Cortez, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais. Parte III*. Brasília, 2000.

_____. Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Sinopse estatística da educação básica: censo escolar 2004*. Brasília, DF: O Instituto, 2004.

_____. Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional (n. 009394). Brasília, 1996. Disponível em: www.senado.gov.br/legbras.

_____. Instituto Benjamin Constant. Disponível em: <<http://www.ibc.gov.br/?catid=73&blogid=1&itemid=352>>. Acesso em: janeiro de 2010.

_____. FIPE/MEC/INEP. Projeto de estudo sobre ações discriminatórias no âmbito escolar, organizadas de acordo com áreas temáticas, a saber, étnico

racial, gênero, orientação sexual, geracional, territorial, de necessidades especiais e socioeconômica: sumário dos resultados da pesquisa. Brasília, 2009.

_____. Conferência Nacional de Educação (CONAE) Construindo o Sistema Nacional articulado em Educação: O Plano Nacional de Educação, Diretrizes e Estratégias de Ação. Documento Final. Brasília, 2010.

_____. Ministério da Educação (MEC). Documento subsidiário à Política de Inclusão. Secretaria de Educação Especial. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/docsubsidiariopoliticaeinclusao.pdf>> Acesso em: 16 de janeiro de 2011.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. *Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva*. Brasília: MEC/SEESP, 2008. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/politica.pdf>> Acesso em: 16 de janeiro de 2011.

BRUNO, M. M. G. *Deficiência Visual. Reflexão sobre a Prática Pedagógica*. São Paulo: Laramara, 1997.

CAIADO, K.R.M. *Aluno deficiente visual na escola: Lembranças e depoimentos*. 2ª edição. Campinas: Editora Autores Associados, 2006.

CAMARGO E. P., SCALVI L. V. A., BRAGA T. M. S. O Ensino de Física e os Portadores de Deficiência Visual: Aspectos Observacionais Não-Visuais de Questões Ligadas ao Repouso e ao Movimento dos Objetos. In: NARDI, R. (Org.), *Educação em Ciências da Pesquisa à Prática docente*. São Paulo: Escrituras, 2001 V. 3, p. 117 – 133.

CAMPANÁRIO, J. M.; MOYA, A. Cómo enseñar Ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192., 1999.

CAMPOS, L.M.L.; BORTOLOTO, T. M.; FELÍCIO, A. K. C. A produção de jogos didáticos para o ensino de Ciências e Biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. Núcleos de Ensino da UNESP. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf>> Acesso em: 30 setembro 2009.

CAPELO, F. M. Aprendizagem centrada na pessoa: Contribuição para a compreensão do modelo educativo proposto por Carl Rogers. *Revista de Estudos Rogerianos: A Pessoa como Centro* N°. 5 Primavera-Verão, 2000.

CARDOSO, C. S. Aspectos Históricos da Educação Especial: da exclusão a inclusão uma longa caminhada. *Educação*, n. 49, p. 137-144, 2003.

CARNEIRO, M. H. S. As imagens no livro didático. In: ATAS DO I ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS. Águas de Lindóia, São Paulo, 1997, p.366-373.

CARVALHO, K. M. M. GASPARETO, M. E. R. F. VENTURINI, N. H. B. E. Visão Subnormal - Orientações ao professor do Ensino Regular. Campinas: Ed. UNICAMP, 1994.

CASTRO, A. M. *A prática pedagógica dos professores de ciências e a inclusão do aluno com deficiência visual na escola pública*. São Paulo, 2002. Dissertação (Mestrado em educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP. 2002.

CAZELLI, S. *Alfabetização científica e os museus interativos de ciência*. Rio de Janeiro, 1992. 163f. Dissertação (Mestrado em educação) – Departamento de Educação, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 1992.

CERQUEIRA, J.B. E FERREIRA, E.M.B. Recursos didáticos na educação especial, *Ver. Benjamin Constant*, 2000 – 200.156.28.

CHIZZOTTI, A. *Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais*. São Paulo: Cortez, 2001. pp. 69-98

CORRÊA, M. N. P.; BOTELHO, C. S.; NUNES, B. A avaliação de material didático impresso para uma aprendizagem independente e individualizada do NEAD da UEMA e o seu significado instrucional. In: ANAIS DO 14º CONGRESSO INTERNACIONAL ABED DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA "MAPEANDO O IMPACTO DA EAD NA CULTURA DO ENSINO-APRENDIZAGEM". Santos, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2008/tc/5112008110237PM.pdf> Acesso em: 15 de março de 2009.

da SILVA, F. J. C. *Deficientes visuais: que realidade escolar o espera?* Niterói 2006. 57f. Monografia (de conclusão de curso) – Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2006.

DELOU, C. M. C.; CASTRO, H. C.; CORTÊS, C. E. S.; MAZZA, I.G.; OLIVEIRA, R. D. V. L.. Escola de Inclusão: programa para formação de professores com novos valores sociais. *Pedagogia. Anais*, 2011.

DEMO, P. *Pesquisa e construção de conhecimento*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1996.

DICKMAN, A. G.; FERREIRA, A. C. Ensino e aprendizagem de Física a estudantes com deficiência visual: Desafios e Perspectivas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências Vol. 8 No 2, 2008*

DOMINGUES, L. F. *Estudo da relação entre imagens e a formação de conceitos estruturais em citologia*. Niterói 2006. 35f. Monografia (de conclusão de curso) – Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

DOWNING, J., EICHINGER, J., ; WILLIAMS, L. Inclusive Education for Students with Severe Disabilities: Comparative views of principals and educators at different levels of implementation. *Remedial and Special Education*. V.18 May/June1997. p. 133- 142.

FALKENBACH, A.P.; MAZZARINO, J.; HARRES, J. B.; DREXSLER, G.; DIESEL, D. Ambiente e inclusão na aprendizagem de alunos com necessidades especiais nas aulas de Educação Física. *Revista Digital*, Buenos Aires, ano 13, Nº 121, jun. 2008.

FIGUEIRA, E. *A presença da pessoa com deficiência visual nas Artes V*. Rede SACI, São Paulo-SP, 2003.

FREITAS, D.; SANTOS, S.A.M. CTS na produção de materiais didáticos: o caso do projeto brasileiro Instrumentação para o ensino interdisciplinar das Ciências da Natureza e da Matemática. In: *Perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*. Eds. Aveiro, Universidade de Aveiro, Departamento de Didática e Tecnologia Educativa, 2004. Disponível em: <http://www.ufscar.br/ciecultura/denise/evento_3.pdf>. Acesso em: 05 de dezembro de 2010.

