



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
CAMPUS DE BAURU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

LUIZ FELIPE CAMPOS REVERSI

O USO DE MODELOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE HISTOLOGIA: UMA  
ABORDAGEM CRÍTICA

Bauru  
2023

LUIZ FELIPE CAMPOS REVERSI

O USO DE MODELOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE HISTOLOGIA: UMA  
ABORDAGEM CRÍTICA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Docência para a Educação Básica, área de concentração em Educação, da Unesp, Campus de Bauru, como requisito à obtenção do título de Mestre em Educação, sob a orientação do Prof. Dr. Alexandre de Oliveira Legendre.

Bauru

2023

Reversi, Luiz Felipe Campos.

O uso de modelos didáticos para o ensino de histologia: uma abordagem crítica / Luiz Felipe Campos Reversi, 2023 111 f. : il.

Orientador: Alexandre de Oliveira Legendre

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências, Bauru, 2023

1. Modelos didáticos. 2. Ensino de Ciências. 3. Vygotsky. 4. Teoria da atividade. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

LUIZ FELIPE CAMPOS REVERSI

O USO DE MODELOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE HISTOLOGIA: UMA  
ABORDAGEM CRÍTICA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Docência para a Educação Básica, área de concentração em Educação, da Unesp, Campus de Bauru, como requisito à obtenção do título de Mestre em Educação, sob a orientação do Prof. Dr. Alexandre de Oliveira Legendre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Alexandre de Oliveira Legendre (UNESP)  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera de Mattos Machado  
Examinador externo

---

Prof. Dr. João José Caluzi  
Examinador interno

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE LUIZ FELIPE CAMPOS REVERSI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 21 dias do mês de novembro do ano de 2023, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de LUIZ FELIPE CAMPOS REVERSI, intitulada "O uso de modelos didáticos para o ensino de Histologia: Uma abordagem Crítica" e produto educacional "Atividade Orientadora de Ensino: História Virtual do Conceito e Modelo Didático em PaperCraft". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. ALEXANDRE DE OLIVEIRA LEGENDRE (Orientador - Participação Virtual) do Departamento de Física / Faculdade de Ciências UNESP Bauru, Profa. Dra. VERA DE MATTOS MACHADO (Participação Virtual) do INFI UFMS, Prof. Assoc. JOAO JOSE CALUZI (Participação Virtual) do Departamento de Física / Faculdade de Ciências - Unesp Bauru. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato de forma virtual, o discente recebeu o conceito final APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo Presidente da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. ALEXANDRE DE OLIVEIRA LEGENDRE



Documento assinado digitalmente

ALEXANDRE DE OLIVEIRA LEGENDRE

Data: 15/02/2024 10:54:46-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dedico este trabalho a todos os educadores e educandos que têm, ainda hoje, a coragem e a ousadia de ensinar e aprender, de trazer para si e para seu entorno a luz do conhecimento em tempos de trevas, de humanizarem-se em tempos desumanos.

Dedico especialmente aos meus alunos, que encharcam de sentido minha prática investigativa e pedagógica e me fazem querer ser a cada instante um educador e um pesquisador melhor, e aos meus professores, que semearam em mim o amor e desejo pelo conhecimento e minha indignação frente à toda sorte de opressão e injustiça, e que, por meio de seu trabalho e de seu exemplo, criaram as condições para meu desenvolvimento intelectual e humano.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, prof. Alexandre, por sua paciência, confiança, compreensão e amizade.

A toda banca avaliadora, pelas correções e apontamentos atenciosos e sinceros.

Ao professor Caluzi, meu orientar no mestrado acadêmico e no doutorado, com quem sempre aprendo muito.

À minha família, em especial a meu avô, que desde muito cedo sempre incentivou minha curiosidade e meu amor pelo conhecimento.

Aos meus mestres, todos os grandes professores que tive em minha vida desde minha infância, sem os quais jamais chegaria até aqui e que durante todo este tempo alimentaram meu interesse e admiração pela área da educação e pela docência.

Aos meus alunos, que dão sentido a toda minha jornada acadêmica e profissional.

E à minha amada esposa, por todo o apoio, incentivo e ajuda, por estar sempre presente e me dando suporte, acreditando sempre em mim e iluminando meus caminhos mesmo nas horas mais difíceis, tornando tudo isso possível.

*Defenda seu direito de pensar,  
porque pensar de maneira  
equivocada é melhor do que  
não pensar.*

Hipátia de Alexandria

## RESUMO

Existe, atualmente, uma diversa gama de práticas pedagógicas disponíveis para o ensino de ciências, assim como existe uma grande quantidade de investigações acadêmicas acerca de tais práticas e das possibilidades para um ensino de Ciências inovador e efetivo. Contudo, de modo geral, ambos estes estudos e práticas são orientados hegemonicamente por uma perspectiva construtivista, havendo pouca articulação entre as tendências pedagógicas críticas e os componentes curriculares específicos como as Ciências Naturais. Da mesma forma, alguns conteúdos são privilegiados e recorrentes em tais produções, sendo escassa a produção acadêmica de práticas e pesquisas sobre o ensino de determinados conteúdos: como a histologia. Frente a essas lacunas, buscamos realizar um estudo acerca do uso de modelos didáticos no ensino de histologia a partir do referencial da Teoria da Atividade, identificando as potencialidades e limitações do uso de tais modelos a partir de sua aplicação por meio de Situações Desencadeadoras de Aprendizagem nas aulas de Ciências dos anos finais do Ensino Fundamental. Os resultados foram utilizados para a elaboração de um material instrucional que faça a síntese desse conhecimento produzido e que oriente os professores na produção e aplicação de seus próprios modelos didáticos tridimensionais de baixo custo em PaperCraft.

**Palavras-chave:** Modelos Didáticos. Ensino de Ciências. Vygotsky. Teoria da Atividade. PaperCraft.

## ABSTRACT

There is currently a diverse range of pedagogical practices available for teaching science, as well as a large amount of academic investigations about such practices and the possibilities for innovative and effective science teaching. However, in general, both these studies and practices are hegemonically guided by a constructivist perspective, with little articulation between critical pedagogical trends and specific curricular components such as Natural Sciences. Likewise, some contents are privileged and recurrent in such productions, with academic production of practices and research on the teaching of certain content being scarce: such as histology. In view of these gaps, we sought to carry out a study on the use of didactic models in the teaching of histology based on the Activity Theory framework, identifying the potentialities and limitations of the use of such models, based on their application through Situations that Trigger Learning in Science classes in Elementary School. The results were used to prepare a booklet that summarizes this knowledge produced and guides teachers in the production and application of their own low cost teaching models in PaperCraft.