FRIAS, E. M. A inclusão escolar do aluno com necessidades educacionais especiais: contribuições ao professor do ensino regular. *Material didático - pedagógico apresentado ao programa de desenvolvimento educacional – PDE* da secretaria de estado da educação do Paraná, 2008/2009. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1462-6.pdf?PHPSESSID=2010012008183564>>. Acesso em 16 de janeiro de 2011.

GADOTTI, M. *Perspectivas Atuais da Educação*. São Paulo Perspec., São Paulo, abr./jun., vol.14, no.2, p. 03-11, 2000.

GARDEL, P. S. A interação e as atividades pedagógicas como mediadores na aprendizagem de vocabulário em aulas de inglês como segunda língua. 2006. 187f. Dissertação (Mestrado em Letras) – Departamento de Letras. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

GIANGRECO, M. F., DENNIS, R., CLONINGER, C., EDELMAN, S., SCHATTMAN, R. I've counted Jon: Transformational experiences of teachers educating students with disabilities. *Exceptional Children*, 59, p. 359-372, 1993.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. de *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. 2 Ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GLAT, R.; FERNANDES, E. M. Da Educação Segregada à Educação Inclusiva: uma Breve Reflexão sobre os Paradigmas Educacionais no Contexto da Educação Especial Brasileira. *Revista Inclusão* nº 1, 2005.

GONZÁLEZ, J. *Educação e Diversidade: Bases Didáticas e Organizativas*. Porto Alegre: ARTMED, 2002.

HADDAD, S. ; GRACIANO, M. Educação: direito universal ou mercado em expansão. São Paulo: Perspec., 2004. vol.18, no.3, p.67-77.

JANIAL, M. I.; MANZINI, E. J. Integração de alunos deficientes sob o ponto de vista do diretor de escola. In: MANZINI, E. J. (Org). *Integração do aluno com deficiência: perspectiva e prática pedagógica*. Marília: UNESP-Marília-Publicações, 1999. p. 1-25.

JANZEN, L., WILGOSH, L.; McDONALD, L. Experiences of classroom teachers integrating students with moderate and severe disabilities. *Developmental Disabilities Bulletin*, 23(1), 40-57, 1995.

KARP, G. *Cell and Molecular Biology: Concepts and Experiments*. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.

KASTRUP, V. A invenção na ponta dos dedos: a reversão da atenção em pessoas com deficiência visual. *Psicologia em Revista*, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 69-90, jun. 2007.

LEITE, L. P.; MARTINS, S. E. S. Adequação curricular: alternativas de suporte pedagógico na Educação Inclusiva. *Revista de Educação Especial*, Santa Maria, v. 23, n. 38, p. 357-368, set./dez. 2010.

LEWIS, J. Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationships? *International Journal of Science Education* 22 (2): 177- 195, 2000.

MASINI, E. F. S. A educação do portador de deficiência visual — as perspectivas do vidente e do não vidente. *Em Aberto*, Brasília, ano 13, n.60, out./dez. 1993. Disponível em: <http://emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/888/795>> Acesso em: janeiro de 2008.

MATISKEI, A. C. R. M. Políticas públicas de inclusão educacional: desafios e perspectivas. *Educar*. Curitiba: Editora UFPR, 2004. n. 23, p. 185-202.

MELLO, A.M.S.R. Autismo e Integração. In: MANTOAN, M. T. E. *A integração de pessoas com deficiência: contribuições para uma reflexão sobre o tema*. São Paulo: Memnon, 1997. p. 13-17.

MELO, F. R. L. V.; MARTINS, L. A. R. O que pensa a comunidade escolar sobre o aluno com paralisia cerebral. *Revista Brasileira de Educação Especial*, Marília, v. 10, n. 1, p. 75-92, 2004.

Ministério da Educação (MEC) Documento subsidiário à Política de Inclusão. Secretaria de Educação Especial. Brasília, 2005. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/docsubsidiariopoliticadeinclusao.pdf>.> Acesso em: 16 de janeiro de 2011.

MINAYO, M.C. de S. (Org.). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 22. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2003.

MITTLER, P. *Educação Inclusiva – contextos sociais*. Porto Alegre: Artmed, 2003.

MONTEIRO A. P. H.; MANZINI E. J. Mudanças nas concepções do professor do ensino fundamental em relação à inclusão após a entrada de alunos com deficiência em sua classe. *Revista Brasileira de Educação Especial*, Marília, v.14, n.1, p.35-52 Jan.-Abr. 2008

MONTILHA, R. C. L.; TEMPORINI, E. R.; NOBRE, M. I. R. S; GASPARETTO, M. E. R.; Freire; N. K.J. Utilização de recursos ópticos e equipamentos por escolares com deficiência visual. *Arq Bras Oftalmol.*69 (2): 207-11, 2006.

MOREIRA, I. C. A inclusão social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil. *Inclusão Social*, Vol. 1, Nº 2, 2006.

MOREIRA M. A. Aprendizagem Significativa Crítica Versão revisada e estendida de conferência proferida no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa, set de 2000. Publicada nas Atas desse Encontro, p. 33-45, com o título original de Aprendizagem significativa subversiva. Disponível em:<<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>> Acesso em: 30 de maio de 2009.

MRECH, L. M. O que é Educação Inclusiva? São Paulo, USP, 2001. Disponível em:<http://www.educacaoonline.pro.br/index.php?option=com_content&view=article&id=107:o-que-e-educacao-inclusiva&catid=6:educacao-inclusiva&Itemid=17.> Acesso em: 23 de setembro de 2009

NASCIMENTO-SCHULZE, C. M. Um estudo sobre alfabetização científica com jovens catarinenses. *Revista Psicologia - Teoria e Prática*, Vol. 8, Nº 1, 2006

NICOLAIDES, C. ; FERNANDES, V. Autonomia: critérios para a escolha de material didático e suas implicações. IN: LEFFA, V. *Produção de materiais de ensino: teoria e prática*. Pelotas: Educat, 2003.

NOVA ESCOLA, Edição Especial, Grandes Pensadores. São Paulo: Abril, v.2, n.10, ago. 2006.