**Keywords:** Didactic Models. Science teaching. Vygotsky. Activity Theory. PaperCraft.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Atividade orientadora de ensino e suas relações .....	38
<b>Figura 2</b> – Primeira versão do rinoceronte de Dürer, impressa em 1515 (© Trustees of the British Museum. Reprodução autorizada) .....	43
<b>Figura 3</b> – Fotografia 51, acervo da revista Nature (1953). Disponível em: <a href="http://www.pbs.org/wgbh/nova/photo51/">http://www.pbs.org/wgbh/nova/photo51/</a> .....	44
<b>Figura 4</b> – Excerto do material de apoio para a instrumentalização que acompanha o produto (Acervo pessoal) .....	62
<b>Figura 5</b> – Registro fotográfico da aplicação da AOE em uma classe de 8º ano do E.F. de uma escola do Sistema Municipal de Ensino de Bauru (Acervo pessoal) ..	63
<b>Figura 6</b> – Versão inicial dos produtos elaborados (Acervo pessoal) .....	64
<b>Figura 7</b> – Modelo de adipócito (Acervo pessoal) .....	65
<b>Figura 8</b> – Modelo de tecido adiposo (Acervo pessoal) .....	66
<b>Figura 9</b> – Modelo celular no Pepakura (Acervo pessoal) .....	69
<b>Figura 10</b> – Modelo da reserva de gordura no Pepakura (Acervo pessoal) .....	70
<b>Figura 11</b> – Modelo de célula adipócita (Acervo pessoal) .....	70
<b>Figura 12</b> – Modelo de reserva de gordura (Acervo pessoal) .....	72
<b>Figura 13</b> – Modelo didático tridimensional de adipócito em PaperCraft finalizado (Acervo pessoal) .....	72
<b>Figura 14</b> – Gráfico de Distribuição das Respostas por Categorias (Elaboração própria) .....	75

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>EF</b>	Ensino Fundamental
<b>TDIC</b>	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
<b>BNCC</b>	Base Nacional Comum Curricular
<b>AOE</b>	Atividade Orientadora de Ensino
<b>SDA</b>	Situação Desencadeadora de Aprendizagem
<b>PHC</b>	Pedagogia Histórico Crítica
<b>URSS</b>	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

## Sumário

APRESENTAÇÃO.....	15
OBJETIVOS.....	22
INTRODUÇÃO.....	23
METODOLOGIA.....	27
METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO EMPÍRICA.....	30
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	32
TEORIA DA ATIVIDADE E ESTRUTURA DA AOE.....	33
A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O USO DOS MODELOS E IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	40
HISTÓRIA DA HISTOLOGIA E O PAPEL DAS IMAGENS NAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS.....	47
PROPOSTA DE ATIVIDADE ORIENTADORA DE ENSINO.....	60
PRODUTO EDUCACIONAL: Processo de elaboração e construção do modelo didático.....	65
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
APÊNDICES.....	84
APÊNDICE 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	84
APÊNDICE 2 – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.....	86
APÊNDICE 3 – Produto educacional Atividade Orientadora de Ensino: História Virtual do Conceito e Modelo Didático em papercraft.....	87



## APRESENTAÇÃO

A presente pesquisa é resultado da práxis do autor enquanto professor de Ciências Naturais nos anos finais do Ensino Fundamental (EF) do Sistema Municipal de Educação de Bauru e pesquisador da área de Ensino de Ciências, além de formador de professores de ciências, ministrando cursos e disciplinas de graduação e pós-graduação para professores de Ciências em formação inicial e/ou continuada, sejam eles generalistas (pedagogos que ministram, além de ciências, os diversos componentes curriculares na Educação Infantil, anos iniciais do Ensino Fundamental e/ou Educação de Jovens e Adultos) ou especialistas (licenciados em Ciências Biológicas e áreas afins que ministram aulas de Ciências e/ou Biologia, nos anos finais do Ensino Fundamental e/ou Ensino Médio).

Por meio de uma prática pedagógica e investigativa pude compreender os grandes desafios que se impõem à educação de modo geral, como a desvalorização dos profissionais da educação, o avanço da ideologia neoliberal e pós-moderna nas teorias e propostas educacionais, na gestão escolar e nas políticas públicas, as longas jornadas de trabalho, a proletarização e precarização do trabalho docente, o sucateamento da educação pública, a formação inicial e continuada deficitárias e lacunares, o crescente aumento das demandas burocráticas, a violência escolar, o afastamento entre a escola e as famílias/comunidade, a falta de capital cultural dos alunos, o desinteresse e desmotivação tanto dos estudantes quanto do corpo docente, a falta de apoio da gestão escolar, entre tantos outros.

Ao mesmo tempo, de forma específica, o ensino de ciências também apresenta muitos desafios para alcançar seus objetivos, especialmente quando nos referimos ao ensino fundamental, por se tratar de uma etapa que abrange alunos com uma faixa etária extensa e com diferentes níveis de desenvolvimento, desde o primeiro até o nono ano do ensino fundamental. Além disso, o ensino de ciências também apresenta uma grande especificidade e dificuldades em sua efetivação por trabalhar com conceitos abstratos e complexos, os quais são de difícil compreensão por parte dos alunos ou são compreendidos isoladamente, desconectados de seu contexto histórico de produção e de suas relações com outros conceitos, especialmente quando são apresentados pelo professor dessa mesma forma ou

quando este não explora a vasta gama de recursos possíveis para esse ensino, restringindo-se ao livro didático.

Paralelamente, ao buscar na literatura acadêmica, ou mesmo em fontes não acadêmicas, o educador crítico que desejar incorporar práticas pedagógicas inovadoras à sua atividade docente pode ter dificuldades ao encontrar estudos e práticas voltadas para o ensino de ciência que sejam coerentes e alinhadas com um referencial crítico, uma vez que

a Pedagogia Histórico-Crítica (doravante PHC) tem uma tímida produção nas áreas específicas, apontando desafios para os pesquisadores das grandes áreas sistematizadas pela educação escolar (Ciência da Natureza, Ciência da Sociedade, Linguagens e Matemática), para avançarmos em propostas curriculares, selecionando os conteúdos clássicos de cada área do conhecimento [...] (SOUZA, 2017, p. 37).

Assim, os principais estudos e práticas pedagógicas desenvolvidas nas pesquisas sobre o ensino de ciências ainda conservam as limitações e lacunas características do construtivismo, como relegar os conteúdos científicos historicamente produzidos e o papel do professor a um segundo plano, enfatizando mais a prática do que a teoria e os procedimentos do que os conceitos no sentido do “aprender a aprender” (DUARTE, 2001), se limitar ao cotidiano do aluno empírico, sem considerar a prática social global e o aluno concreto (SAVIANI, 2003), não compreender e ter um olhar reducionista para o conceito de “mediação”, tomado quase como sinônimo de “facilitação”, não permitindo a exploração do potencial dos instrumentos simbólicos e materiais presentes nas aulas de ciências (SAVIANI, 2015).

A partir dessa concepção crítica acerca das abordagens no ensino de ciências podemos compreender que toda e qualquer uma delas possui suas limitações e potencialidades, de modo que não podemos ter uma concepção ingênua de que apenas uma única forma de abordagem isoladamente pode ser redentora e superar todos os problemas do ensino, em especial em relação ao ensino específico de ciências, e substituir as demais, mas que é necessário que o professor se instrumentalize na concepção e uso de cada uma das possíveis abordagens de modo a adquirir autonomia, incorporando-as em sua prática a partir de seus objetivos e contextos de ensino, além de concebê-las, planejá-las e desenvolvê-las de maneira coerente a partir de uma visão global do processo educativo teoricamente orientada.