NJOROGE, M. El trabajo com alumnos com baja visión: algunas consideraciones útiles. Seminário para Profesores de Alumnos con Discapacidad Visual, Kajiado, Kenia, 1994.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L., DA SILVA, I. K. P., Campos, A. P. N. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de ciências OEI- *Revista Iberoamericana de Educación*, 2003

OLIVEIRA, F. I. W. A importância dos recursos didáticos no processo de inclusão de alunos com necessidades especiais. In: GARCIA, W.G.; GUEDES, A.M.. (Org.). Núcleos de Ensino. 1ª ed. São Paulo: FUNDUNESP, 2003, v. 1, p. 21-24. Disponível em:
<<http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aimportanciadosreccdidaticos.pdf>.>
Acesso em: 21 de setembro de 2009.

OLIVEIRA, A. A. S.; POKER, R. B. Educação inclusiva e municipalização: a experiência em educação especial de Paraguaçu Paulista. *Revista Brasileira de Educação Especial*, Marília, v. 8, n. 2, p. 233-244, 2002.

OMOTE, S. Inclusão e a questão das diferenças na educação. Florianópolis:*Perspectiva*, v. 24, n. Especial, p. 251-272, jul./dez. 2006

ORLANDO, T. C. et al. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*. n. 01. fev. 2009.

ORMELEZI, E. *Os caminhos da aquisição do conhecimento e a cegueira: do universo do corpo ao universo simbólico*. São Paulo, 2000. 273 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia e Educação). – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PEDRANCINI, V. D., CORAZZA-NUNES, M. J., GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R. ; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 6, Nº 2, 299-309, 2007.

PLETSCH, M. D. A formação de professores para a educação inclusiva: legislação, diretrizes políticas e resultados de pesquisas. *Educar em revista* [online] n.33, pp. 143-156, 2009.

PELIZZARI, A., KRIEGL, M. L., BARON, M. P. FINCK, N. T. L., DOROCINSKI, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. *Revista PEC*, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001- jul. 2002

PUGLISI, M.L.; FRANCO, B. *Análise de conteúdo*. 2. ed. Brasília: Líber Livro, 2005.

REBELLO, L. *O perfil educativo dos museus de ciência da cidade do Rio de Janeiro*. Niterói, 2001.218f. Dissertação (Mestrado em educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.

RODRIGUES, D. *Inclusão e educação – doze olhares sobre a educação inclusiva*. São Paulo: Editora Smmus, 2006.

ROGERS, C. *Liberdade de Aprender em Nossa Década*, 2ª. Edição, Porto Alegre: Artes Médicas, 1986.

SAAD, S. N. Preparando o caminho da inclusão: dissolvendo mitos e preconceitos em relação à pessoa com síndrome de down. *Revista Brasileira de Educação Especial*, Marília, v.9, n.1, p.57-78. jan.-jun, 2003.

SÁ, E. D., CAMPOS, I. M., SILVA, M. B. C. Inclusão escolar de alunos cegos e com baixa visão. Mec, 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/aee_dv.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2009.

SÁNCHEZ, P. A. A educação inclusiva: um meio de construir escolas para todos no século XXI. *INCLUSÃO - Revista da Educação Especial* p. 07 a 18. Out. 2005. Disponível em: <<http://www.rsaccessivel.rs.gov.br/uploads/1236187705revistainclusao1.pdf#page=7>>Acessado em: 15 de janeiro de 2009.

SASSAKI, R. K. *Inclusão: construindo uma sociedade para todos*. 7ª ed. Rio de Janeiro: WVA, 2006.

SAVIANI, D. *Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações*. 2 ed. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1991.

SEGNINI, L.R.P. Educação e Trabalho: Uma Relação tão Necessária Quanto Insuficiente. *Revista São Paulo Perspectiva*, São Paulo, vol.14, no.2, p.72-81, abr./jun. 2000.

SEVERINO, A.J. Educação, Trabalho e Cidadania: a Educação Brasileira e o Desafio da Formação Humana no Atual Cenário Histórico. *Revista São Paulo Perspectiva*, São Paulo, vol.14, no.2, p.65-71, abr./jun. 2000.

SILVA, F. C. T. Escola Inclusiva: a Educação Especial em foco. *Rev. Edu. Esp.* Santa Maria, n. 23, p. 25 – 34, 2004.

SIQUEIRA, V.H.F. Tecnologia educacional na área de saúde: a produção de vídeos educativos no Nutes/UFRJ. In: MONTEIRO, S.; VARGAS, E. (Orgs.). *Educação, comunicação e tecnologia educacional: interfaces com o campo da saúde*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2006. p.71-86.

SOBRAL, F.A.F. Educação para a Competitividade ou para a Cidadania Social? *Revista São Paulo Perspectiva*. São Paulo, vol.14, no.1, p.03-11. jan./mar. 2000.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais. A pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1992.

UNESCO; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIA DA ESPANHA. Declaração de Salamanca e linhas de ação sobre necessidades educativas especiais: acesso e qualidade. Brasília: CORDE, 1994. Disponível em: <<http://www.educacaoonline.pro.br>>. Acesso em: janeiro de 2008

VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. O Livro Didático de Ciências no Ensino Fundamental – Proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. *Ciência & Educação*, v. 9, nº. 1, P. 93-104, 2003.

VILAÇA, M. L. C. O material didático no ensino de língua estrangeira: definições, modalidades e papéis. *Revista Eletrônica do Instituto de Humanidades* v. VIII nº XXX jul/set. 2009. Disponível em: <<http://publicacoes.unigranrio.com.br/index.php/reihm/article/viewFile/653/538>> Acesso em: abril de 2010.

VILLANI, A. ; PACCA, J. L. A. Construtivismo, Conhecimento Científico E Habilidade Didática No Ensino De Ciências *Rev. Fac. Educ.* vol. 23 n. 1-2 São Paulo jan.-dec. 1997.

VITALIANO, C. R. *Concepções de professores universitários da área de educação e do ensino regular sobre o processo de integração de alunos especiais e a formação de professores*. 2002, 308f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília, 2002.

_____. Análise da necessidade de preparação pedagógica de professores de cursos de licenciatura para inclusão de alunos com necessidades educacionais. *Revista brasileira de Educação Especial* 13(3):399-414, set.-dez. 2007.

YORK, J.; VANDERCOOK, T.; MACDONALD, C.; HEISE-NEFF, C.; CAUGHEY, E. Feedback from teachers and classmates about integrating middle school learners with severe disabilities in regular classes. *Exceptional Children*, 58(3), p. 244-259. 1992.

ZUIN, V. G.; FREITAS, D.; OLIVEIRA, M. R. G.; PRUDÊNCIO C. A. V.; Análise da perspectiva ciência, tecnologia e sociedade em materiais didáticos. *Ciências & Cognição* v. 13: p.56-64. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org>> Acesso em: novembro de 2006

9. Apêndices

Apêndice 9.1: Questionário de Avaliação dos protótipos dos modelos bidimensionais e do modelo tridimensional

Questionário de Avaliação dos protótipos dos modelos bidimensionais e do modelo tridimensional

Idade: _____

Sexo: () Feminino () Masculino

Escola: () pública () particular

1. Na sua opinião, o modelo é:
() Muito bom () Bom () Regular () Ruim () Muito Ruim

2. Os modelos facilitaram sua compreensão sobre a célula?
() Sim, pude compreender melhor
() Não facilitou minha compreensão

3. Você conseguiu perceber as diferenças entre as organelas (tamanho, textura, forma)?
() Sim,
() Sim, mas no início fiquei confuso (a)
() Não entendi

4. A atividade permitiu que você aprendesse mais sobre as relações entre a forma e a função das diferentes organelas?
() Sim () Não

Questionário sobre o conteúdo Célula

Sexo: () F emino () Masculino Idade: _____ Série/ Ano: _____

1) Defina Célula.

2) Quimicamente, a membrana plasmática é constituída principalmente por:

3) O citoplasma celular está envolvido pela membrana plasmática, que separa o conteúdo protoplasmático do meio extracelular. Essa membrana possui algumas características específicas como a permeabilidade, que é:

- (a) a passagem de qualquer substância para o interior da célula.
- (b) a entrada e saída de algumas substâncias da célula.
- (c) o controle da entrada e saída de substâncias na célula.
- (d) o englobamento de partículas sólidas pela membrana plasmática

4) Sobre as funções das estruturas e organelas, associe as colunas

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1- Digestão intracelular | () ribossomos |
| 2- Respiração celular | () retículo endoplasmático |
| 3- Presença de material genético | () lisossomos |
| 4- Armazenamento de substâncias | () complexo golgiense |
| 5- Síntese de proteínas | () núcleo |
| 6- Transporte de substâncias dentro da célula | () mitocôndria |

Apêndice 9.3: Artigo publicado na revista *Biochemistry and Molecular Biology*

Articles

Just Working with the Cellular Machine

A HIGH SCHOOL GAME FOR TEACHING MOLECULAR BIOLOGY*‡

Received for publication, December 12, 2006, and in revised form, November 26, 2007

Fernanda Serpa Cardoso§¶, Renata Dumpel§¶, Luisa B. Gomes da Silva§, Carlos R. Rodrigues||, Dilvani O. Santos§, Lucio Mendes Cabral||, and Helena C. Castro§¶‡

From the §LABioMol, Departamento de Biologia Celular e Molecular, Instituto de Biologia, CEG-Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brazil, ¶Curso de Pós-graduação de Ensino em Biociências e Saúde, PGEBS-FIOCRUZ, Rio de Janeiro, Brazil, and ||Laboratório de Modelagem Molecular e QSAR (ModmolQSAR), Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

Molecular biology is a difficult comprehension subject due to its high complexity, thus requiring new teaching approaches. Herein, we developed an interdisciplinary board game involving the human immune system response against a bacterial infection for teaching molecular biology at high school. Initially, we created a database with several questions and a game story that invites the students for helping the human immunological system to produce antibodies (IgG) and fight back a pathogenic bacterium second-time invasion. The game involves answering questions completing the game board in which the antibodies “are synthesized” through the molecular biology process. At the end, a problem-based learning approach is used, and a last question is raised about proteins. Biology teachers and high school students evaluated the game and considered it an easy and interesting tool for teaching the theme. An increase of about 5–30% in answering molecular biology questions revealed that the game improves learning and induced a more engaged and proactive learning profile in the high school students.

Keywords: High school, molecular biology, game, playing, problem based learning.

Literature has described the concern about the low level of the overall scientific knowledge of the world population [1–4]. Importantly, the interest about genetics and molecular biology has increased with the development of gene technology [5–7]. Although the students are currently interested in molecular biology subjects, studies revealed that they have problems in understanding DNA function, its origin, and its direct relationship with other molecules such as proteins [8]. Therefore, new learning and teaching techniques need to be developed for teaching molecular biology topics [9, 10].

Games have represented an important role in different cultures. In the past, games were an approach for people interacting within and with other groups [11, 12]. Cur-

rently, games are used for teaching different topics of different disciplines in several areas, from school to graduate courses [13–15]. In a didactical perspective, educational games may stimulate confidence, motivation, mutual respect, organization, group interaction, mental strength, and development, whereas facilitate the approach of different themes [16, 17]. In addition, games may be used as teaching tools in different learning environments including formal (*i.e.* school) or informal (*i.e.* museum and library) educational spaces [18].

Herein, we constructed a board game named “Just working with the cellular machine” for approaching molecular biology topics (duplication, translation, and transcription) in a multi and interdisciplinary way, as includes immunology and cell biology issues. This article briefly describes the molecular biology principles underpinning the game, the equipment required to run a game session, and the rules of it. As adequate learning tools are necessary at high school for student motivation, we consulted 10 high school teachers for classifying the game questions according to their difficult level for their students. We also compared the teachers’ classification with the high school students’ opinion for establishing a final classification and the game dynamic. As a learning tool should be adequate not only at difficulty level but also for its teaching purpose, we also compared the answers in a molecular biology questionnaire of high school

* This work is supported by Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ—Brazil) and PGEBS-FIOCRUZ.

‡ This article contains supplementary material available via the Internet at <http://www.interscience.wiley.com/jpages/1470-8175/suppmat>.

¶¶ To whom correspondence should be addressed. Laboratório de Antibióticos, Bioquímica e Modelagem Molecular (LABioMol), Departamento de Biologia Celular e Molecular, Instituto de Biologia, CEG, Universidade Federal Fluminense, CEP 24001-970, Niterói, RJ, Brazil. Tel.: +55, +21-26292294. E-mail: hcastrorangel@vm.uff.br.