Entre essas abordagens podemos citar o uso de elementos de História e Filosofia da Ciência, o uso de experimentos de diversos tipos (expositivos, demonstrativos, investigativos), uso de aulas de campo e aulas em espaços não-formais de ensino, uso das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), uso de abordagens investigativas e por resolução de problemas, uso de estudos de caso, uso de materiais didáticos específicos como atlas anatômicos, globos terrestres, tabelas periódicas, etc., uso de modelos didáticos, entre outros.

Dentre esses recursos, consideramos que os modelos didáticos são um dos mais versáteis, acessíveis e com grande potencial para o ensino, uma vez que estes podem ser produzidos pelos próprios docentes a partir de suas necessidades (diferentemente de softwares educacionais ou outros materiais que já se encontram prontos, por exemplo) com materiais de baixo custo (como massa de *biscuit*, ou até mesmo papel, por exemplo), de maneira inclusiva (pois podem ser adaptados para as necessidades de alunos com deficiências, como permitir a manipulação tátil de uma estrutura que é frequentemente representada apenas ilustrativamente como uma célula para alunos com deficiência visual ou baixa visão, por exemplo), podem ser utilizados em diferentes contextos e na própria sala de aula (não necessitando de condições ou locais específicos, como um laboratório, o qual muitas vezes é necessário para algumas atividades experimentais), permitem a interação do aluno com o objeto do conhecimento que está estudando favorecendo uma postura ativa, tornam aspectos abstratos e de difícil visualização em formas concretas e manipuláveis, facilitando o processo de aprendizagem, além de atuarem de modo a motivar os alunos ao permitirem uma dinâmica diferente das aulas exclusivamente expositivas.

Frente a essas potencialidades do uso dos modelos didáticos me questionei qual seria o conteúdo curricular que obteria os maiores benefícios do trabalho com esse tipo de material. A partir desse questionamento pude concluir que o ensino de histologia se articulava muito bem com o trabalho com os modelos didáticos, uma vez que esse é um conteúdo que se beneficiaria muito do trabalho com modelos didáticos, pois faz parte do nível microscópico, de difícil visualização e compreensão por parte dos alunos, o que pude perceber e confirmar na minha prática docente, de modo a requerer estratégias diversificadas para ser trabalhado. Contudo, no caso deste conteúdo, diversos recursos apresentam maiores limitações, uma vez que as imagens dos livros didáticos podem ser confusas e não dão a dimensão da

complexidade dos tecidos, o que um modelo em três dimensões que pode ser manipulado e observado por diversos ângulos poderia suprir.

Da mesma forma, os tecidos são um objeto cuja visualização direta do material biológico requer instrumentos e materiais pouco acessíveis e de difícil manipulação, como microscópios e lâminas preparadas com tecidos diversos, o que não está disponível para a maioria dos professores, especialmente tendo em vista que as escolas do Sistema Municipal de Educação de Bauru não contam com espaços físicos que sejam utilizados como laboratórios de ciências, de modo que os modelos dos tecidos são mais versáteis e acessíveis, uma vez que apresentam baixo custo, podem ser disponibilizados às várias escolas sem necessitar de uma infraestrutura prévia para serem utilizados, podem ser facilmente transportados e sua utilização não requer um conhecimento técnico específico, de forma que ambos, professores generalistas com formação em pedagogia e professores especialistas licenciados em cursos da área de ciências, teriam facilidade e disponibilidade em utilizar os modelos, o que não ocorre com o uso de instrumentos específicos como os microscópios.

Cabe ressaltar também que a histologia é um conteúdo que havia sido retirado do Currículo Comum para o Ensino Fundamental de Bauru em sua versão de 2016, sendo trabalhado apenas superficialmente na visão geral dos níveis de organização dos seres vivos e, com a reformulação curricular empreendida em 2020 em vista das adequações necessárias para o alinhamento do currículo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), esse conteúdo retornou à matriz curricular de forma detalhada, se tornando necessária a produção de materiais que possam auxiliar os professores que não estão habituados a trabalhar esse assunto a encontrarem referenciais e recursos para abordá-lo.

Esta reinserção dos conteúdos de histologia no currículo municipal, no entanto, não podem ser creditados à própria BNCC, uma vez que a mesma também negligencia estes conteúdos – assim como tantos outros – trazendo-os pulverizados ao longo dos diferentes anos do Ensino Fundamental e subordinados aos diferentes sistemas, com o tecido nervoso sendo apresentado pontualmente ao se abordar o sistema nervoso, o tecido muscular e conjuntivo ósseo sendo apresentados ao se abordar o sistema locomotor (muscular + esquelético), e assim por diante. Neste modelo, a maioria dos tecidos não são de fato abordados, todos os tipos de tecidos conjuntivos, com exceção do ósseo, assim como o tecido epitelial são excluídos e

não estão mencionados na BNCC. O texto da Base para os anos finais do Ensino Fundamental também não traz nenhuma única menção aos termos “histologia”, “tecido conjuntivo”, “tecido epitelial”,

Além disso, também é um conteúdo que possibilita um olhar integrado da biologia como recomenda Meglhioratti (2009), uma vez que, mesmo pertencendo à dimensão microscópica, se configura como um nível intermediário e integrador entre o nível celular microscópico inferior e o nível superior e macroscópico dos órgãos, de modo que não se é possível realizar o estudo dos tecidos sem relacioná-los ao estudo das células e dos diferentes tipos celulares que os compõem e sem relacioná-los aos órgãos e estruturas que são compostos por esses tecidos. Dessa forma, muito embora o ensino de citologia, bem como o ensino da biologia em geral, já tenha sido objeto de críticas na literatura por ser trabalhado de maneira fragmentada com conteúdos apresentados de forma estanque sem evidenciar a importante dimensão relacional e integradora dos elementos biológicos, a histologia se configura como um campo propício para superar essa fragmentação e desenvolver uma perspectiva mais integrada e sistêmica do conhecimento biológico. De modo sintético, podemos dizer que a histologia representa o estudo de um todo complexo formado por outras totalidades menos abrangentes e que também compõe totalidades mais abrangentes, favorecendo uma compreensão mais fidedigna do conhecimento biológico quando bem explorada pelo professor.

Ademais, outros conteúdos curriculares de ciências que compartilham com a histologia o fato de serem abstratos, complexos e distantes do cotidiano dos alunos, como a citologia e a genética, por exemplo, já receberam um tratamento privilegiado nas investigações acadêmicas e propostas pedagógicas, de forma que abundam os trabalhos que têm como objeto de investigação o ensino de citologia e genética, ao passo em que há uma escassez de trabalhos do mesmo tipo que se dedicaram ao estudo, investigação e propostas de ensino de histologia.