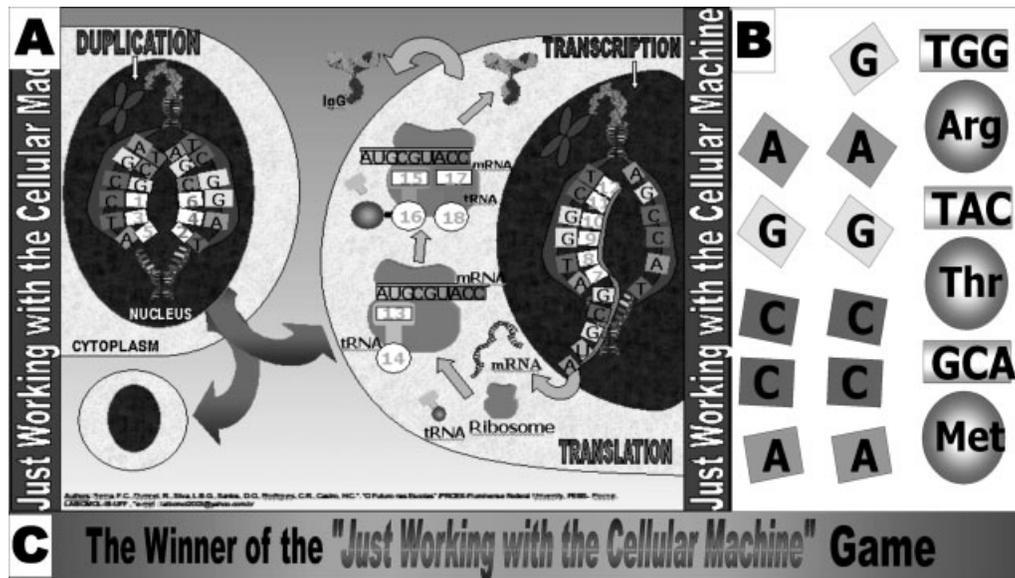


FIG. 1. The “Just working with the Cellular Machine” Game. The board (A), the pieces used to fulfill the board (B) and the strand for the winning team (C).

students that were submitted to the game with those that had traditional class. Their personal opinions about the game were also collected during an informal interview for assessing the acceptance of the game.

METHODS

Creating the Game

Initially, we created a data bank with 48 questions about DNA replication ($n = 16$), transcription ($n = 16$), and translation ($n = 16$) (Supplementary material) based on undergraduate [19–22], and Brazilian high school books [23, 24]. Among them, we included questions of easy level (50%) (*i.e.* What are the bases that form the DNA?/What are the three different types of RNA in the cell?), medium level (25%) (*i.e.* Describe two differences between DNA and RNA/Why duplication is called a semiconservative process?), and difficult level (25%) (*i.e.* What happens with the RNA after it is synthesized in the nucleus?/What are the substrates of the DNA polymerase and in what process this enzyme is involved?). Then, we created a game board divided into three parts (duplication, transcription, and translation) that basically show the lymphocyte division and its protein synthesis (Fig. 1). This incomplete board should be filled with 18 pieces that represent the nucleotides of the game first ($n = 6$) and second ($n = 6$) parts (duplication and transcription) and the anticodons and aminoacids of the third part ($n = 6$) (translation) (also see the Supplementary material).

We also created a story for ruling and orientating the game and divided it into four cards to explain the hypothetical purpose of the game (producing IgG against bacteria) and the steps for achieving this goal. Thus, the four cards include

- 1) The beginning of the game that informs the players about the second invasion of her/his own body by pathogenic bacteria and the immune system stimulation for multiplying the lymphocyte B in the medulla (DNA duplication) for future antibody production (IgG). Herein, the students are informed that they should help their organism to produce this antibody by answering questions to fight back these bacteria.
- 2) The second phase in which the students are informed about the migration of the lymphocytes from the medulla to the vascular system to form the mRNA from the DNA (DNA transcription).

- 3) The third phase when occurs after RNA translation, the protein synthesis (IgG production). In this phase, a last question was created to raise a problem-base learning approach when it is asked about something incompatible in the game board representation. This question concerns about the synthesis and localization of secreted proteins that generally go through Golgi complex and not through cytoplasm as it is shown in the original board.
- 4) The final phase contains an ending text for declaring the game winner informing that the molecular biology process inside the cell biology and the immune system allowed the current ability of the human body to fight back against bacteria invasion.

In addition, a manual was produced to inform about game rules and steps that basically consist of

- (a) Dividing the class into three to four teams or groups.
- (b) Choosing the first team that will start the game by answering a question selected from game question book (data bank).
- (c) Fulfilling the game with the matching piece (Fig. 3) and giving points to the team player according to the degree of the question difficult level (easy = 1, medium = 3, and difficult = 5) in case of the right answer. In case of a wrong answer, the question is addressed to the next team. If no team correctly answers it, the piece is added to the board, and the right answer is still read.
- (d) Continuing the game from b step with the next team until the board is fulfilled. The winner will be the team player who presents the higher punctuation at the end of the game.

A supplement website was created for interested teachers to view and have a better understanding of the game, download the rules, questions, upload/submit additional questions, read student comments, review the assessment tools and data, and give their opinions about it.

Testing and Evaluating the Game

Assessing the Difficult Level of the Game—Ten teachers (25–55 years) who work in private ($n = 3$) and public ($n = 7$) high schools analyzed the game by evaluating the difficult level of the questions/answers databank. These teachers teach

molecular biology for 6,120 high school students and were invited to classify the questions as easy, medium, or difficult for professor and student separately. The game questions or answers databank were also evaluated by 30 high school students, and the results were compared to teacher classification.

Assessing the Game Dinamic—The game was tested in high school classes by first presenting a traditional class about molecular biology including the topics (DNA duplication, transcription, and translation) for 32 high school students and then playing it. Finally, an opinion questionnaire and an informal interview were performed for assessing the students' acceptance.

Assessing the Game as an Improving Learning Tool

For assessing the game as an improving learning tool, we selected three questions of each difficult level (easy, medium, and difficult) of each molecular biology topic (duplication, transcription, and translation) and applied as a questionnaire for two high school student groups ($n = 70$). One of them used the game as a didactical tool in the classroom, while the other had a traditional class about molecular biology without using the game. Then, we compared their questionnaire results and also their oral opinions to assess the game ability of facilitating the understanding of molecular biology.