A partir destas considerações, optamos por escolher o conteúdo de histologia para nossa investigação com modelos didáticos, mais especificamente o conteúdo de tecido conjuntivo, uma vez que se trata de um tecido complexo e diversificado, presente em diversos órgãos e estruturas do corpo humano, cuja compreensão é dificultada por uma abordagem superficial e, o que tenho observado em minha prática docente, se trata de um assunto em que os alunos apresentam grandes dificuldades. De forma ainda mais específica, selecionamos o conteúdo de tecido

conjuntivo adiposo para a estruturação da Atividade Orientadora de Ensino (AOE), para a Situação Desencadeadora de Aprendizagem (SDA) e para a confecção dos modelos tridimensionais em papercraft, os quais representam os elementos celulares deste tecido – os adipócitos.

Ademais, como dito anteriormente, não basta ao professor lançar mão de uma gama de recursos ou materiais em sua prática pedagógica, mas é necessário que estes estejam teoricamente embasados e articulados coerentemente com o trabalho educativo geral, o que pode ser garantido a partir da Teoria da Atividade, que parte de uma perspectiva crítica e articula teoria e prática para uma práxis transformadora.

Dado o exposto, frente aos desafios do ensino de ciências no Ensino Fundamental, a lacuna de práticas pedagógicas críticas voltadas especificamente para o ensino desse componente curricular e do ensino de histologia, bem como as possibilidades que os modelos didáticos apresentam para as aulas de ciências e para o ensino dos tecidos biológicos, a presente investigação buscou realizar um estudo teórico e prático acerca do uso de modelos didáticos no ensino de histologia, realizando-se uma revisão teórica crítica do uso de modelos no ensino de ciências e proposição de uso de tais modelos concebendo-os como instrumentos materiais no sentido marxista e vygotksyano, explorando e avaliando seu pleno potencial nas aulas de ciências, não deixando de considerar que, assim como qualquer recurso didático, os modelos possuem a capacidade de superar diversos obstáculos epistemológicos contribuindo com o aprendizado científico, assim como criar novos obstáculos, para os quais o professor precisa estar atento de modo a antevê-los para evitá-los.

Neste sentido, os referenciais da Teoria da Atividade permitem que o docente antecipe e supere as dificuldades e problemas que podem surgir durante seu uso, permitindo com que o uso do modelo didático alcance seu pleno potencial com as menores perdas possíveis.

Logo, poderíamos sintetizar nosso problema de pesquisa da seguinte forma: “De que maneira os modelos didáticos podem contribuir com o ensino de histologia e como se pode superar os principais obstáculos epistemológicos por eles evocados?”

Para responder a essa questão de pesquisa produzimos modelos didáticos de baixo custo, haja vista serem feitos de papel, para o ensino de histologia,

aplicados nas aulas de ciências dos anos finais do Ensino Fundamental de uma escola pública do Sistema Municipal de Educação de Bauru, na qual o autor dessa pesquisa leciona. Em seguida, o conhecimento produzido nessa etapa de investigação empírica na realidade escolar foi sintetizado em um material instrucional voltada para os professores de ciências, que contém sugestões de modelos didáticos para o ensino de ciências, o passo-a-passo para a construção desses modelos com a relação de materiais e processos necessários, indicações de possibilidades de aplicação desses modelos em atividades orientadoras de ensino e situações desencadeadoras de aprendizagem.

Dessa forma, esse produto final, na forma de um livreto, busca suprir a necessidade dos professores de ciências em encontrar práticas pedagógicas diversificadas para suas aulas que sejam acessíveis, articulados com a teoria e coerentes com um referencial educacional crítico, o qual é adotado pelo município no qual atua. Do mesmo modo, o estudo produzido por essa investigação busca contribuir para as produções acadêmicas que realizam a articulação orgânica entre teoria e prática pedagógica e entre as tendências pedagógicas críticas e as áreas específicas de ensino representadas pelos componentes curriculares, modificando tanto a realidade educacional direta das escolas do Sistema Municipal de Educação de Bauru pela prática pedagógica do autor (que aplica o uso dos modelos didáticos produzidos em suas aulas) e pela instrumentalização dos demais docentes que terão acesso ao material instrucional produzido, bem como as pesquisas em ensino de ciências que dificilmente realizam as articulações mencionadas.

## OBJETIVOS

Frente ao exposto, nosso objetivo geral foi avaliar as potencialidades e limitações do uso de modelos didáticos no ensino de histologia nos anos finais do Ensino Fundamental.

Para alcançar esse objetivo geral, podemos discretizar as etapas dessa pesquisa nos seguintes objetivos específicos:

a. Confeccionar modelos didáticos de tecido conjuntivo adiposo utilizando materiais acessíveis e de baixo custo (papercraft em 3D);

b. Elaborar e aplicar uma Situação Desencadeadora de Aprendizagem para o ensino de histologia utilizando os modelos didáticos confeccionados nos anos finais do Ensino Fundamental;

c. Avaliar as concepções, conceitos e possíveis obstáculos de aprendizagem dos alunos ao longo da situação desencadeadora de aprendizagem a partir de questionários e instrumentos avaliativos diversos;

d. Produzir modelos didáticos para o uso, pelos alunos, nas aulas de histologia, juntamente a um material instrucional para os professores de Ciências que contenha sugestões de uso contextualizado dos modelos e instruções detalhadas para a elaboração dos modelos didáticos utilizados, para que o professor tenha autonomia em sua produção e utilização;

e. Compartilhar os resultados com o seu contexto de produção possibilitando a transformação da realidade educacional imediata da instituição de ensino.

A partir desses objetivos delineamos, um percurso de pesquisa que buscou não somente responder nossa questão inicial de pesquisa, como também contribuir com o ensino de ciências nas escolas do Sistema Municipal de Ensino de Bauru a partir da produção do material instrucional em questão, que se configura como um produto que contém em si a potencialidade de gerar novos produtos (os modelos didáticos), multiplicando sua capacidade transformadora da realidade.

## INTRODUÇÃO

A prática pedagógica e a formação de professores são algumas das áreas mais profícuas da investigação científica no campo da educação. Ambas são consideradas pontos nodais ou gargalos pelos quais passam as vias possíveis de transformação da qualidade do trabalho docente e, por consequência, a qualidade da educação, seja em âmbito nacional ou local. Por esse motivo, ambas também são frequentemente objetos de preocupação dos próprios docentes, os quais se tornam alvo de inúmeros discursos sobre sua prática assim como de iniciativas de formação, inicial ou continuada, que buscam promover uma “renovação” (CACHAPUZ, 2005) no ensino e se vendem como uma redenção aos professores que estão submetidos a condições de trabalho desfavoráveis e que possuem uma formação precária e lacunar. Ademais, muitas dessas iniciativas formativas massificam seus cursos sem uma preocupação com a qualidade uma vez que sabem da necessidade da formação continuada, por parte dos professores, tendo em vistas a progressão de carreira.

Essas estratégias, cursos e propostas para a transformação da prática pedagógica e formação de professores possuem enfoques diversificados, contudo, parece haver um conjunto hegemônico de aspectos nucleares que as perpassam, como a ideia de que

precisamos formar professores cada vez mais aptos a lidar com as demandas do cotidiano do estudante e com uma sociedade em pleno movimento [...] formar o professor pesquisador, reflexivo (que reflita sobre sua própria prática), que tem sua subjetividade valorizada, que leva em consideração os saberes e sabores das suas vivências, que ouve as demandas do aluno, que não transmite o conhecimento, e sim que apenas o medeia, que domina técnicas de ensino e que, principalmente, não ministra aulas tradicionais. Trata-se do docente que ensina o aluno a “aprender a aprender” e, assim como o estudante, ele também precisa “aprender a aprender” sobre sua profissão no decorrer do caminho. (DE SÁ & MESSEDER NETO, 2020, p. 24)

Ao escrutinar este conjunto de elementos que compõe o discurso hegemônico sobre a prática pedagógica e a formação de professores na atualidade autores como Duarte (2001, 2003), Facci (2004), Martins (2007) e Martins e Duarte (2010) nos elucidam que, muito embora possam se manifestar em diferentes roupagens, tais elementos permanecem unidos em uma totalidade pelo amálgama da ideologia neoliberal, e não se apresentam apenas nas propostas de grande parte dos cursos de formação, como também nas grandes mídias, como televisão e redes

sociais, gerando uma espécie de necessidade coletiva de consumo de cursos de formação, em especial dos que apresentam esses conjuntos de elementos, travestidos como um pensamento da modernidade e em alguns casos, futurísticos. Assim, mesmo que muitos deles pareçam incoerentes entre si, estes compõem uma totalidade ao dissimular suas próprias incoerências e interesses (DE SÁ & MESSEDER NETO, 2020, p. 24).

Dentre os aspectos dissimulados por esta ideologia, está o esvaziamento teórico daquelas propostas, que visam à proletarização docente (REVERSI, 2021), ou, em outras palavras, a separação entre o fazer e pensar de modo a tornar o professor um mero executor de materiais ou propostas didáticas descoladas da prática social global, capaz de se adaptar a realidades cada vez mais precárias, mas sem compreender os determinantes de sua prática, tornando-o um reprodutor dócil da própria ideologia neoliberal. Isso acaba resultando na procura por cursos de formação que se apresentem nos moldes do gênero textual receita, uma vez que a busca se encontra em “o que” e “como” fazer para determinada situação imediata de sala de aula e não em como produzir e refletir a práxis. Dentro desses moldes, quando mudam-se os alunos, a escola, a coordenação ou até mesmo a gestão, aquele conhecimento deixa de ter utilidade, havendo a necessidade de busca por outros cursos de formação, resultando em um ciclo vicioso *ad aeternum*.

Cabe assim buscarmos referenciais contra-hegemônicos na educação que visem a superação da sociedade capitalista e suas contradições, a humanização dos estudantes e o fim da alienação que ocorre na formação de professores. Para isso é necessário a discussão de princípios teóricos que instrumentalizem os docentes a construírem dialeticamente uma práxis revolucionária e coerente, de modo que é imprescindível um referencial teórico que articule os elementos mais gerais da prática social à prática pedagógica em sala de aula. Dentre tais referenciais podemos destacar a chamada Teoria da Atividade, proposta inicialmente pelo psicólogo e filósofo soviético Alexis Nikolaevich Leontiev (1903, Moscou – 1979, Moscou) e desenvolvida por ele e seus colaboradores e interlocutores.

Para discutir a teoria de Leontiev, no entanto, é necessário que se compreenda seu contexto de produção e suas bases epistemológicas e ontológicas, evitando leituras superficiais ou enviesadas. Leontiev desenvolveu sua teoria no contexto revolucionário da URSS, buscando, tal como Vygotsky, uma nova teoria

psicológica para um novo tempo e um novo modelo de cidadão e de sociedade. Sua teoria é baseada no materialismo histórico-dialético marxista, e não pode ser lida apropriadamente de forma desvinculada deste referencial, sob a penalidade de se realizar uma leitura reducionista e positivista.

Cabe destacar também que a Teoria da Atividade

é um grande contributo para a organização da prática pedagógica que se pretende fundamentada pela pedagogia histórico-crítica, pois esta nos possibilita pensar o trabalho educativo como uma atividade especificamente humana e, ao mesmo tempo, permite-nos reconhecer a especificidade dessa atividade que se materializa no ensino (atividade do professor) e na aprendizagem (atividade do aluno) (LAVOURA e MARTINS, 2017, p. 538).

De modo que esta teoria se mostra de grande valia especialmente para os professores do Sistema Municipal de Ensino de Bauru, que adota como referenciais a Pedagogia Histórico-Crítica e a Teoria Histórico-Cultural, mas cujos docentes relatam (ver por ex. REVERSI, 2020) dificuldades em estabelecer uma relação entre estes referenciais e suas respectivas práticas pedagógicas.

Sendo assim, nossa proposta no presente trabalho é desenvolver uma Atividade Orientadora de Ensino (AOE) a partir de um conteúdo curricular extraído da nova versão do Currículo Comum para o Ensino Fundamental Municipal de Bauru, mais especificamente o conteúdo de “Tecido Adiposo” da unidade temática “Vida e Evolução” proposto para o 3º Bimestre do 8º Ano do Ensino Fundamental na disciplina de Ciências da Natureza.

Esta AOE pretende oferecer mais uma possibilidade para o trabalho pedagógico dos docentes do Sistema Municipal de Bauru ou de outros que desejem trabalhar o conteúdo em questão a partir de uma abordagem crítica, assim como evidenciar possibilidades de como desenvolver AOE para o ensino de Ciências da Natureza a partir de um exemplo com um conteúdo curricular específico, possibilitando que os docentes se apropriem de elementos da Teoria da Atividade que lhes proporcione uma instrumentalização, ainda que inicial, e permita que elaborem suas próprias AOE autorais, adquirindo autonomia em sua práxis pedagógica.

Concomitante a isso e considerando a natureza desse trabalho, a proposta de aplicação da AOE acompanha a utilização de um modelo didático em modelagem de papel, também chamada de papercraft, em três dimensões, haja

vista a facilidade de compartilhar o modelo com professores de ciências do Sistema Municipal de Educação de Bauru, assim como a facilidade para sua construção, as quais requerem poucos materiais, como tesoura e cola, e alguma habilidade manual fina.

Ademais, a modelagem 3D nas ciências naturais e biologia permite a visualização de estruturas biológicas difíceis de interpretar quando vistas apenas sob a óptica 2D por meio de imagens – e a torna mais viável do que aquelas que requerem materiais mais inacessíveis à escola pública, como os biológicos, conforme já mencionado. Adendo a isso, a visualização é reconhecidamente como um elemento essencial e crucial à aprendizagem, e a visualização que vai além da modelagem 2D oferece objetos mais tangíveis, os quais contribuem para melhor entendimento e compreensão, proporcionando a utilização de mais sentidos além da visão simples, aumentando a percepção sobre tal objeto, tornando o ensino mais interativo (SCHINDLER *et al.*, 2022).