RESULTS AND DISCUSSION

The Game

Herein, we produced a board game for helping teaching molecular biology topic in an easy and funny way. In the game named "Just working with the cellular machine," we chose a clearly functional cell (lymphocyte B) to localize the molecular biology processes (DNA replication, transcription, and translation). We presented them in a context that includes cellular and organism perspectives (Fig. 1). In the game story, the human organism is defending itself from a second-time bacterial infection by producing gamma-globulins (IgG). The purpose of constructing a multi and interdisciplinary game that involves cell biology, molecular biology, and immunology is to allow the students to interact through different topics, revealing the links of molecular biology with these specific areas. The current game presents one board to be fulfilled by 18 pieces, a manual, a question/answer book, and a strand to reward the winner. The classroom should be divided into three to four groups or team players to guarantee full interaction and a health and good timing competition.

Game Data-bank Evaluation (Teachers Opinion)

Ten high school teachers were invited to evaluate the game question/answer databank. Interestingly, they classified most of the question as easy for teachers (81–98%), depending on the topic (DNA replication, transcription, and translation) (Fig. 2). None of the questions were considered difficult for them, but we may have to consider that the questions were presented with the answer, which may influence their evaluation. Nevertheless, these results suggested that these teachers probably would have no difficult in using this material, as they know the questions within. Importantly, the teachers' evaluation slightly changes when they considered the data bank

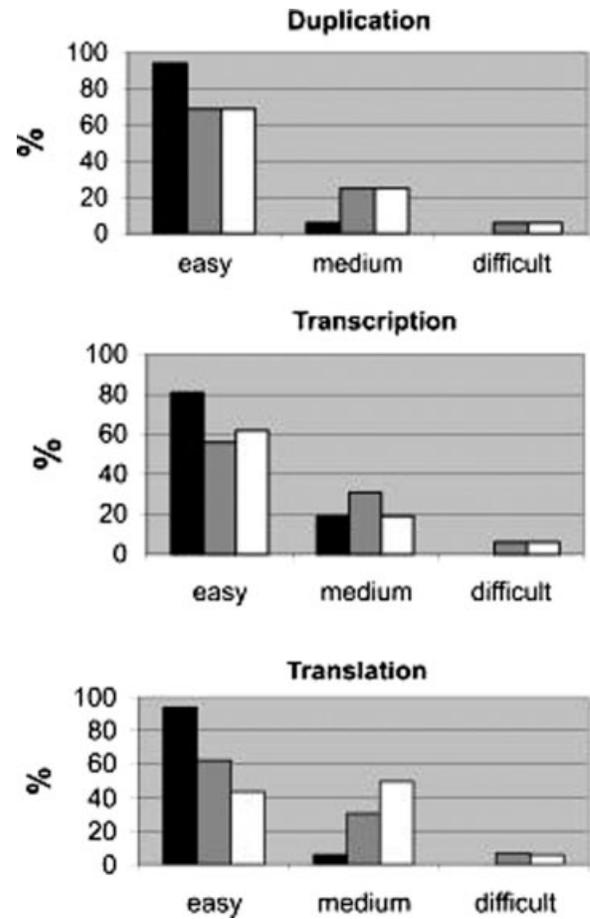


FIG. 2. Evaluation by teachers and students of the game questions (easy, medium, and difficult) related to each molecular biology topic (duplication, transcription, translation). Black, teachers' analysis; gray, teachers' analysis, considering the student perspective; white, student analysis.

through the student point of view. According to these professionals, 95% of the questions regarding DNA duplication were easy for teachers, whereas this value decreased to 69% when considering the student perspective (Fig. 2). In the transcription questions, they considered 81% and 19% of easy and medium level for teachers in contrast to 56% and 31% for students, respectively (Fig. 3). Finally, in the translation questions, 62% was considered easy for students in contrast to teachers (94%).

Overall, 89% and 63% of all questions were considered of easy level for teacher and students, respectively (Fig. 2). Thus, the game may be classified as an easy version based on teachers evaluation. Nevertheless, the most important game feature is its open question/answer data bank, which allows the addition of new questions of different difficult levels. Thus, teachers may increase or decrease the game difficult level or slightly reorientate the game by including questions about immunology, biochemistry, and/or cell biology as it also indirectly involve these themes.

Game Data-bank Evaluation (Students Opinion)

Thirty high school students (16–19 years) evaluated the question/answer databank, and although in a lower

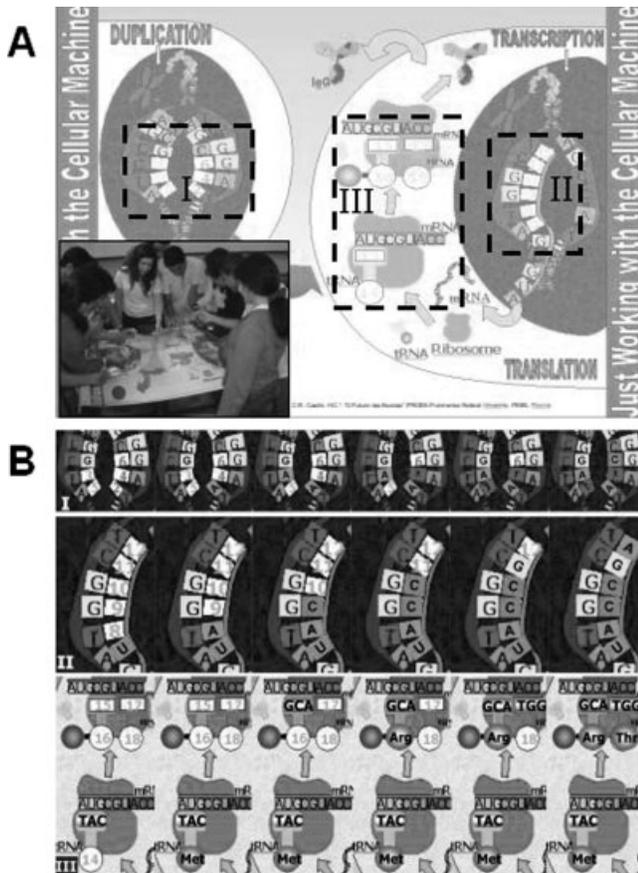


FIG. 3. The use of “Just working with the Cellular Machine” game. A: Diagram of the board showing the three parts (I, II, and III) that should be fulfilled. Inset: high school students playing with the game, and (B). Correct sequence for fulfilling Parts I (duplication), II (transcription), and III (translation).

extent also classified as easy most of the question of each the topic (44–69%) (Fig. 3). Student analysis about duplication and transcription were closer to the teachers’ prediction, suggesting a good knowledge degree of these professionals about the student concepts and evaluation. The only exception was the questions about translation in which students classified most of them in a medium level (50%), which suggested a lower degree of comprehension of this topic (Fig. 4). In fact, translation is a difficult topic as RNA becomes protein and lacking of a good graphical representation may compromise the understanding of this process. Based on both teachers and students evaluations, the game is essentially easy, which should allow a dynamic and feasible use of it in most high schools.