Pensando também no ensino de ciências e biologia, a utilização de modelos físicos sempre esteve presente em sua história, sendo restrito apenas às últimas décadas a utilização de modelos educacionais em telas. Abordagens históricas incluíam o uso de modelos de cera, marfim, madeira, papelão e tecido (SCHINDLER *et al.*, 2022), ainda que estes ocupassem uma função meramente ilustrativa, pouco interativa e calcada em um modelo tradicional de ensino expositivo e enciclopédico.

Levando em consideração a historicidade da utilização de modelos no ensino, em especial no ensino de ciências naturais, e buscando uma forma de proporcionar um modelo de fácil acesso e distribuição é que adotamos a modelagem 3D montada a partir de papel, os chamados *papercrafts*, ou seja, objetos 3D criados a partir de uma malha 3D desdobrada em *patches* 2D, que podem ser impressos e reconstruídos de volta para o 3D. Também buscamos incluir estes modelos como parte da estrutura de uma AOE, contextualizando-os e conferindo-lhes sentido, além de tornando seu uso interativo e investigativo ao invés de simplesmente ilustrativo.

## **METODOLOGIA**

O presente trabalho consistiu em uma investigação de cunho dialético teórico e empírico, em que a investigação teórica se articula organicamente à parte empírica, produzindo conhecimento que a sustenta, enquanto que a investigação empírica produz dados que nutrem a parte teórica.

É importante ressaltar que uma investigação teórica não se resume à mera revisão bibliográfica, imprescindível a qualquer tipo de pesquisa acadêmica – mesmo em investigações estritamente empíricas –, mas difere-se desta pois possui uma metodologia sistematizada de seleção, exploração e análise do material teórico utilizado e, sobretudo, possui a pretensão de produzir novos conhecimentos e dados a partir desta investigação, e não apenas utilizar conhecimentos já produzidos para situar ou justificar uma investigação a ser conduzida.

A partir destas considerações, em nossa investigação teórica realizamos uma revisão bibliográfica crítica, aprofundamento, discussão teórica e produção de um novo conhecimento a partir da análise teórica empreendida.

Todo o trabalho investigativo aqui desenvolvido, tanto na parte empírica quanto na teórica, foi conduzido a partir da metodologia do materialismo histórico-dialético, tal como proposto por Marx & Engels (1988) a partir dos princípios da lógica dialética hegeliana (PASQUALINI & MARTINS, 2015).

Tal método busca realizar a “captação e reprodução do movimento do real no pensamento” (PASQUALINI & MARTINS, 2015, p. 363), entendendo o conhecimento que resulta desse processo de pensamento como uma reconstrução subjetiva da realidade objetiva no nível do pensamento, ou, em outras palavras, um complexo processo de subjetivação da realidade objetiva (PASQUALINI & MARTINS, 2015).

Como afirmam Pasqualini e Martins (2015, p. 363),

Assim, o resultado da elaboração teórica representa uma forma de reprodução ideal de um processo real, com uma aproximação de maior fidelidade possível. Trata-se do postulado pela psicologia histórico-cultural do psiquismo como imagem subjetiva da realidade objetiva, a quem compete orientar os indivíduos na realidade concreta.

De modo a alcançar essa representação imaginária de forma fidedigna à realidade, a apreensão dos fenômenos deve se dar em sua processualidade e

totalidade, ou seja, cada fenômeno e objeto de investigação deve ser concebido como uma totalidade histórica, síntese de múltiplas determinações, inserido e parte de um contexto complexo e dinâmico, em constante transformação a partir de suas próprias contradições. “Nessa perspectiva, a representação do real no pensamento não se limita à captação da realidade em suas manifestações fenomênicas, demandando a superação da representação sensível pela mediação das abstrações do pensamento” (PASQUALINI & MARTINS, 2015, p. 363).

Assim, tomando como objeto de investigação o conhecimento histológico e suas representações imagéticas, compreendemo-las enquanto produção e fenômeno histórico situado, síntese de suas múltiplas determinações e permeada de contradições, as quais buscamos revelar.

Para tal empreendemos sobre conhecimento histológico e suas representações imagéticas uma reflexão filosófica crítica como propõe Saviani (2021, p. 24), radical, rigorosa e de conjunto, buscando sistematicamente as raízes de suas contradições, utilizando a metodologia do materialismo histórico-dialético para superar as aparências rumo à essência do fenômeno numa visão totalizante, uma vez que “a essência do fenômeno não está posta explicitamente em sua manifestação sensível, não se revelando de modo imediato, mas sim pelo desvelamento de suas mediações e de suas contradições internas fundamentais” (PASQUALINI & MARTINS, 2015, p. 363).

Este processo de investigação partiu inicialmente do trabalho empírico com as imagens e os modelos didáticos tridimensionais enquanto recursos para o ensino de Ciências, sendo analisadas a partir da prática pedagógica do autor na condição de professor da educação básica e na formação inicial e continuada de professores. Seguidamente, ao longo desse primeiro contato, as publicações acadêmicas que tinham como tema e/ou objeto centrais o desenvolvimento da ciência e de suas formas de representação foram sendo estudadas e analisadas pelo autor a partir dos referenciais críticos e da metodologia do materialismo histórico-dialético, bem como a aplicação empírica dos modelos tridimensionais em papercraft na realidade escolar foi tomada como objeto da reflexão filosófica rigorosa, radical e de conjunto. Tal processo investigativo é composto por movimentos de análises e sínteses rumo a totalizações cada vez mais abrangentes e profundas.

Após esse contato com o empírico, empreendemos um estudo teórico mais detido, buscando-se uma visão da totalidade histórica do papel das imagens no

conhecimento biológico e uma análise mais pormenorizada das contradições destas, em especial nos processos de ensino e aprendizagem. Ao longo desse processo analítico se foram revelando pontos de tensão e contradição entre as potencialidades latentes dos modelos tridimensionais e a realidade escolar como: a) a função social e os objetivos da educação escolar e do trabalho pedagógico do professor; b) o papel dos conteúdos clássicos no processo de humanização; c) o processo de mediação entre sujeito e realidade realizado pelos instrumentos materiais e psicológicos; d) a relação conteúdo-forma-destinatário no uso dos modelos didáticos como recursos para o ensino; e) as limitações que as condições materiais impõem ao uso dos modelos didáticos tridimensionais no ensino de ciências.

A partir desses pontos de tensão, encontramos nos referenciais da Pedagogia Histórico-Crítica, da Psicologia Histórico-Cultural e da Teoria da Atividade as possibilidades de superação das contradições identificadas.

Desta forma, a partir dos três referenciais apontados pudemos, respectivamente: a) preservar a natureza e especificidade da educação escolar e do papel do professor (SAVIANI, 2015); b) garantir e valorizar os conteúdos culturais historicamente produzidos pelo coletivo humano a serem ensinados, tendo em vista o processo de mediação que ocorre por meio dos instrumentos materiais e intelectuais (signo), promovendo o desenvolvimento do sujeito (MARTINS, 2013); e c) adequar o uso dos modelos didáticos à tríade conteúdo-forma-destinatário do contexto da educação básica, compreendendo os modelos como instrumentos (mediadores) materiais e culturais para o ensino de ciências (REVERSI, 2021).

Como resultado desse processo pudemos produzir uma Situação Desencadeadora de Aprendizagem que utiliza os modelos didáticos tridimensionais em papercraft de forma estruturada, contextualizada, eficaz e crítica.

Após as análises, foi possível empreender-se uma síntese superadora no uso dos modelos didáticos para o ensino de histologia. Essa superação se deu, então, a partir dos pressupostos dos três referenciais teóricos apresentados – PHC, Psicologia Histórico-Cultural e Teoria da Atividade.

Assim, além do trabalho de investigação teórica acerca das representações imagéticas a partir do materialismo histórico-dialético, houve também um trabalho empírico de validação da Situação Desencadeadora de Aprendizagem e da proposta de utilização dos modelos didáticos tridimensionais em papercraft. Os

pressupostos teóricos, epistemológicos e metodológicos que orientaram especificamente a Situação Desencadeadora de Aprendizagem são definidos e apresentados no seio da Teoria da Atividade a partir de seus autores (ver, por exemplo, MOURA E LANNER, 1998).

## **METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO EMPÍRICA**

A investigação empírica consistiu no processo de aplicação e validação da Situação Desencadeadora de Aprendizagem com os modelos didáticos em papercraft, avaliando-se as concepções, conceitos e obstáculos de aprendizagem, os quais foram obtidas a partir da resposta escrita individual a um questionário.

Os sujeitos de pesquisa foram alunos de uma classe de 8º ano de uma escola pública municipal de Bauru-SP. Participaram dessa investigação um total de 15 alunos com idades entre 13 e 15 anos, dos quais 6 são do sexo masculino e 9 do sexo feminino. Trata-se de uma classe pequena, com apenas 21 alunos, ainda que nem todos estes tenham assentido (e seus respectivos responsáveis tenham consentido) em participar da presente investigação, resultando no número supracitado de participantes.

O perfil geral da classe é o de alunos de famílias de classe média, que têm o costume de participar de suas vidas escolares, não há casos expressivos de indisciplina ou violência escolar, e os alunos demonstram-se assíduos, participativos e comprometidos com sua aprendizagem. Contudo, é uma classe que apresenta rendimento escolar inferior em relação às demais classes da mesma escola, havendo muitos alunos com dificuldades de aprendizagem, ainda que não existam na classe alunos público-alvo da educação especial, como alunos com deficiências ou transtorno global do desenvolvimento.

É importante destacar que o professor da disciplina de Ciências desta classe é o próprio autor da pesquisa, de modo que este acompanha o cotidiano da turma assim como têm acesso aos relatórios dos Conselho de Classe, Ano e Termo, possibilitando a descrição acima, a qual representa não somente sua impressão subjetiva, mas uma avaliação coletiva da turma pelo conjunto de seus professores e da equipe gestora da instituição.

Ademais, o vínculo estabelecido entre os alunos sujeitos da pesquisa e o professor-autor também pode ser significativo ao tornar o processo de aplicação da Situação Desencadeadora de Aprendizagem (SDA), bem como da produção de respostas ao questionário, mais espontâneas, reduzindo as possíveis distorções causadas pela intervenção de um pesquisador desconhecido na rotina escolar.

A SDA foi desenvolvida durante uma aula dupla (140 minutos) da disciplina de Ciências da Natureza no período matutino do segundo bimestre do ano letivo de 2023 e a resposta ao questionário foi realizada três semanas após a aplicação da SDA, uma vez que o objeto de nossa avaliação são as concepções e conceitos dos estudantes que se referem primordialmente ao processo funcional psíquico do pensamento mais do que da memória. Desde modo, queríamos evitar uma simples reprodução mnemônica de falas ou textos vistos na SDA, valorizando mais a face semântica da expressão dos estudantes ao responderem o questionário do que a face sintática ou fonética. Em outras palavras, nosso objetivo não era o de avaliar se os alunos seriam capazes de memorizar e reproduzir elementos da SDA, mas se e como se apropriariam dos conhecimentos trabalhados por meio desta e dos modelos didáticos utilizados, sendo que a distância temporal entre os momentos de aplicação da SDA e da produção e coleta de dados favoreceria este intento.

O questionário aplicado foi composto de três questões, das quais apenas uma foi analisada para o presente trabalho, a questão número 2: “Porque os tecidos não são somente um amontoado de células?”

As respostas foram analisadas a partir do referencial teórico-metodológico apresentado anteriormente e os resultados são apresentados após a fundamentação teórica e a investigação teórica.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A gnosiologia de base marxista, que se apresenta tanto nos trabalhos do próprio Marx, quanto nos dos autores da Teoria Cultural, como Vygotsky e seus colaboradores, e de autores do marxismo humanista como Markus e Lukacs, busca superar o modelo biológico do interacionismo-construtivista para um modelo histórico-cultural, compreendendo a relação gnosiológica entre sujeito e objeto como histórica e culturalmente situadas. Da mesma forma, não somente sujeito e objeto seriam históricos, mas também as necessidades humanas e as mediações pelos quais o ser humano tem essas necessidades satisfeitas, que ocorrem por meio de instrumentos.

Assim, para a Pedagogia Histórico-Crítica e para a Teoria Histórico-Cultural, o conceito de mediação é central para a compreensão do processo de ensino e de aprendizagem e se baseia na ontologia marxista, segundo a qual o ser humano não possui sua existência dada, tal qual as demais espécies de animais, necessitando produzir constantemente sua existência por meio da transformação intencional e planejada da natureza, denominada de trabalho (MARX, 1988). Contudo, de modo a realizar este trabalho, o humano necessita de dois elementos, primeiramente um instrumento a partir do qual possa realizar sua ação sobre a natureza e em segundo lugar uma antecipação mental do resultado dessa ação, de modo que há uma mediação dupla entre o sujeito da ação e o objeto de sua ação, pois o trabalho do homem é mediado pelos instrumentos materiais que este emprega para a realização de seu trabalho, assim como os instrumentos intelectuais necessários a essa ação, uma vez que o trabalho é uma atividade que é planejada, ou seja, antecipada mentalmente, de tal forma que, ao final do trabalho, têm-se dois produtos, um material como a natureza transformada, e um intelectual, a ideia que se tem deste objeto, que é partilhada socialmente e torna-se cultura (REVERSI, 2020, p. 123).