Playing the Game

The game was tested by 32 students (16–19 years) of third grade of a private high school (Fig. 3). We evaluated their opinion in the end of the game using a questionnaire and an informal interview. Generally, the students considered it a good game (98%) and useful for understanding the processes as a whole (100%) (Table I). The rules were fully understood (94%), and because of the randomly selected questions, the game was classified in

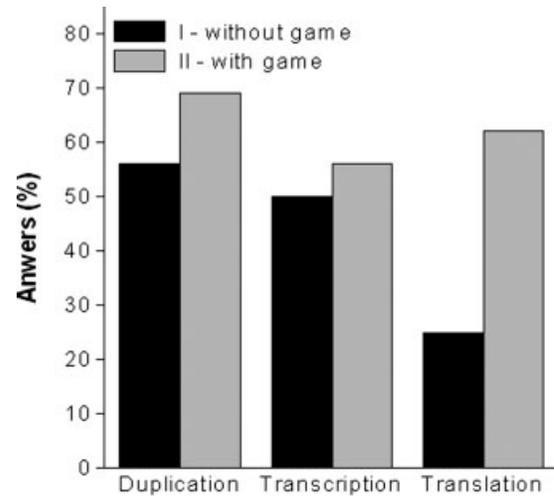


FIG. 4. Comparison of answers of two high school student groups that used the game as a didactical tool in the classroom (I) or had a traditional class about molecular biology without the game (II).

Question	Answers (%)
The game is	Good: 98 Regular: 0 Bad: 02
The board scheme helped to understand the molecular biology topics	Yes: 100 No: 0
You understand the games rules	Yes, in the very beginning: 94 Yes, but it took some time: 06 No: 0
Generally the questions of the game were	Easy: 19 Medium: 81 Difficult: 0
I do learn more about genetics mechanisms	Yes: 97 No: 03
This kind of educational games may help to teach other Biological topics	Yes: 97 No: 03
In case of positive answer, they cited	Genetics: 35 Cell Biology (Cytology): 30 Others: 35

a medium level of complexity (81%). According to the students, the genetics mechanisms were more comprehensive with the game (97%), which may help to understand other topics of biology (97%) such as genetic (35%) and cell biology (29%) (Table I). About 49% considered the game an easier way of learning as they are playing instead of having normal classes.

Assessing the Game as an Improving Learning Tool

The assessment of the game as an improving learning tool involving two high school student groups ($n = 70$) that used the game as a didactical tool in the classroom (group A) or had a traditional class about molecular biology without the game (group B) revealed that the understanding of the molecular biology specific topics increased 5–37%, mainly on translation, which is considered the most difficult one (Fig. 4). According to the students’ oral opinion, some clear game features were detectable:

1. The graphical representation is adequate (*i.e.* Student A: very good; I had seen the theme before, but I did not understand anything until now. Student B: the visualization of the context is great);
2. The students were more engaged and proactive in their learning during use of the game (*i.e.* Student C: All class participated, and everybody wanted to win game points. This is pretty cool because in a traditional class, only a few participate).
3. It is useful for learning or reviewing the molecular biology topics (Student D: it was great! I understood better now the context after this class using this game. Student E: it is good for doing a review of these topics.)

Final Remarks

Depending on the educational approach, molecular biology main topics and their role in cells and organisms may remain disconnected. In this work, we produced a game to approach the molecular biology process in an interdisciplinary way that may be used not only in a higher school level but also in an undergraduate level, as it is a different way of approaching these topics. Taken as a whole, although not specifying the enzymes in the board, the game includes questions about several little details of these processes. Importantly, the current game was well accepted by students and apparently is an easier way of approaching, teaching, or reviewing molecular biology theme than traditional classes. As educational professionals search for new ways of stimulating their students, apparently this game together with other new approaches may turn learning into a pleasure more than an obligation to the students. The game and more information may be obtained by request on e-mail labiomo-l2003@yahoo.com.br or downloaded from the website: <http://www.uff.br/ofuturonasescolas/jwcm>.

Acknowledgments— We thank Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq—Brazil) for the fellowship (C.R.R.).

REFERENCES

- [1] M. M. Crow (2001) Linking Scientific Research to Societal Outcomes. American Association for the Advancement of Science, Science and Technology Policy Yearbook. pp 129–132. www.aaas.org/spp/yearbook/2001yearbook.pdf (Accessed in 10 March 2006).

- [2] Royal Society (1985) *The Public Understanding of Science*, London: The Royal Society. <http://www.royalsoc.ac.uk/> (Accessed in 17 May 2006).
- [3] Royal Society (2006) Royal Society. <http://www.royalsoc.ac.uk/> (Accessed in 20 August 2006).
- [4] AAAS—American Association for the Advancement of Science (2006) www.aaas.org/ (Accessed in 15 October 2006).
- [5] C. Wood-Robison (1994) Young people's ideas about inheritance and evolution, *Studies Sci. Educ.* **24**, 29–47.
- [6] J. Turney (1995) The public understanding of genetics—Where next? *Eur. J. Genet. Soc.* **1**, 5–20.
- [7] B. R. Bates (2005) Public culture and public understanding of genetics: A focus group study, *Publ. Understand. Sci.* **14**, 305–316.
- [8] J. Lewis, C. Wood-Robison (2000) Genes, chromosomes, cell division and inheritance—Do students see any relationship? *Int. J. Sci. Educ.* **22**, 177–195.
- [9] L. E. Wood, P. W. Stewart (1987) Improvement of practical reasoning skills with a computer game, *J. Comput. Base Instr.* **14**, 49–53.
- [10] R. Garris, R. Ahlers, J. E. Driskell (2002) Games, motivation, and learning: A research and practice model, *Simulat. Gaming* **33**, 441–467.
- [11] T. W. Malone (1981) What makes computer games fun? *Byte* **6**, 258–277.
- [12] C. Wadley (2004) Rediscovering friendships through games people play <http://deseretnews.com/dn/view/0,1249,595109564,00.html> (Accessed 20 August 2006).
- [13] J. M. Henry (1997) Gaming: A teaching strategy to enhance adult learning, *J. Cont. Educ. Nurs.* **28**, 231–234.
- [14] S. L. Fischer, P. B. Watts, R. L. Jensen, J. Nelson (2004) Energy expenditure, heart rate response, and metabolic equivalents (METs) of adults taking part in children's games, *J. Sports Med. Phys. Fitness* **44**, 398–403.
- [15] Y. Khazaal, J. Favrod, J. Libbrecht, S. C. Finot, S. Azoulay, L. Benzakim, M. Oury-Delamotte, C. Follack, V. Pomini (2006) A card game for the treatment of delusional ideas: A naturalistic pilot trial, *BMC Psychiatr.* **6**, 48–52.
- [16] D. Crookall, R. L. Oxford, D. Saunders (1987) Towards a reconceptualization of simulation: From representation to reality, *Simulat. Games Learn.* **17**, 147–171.
- [17] P. Thomas, R. Macredis (1994) Games and design of human-computer interfaces, *Educ. Train. Technol. Int.* **31**, 134–142.
- [18] R. J. Vallerand, M. S. Fortier, F. Guay (1997) Self-determination and persistence in a real-life setting: Toward a motivational model of high school dropout, *J. Pers Soc. Psychol.* **72**, 1161–1176.
- [19] E. Passarge (2004) *Color Atlas of Genetics*, 2nd ed., Thieme Medical Publishers, New York, NY.
- [20] H. Lodish, M. P. Scott, P. Matsudaira, J. Darnell, L. Zipursky, C. A. Kaiser, A. Berk, M. Krieger (2003) *Molecular Cell Biology*, 5th ed., W. H. Freeman, New York, NY.
- [21] A. L. Lehninger, M. M. Cox (2004) *Principles of Biochemistry*, 4th ed., Worth Publishers, New York, NY.
- [22] M. T. Madigan, J. M. Martinko, J. Parker (2004) *Brock Biology of Microorganisms*, 10th ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- [23] J. M. Amabis, G. R. Martho (2004) *Biologia das Células*, Vol. 1, 2nd ed., Editora Moderna, São Paulo.
- [24] S. Linhares, F. Gewandszajn (2001) *Biologia—Programa completo*, 18th ed., Ática: São Paulo, pp. 83–98.



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para pais ou responsáveis por menores

Com o objetivo de inserir cada vez mais as crianças com necessidades especiais na escola e na sociedade, estamos convidando seu filho ou filha para participar da avaliação do material didático de ensino sobre células, sob a forma de livros e modelos tridimensionais. O material está sendo criado para poder facilitar o processo de inclusão de alunos com necessidades educacionais especiais e a compreensão do tema célula, tema este de difícil compreensão para qualquer tipo de criança ou mesmo jovens e adultos.

Este trabalho faz parte de uma dissertação de mestrado da aluna Renata Dumpel realizada no programa de Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde (PGEBS) da Fundação Oswaldo Cruz realizado na Universidade Federal Fluminense, visando estritamente a ampliação das possibilidades educacionais das escolas, de forma que estas se adaptem e possam receber os alunos com necessidades educacionais especiais com as melhores condições possíveis.

Essa pesquisa não oferece qualquer dano ou risco a seu filho ou filha, visto que os materiais utilizados são inócuos e eles serão oferecidos à criança e não impostos a ela. Assim, seu filho ou filha só irá participar, caso demonstre interesse e desejo em fazê-lo. Na primeira fase, ofereceremos o material (livros e/ou modelos) à criança e somente em caso de interesse, na segunda fase, perguntaremos a criança, seja na forma escrita ou de entrevista informal, o que ela achou dos mesmos e o que aprendeu com eles.

Se modelos bidimensionais e tridimensional interativos podem ajudar na inclusão de pessoas com necessidades educacionais especiais em espaços regulares de ensino formal (como as escolas) ou não-formal (como museus e espaços abertos), além de proporcionar um melhor entendimento do conteúdo de citologia para todos os educandos, tendo estas necessidades especiais ou não, devemos nos engajar neste processo, facilitando o processo de ensino e aprendizagem. É para isso que seu filho ou sua filha está sendo convidado(a). Não haverá qualquer despesa para que a criança participe desta pesquisa, bem como não haverá qualquer tipo de recompensa para o participante e/ou responsáveis, a não ser aquela de ter contribuído para a tentativa de melhoria do ensino para estas crianças.

Toda a informação obtida com este estudo ficará armazenada na Universidade Federal Fluminense, juntamente com outros documentos relativos ao projeto e não serão em hipótese alguma fornecidos a terceiros sem sua expressa autorização e conhecimento. A identidade da criança será mantida em sigilo, sendo utilizado, quando necessário, apenas a informação sobre a idade e a escolaridade. As fotografias tiradas durante a avaliação do material serão utilizadas apenas em apresentações e publicações com fins estritamente científicos.

Se houver dúvidas, Renata Guimarães Dümpel está à disposição para esclarecimento nos telefones: (21) 26292294 ou 26292281 durante o horário comercial e no e-mail: renatadumpel@yahoo.com.br. A orientação da dissertação é feita pela Dr^a Helena Carla Castro, telefone (21) 91431210 e e-mail: hcastrorangel.yahoo.com.br.

Os responsáveis ou a criança podem desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem quaisquer penalizações ou prejuízos, só bastando nos comunicar o fato.

Eu, _____, RG _____

() pai () mãe () tutor de _____

DECLARO que fui devidamente esclarecido do Projeto de Pesquisa acima descrito.

_____, _____ de _____ de 2007

Assinatura do responsável

10. Anexo

Anexo 10.1: Comitê de ética

PROJETO RECEBIDO NO CEP		CAAE - 0017.0.011.258-07
Projeto de Pesquisa Modelos de células interativas: facilitadores no processo de inclusão de indivíduos com necessidades especiais e na compreensão das estruturas celulares em espaços formais e não-formais.		
Área(s) Temática(s) Especial(s) Não se aplica	Grupo	Fase Não se aplica
Pesquisador Responsável		
CPF 09395304731	Pesquisador Responsável Renata Guimarães Dumpel	<i>Renata Guimarães Dumpel</i> Assinatura
Comitê de Ética		
Data de Entrega 09/04/2007	Recebimento:	<i>[Assinatura]</i> ASSINATURA RENATA DIAS NETTO Coordenadora Geral Comitê de Ética em Pesquisa CONEP

Este documento deverá ser, obrigatoriamente, anexado ao Projeto de Pesquisa.



<http://portal.saude.gov.br/sisnep/cep/caae.cfm?VCOD=129926>

9/4/2007