Ademais, cabe ressaltar que, tanto a cultura produzida como resultado do trabalho intelectual que acompanha o trabalho material, quanto os instrumentos empregados neste trabalho estão historicamente inscritos, sendo transmitidos, apropriados e modificados ao longo da dinâmica histórica, de modo que os próprios instrumentos, ao serem modificados, seja em sua forma material, seja em seu uso e representação, se tornam também parte da cultura e igualmente, a cultura e seus signos modificam a forma com que o ser humano representa, transforma e se

relaciona com a realidade, convertendo-se também em instrumentos (VYGOTSKY, 2001). Como afirma Striquer (2016, p. 359),

Existem dois tipos de instrumentos: o material ou físico e o psicológico ou semiótico. [...] Portanto, a diferença essencial entre o instrumento material e o psicológico é a de que o primeiro serve para que o indivíduo transforme a natureza externa, enquanto o segundo orienta o que é interno, pois se dirige para o controle do próprio indivíduo e o auxilia na solução de problemas psicológicos como lembrar, representar, comparar, relatar, planejar, entre outras ações internas. [...] Logo, o desenvolvimento se opera por consequência não apenas do uso de instrumentos pelo homem mas também, e sobretudo, pelo fato de que os instrumentos ao carregarem a cultura material, os conhecimentos historicamente elaborados, promovem que o homem internalize operações mentais e físicas para lidar com aquele instrumento e para realizar adaptações que permitem que o instrumento seja utilizado em novas situações.

Sendo estes instrumentos, bem como a mediação, inerentes à ação humana e ao processo de humanização, uma vez que não há ação direta do ser humano na realidade, apenas ação mediada. Logo, toda ação que o sujeito realiza sobre o mundo se dá a partir das representações que este possui da realidade, que são frutos dos instrumentos materiais e culturais que possui (STRIQUER, 2016; VYGOTSKY, 1997).

Assim, enquanto na concepção construtivista os modelos didáticos são concebidos apenas como “facilitadores” para a compreensão do objeto estudado, uma concepção crítica dos modelos nos permite compreendê-los como instrumentos, sendo estes instrumentos uma síntese do processo histórico de sua produção e utilização pela cultura humana, enriquecendo seu papel nos processos de ensino e de aprendizado de ciências naturais, adicionando a dimensão histórica e cultural a esse processo.

Dessa forma, é necessário que se compreenda a importância da mediação na produção e aplicação dos modelos didáticos no contexto escolar, reinterpretando-os como instrumentos que realizam o processo de mediação do aluno com a realidade científica de modo a permitir com que este produza suas representações psíquicas dessa realidade na forma de conceitos.

## **TEORIA DA ATIVIDADE E ESTRUTURA DA AOE**

Segundo Leontiev (1978), a Teoria da Atividade parte da concepção marxista de “homem”, concebido como um ser social que não possui uma natureza dada, tal

qual os demais animais, e que por isso necessita constantemente produzir a própria existência por meio da transformação da realidade e, conseqüentemente, transformando a si próprio e seu psiquismo neste processo.

Esta transformação intencional e planejada da natureza é o que Marx e Engels (2015) denominam de “trabalho”, o qual é realizado de forma mediada, seja pelos instrumentos materiais, que são voltados externamente, seja pelos instrumentos culturais, especialmente os signos, que são voltados internamente, ou seja, para a transformação do próprio psiquismo e do próprio comportamento humano. Ainda segundo a tradição materialista marxista, conforme a organização material humana se complexifica ocorre uma igual complexificação de sua vida cultural, de modo que as atividades humanas se tornam mais variadas e complexas.

Leontiev (1978) compreende que a prática humana tem um caráter sócio-histórico que se revela e se torna fundamental para o entendimento da atividade humana, a qual, por sua vez é compreendida como a unidade molar desta prática. Assim, para Leontiev (1978), cada indivíduo realiza uma atividade em função da conjunção entre uma necessidade e um objeto, sendo o entendimento da primeira fundamental para a compreensão dos motivos que levam às práticas humanas.

Em outras palavras, para que uma prática humana possa ser chamada de atividade esta necessita ser objetivada, ou seja, possuir um objeto para qual esta atividade é voltada, assim como “para ser chamado de atividade o objeto precisa coincidir com a necessidade para que haja a motivação” (DE SÁ & MESSEDER NETO, 2020, p. 27). Além disso há ainda “casos, no entanto, em que o objetivo do que o indivíduo está fazendo não coincide com a necessidade e ele só pode ser entendido em um contexto mais amplo. Para essa situação temos o conceito de ação” (DE SÁ & MESSEDER NETO, 2020, p. 27).

Podemos compreender, assim, o conceito de ação como o conjunto dos elementos da prática humana que compõem uma atividade e que possuem, cada uma, objetivos distintos da própria necessidade, não possuindo uma relação direta com esta, mas uma vinculação indireta que somente pode ser observada em um contexto mais amplo (LEONTIEV, 1978).

Há, também, ações que podem ser apropriadas na forma de uma segunda natureza (SAVIANI, 1984) por aqueles que a praticam, de modo que esta ação, ao ser repetida inúmeras vezes é apropriada e operacionalizada por aqueles que a praticam, não necessitando mais ser refletida para sua execução. Assim, a ação

convertida em operação se torna um elemento que não necessita ocupar o plano da consciência, ainda que para existir enquanto operação esta tenha que ter, em algum momento, uma origem na consciência enquanto ação. Ademais, assim como as ações podem converter-se em operações, estas também podem retornar ao estado de ações quando são praticadas de forma consciente e passam a ocupar o lugar de figura e não mais de fundo na consciência a partir da intenção do sujeito que as pratica.

Um exemplo que podemos citar e que também é evocado por Saviani (1984) é o de dirigir um automóvel. Neste exemplo, sabemos que para aprender a dirigir é necessário que se reflita sobre as diversas etapas daquilo que se está pondo a fazer enquanto condutor, como ajustar os espelhos, afivelar o cinto de segurança, pisar no pedal da embreagem e do freio, virar a chave da ignição, engatar a marcha correta no câmbio, ir gradativamente retirando a pressão no pedal da embreagem enquanto se pressiona o pedal do acelerador de modo proporcional, observar ao redor, manobrar o volante, enfim, uma série de atos que necessitam de grande atenção para que não se faça nada de errado e que são bastante desafiadores. Porém, num segundo momento, ao se tornar um motorista experiente, tais atos não são mais refletidos e são desenvolvidos automaticamente em pouco tempo, sem que seja necessário dar atenção individualizada a cada um, tornando-se assim em operações. Contudo, ao ensinar uma outra pessoa a dirigir é necessário que se reflita sobre as operações para individualizá-las e explicá-las ao outro, tornando-as novamente em ações, ou então nos casos em que se vai dirigir um modelo de veículo muito diferente ou em condições adversas, levando à necessidade de se dar atenção às etapas de se dirigir.

Em resumo,

os indivíduos têm necessidades que precisam ser supridas. Diante de um objeto capaz disso, o homem se motiva a realizar uma atividade. Essa atividade pode ser constituída de diversas ações que têm objetivos diferentes da necessidade e que só podem ser entendidas no seu contexto. Para realizar essas ações o indivíduo necessita de algumas operações, as quais também não estão relacionadas diretamente ao objetivo da ação. Essas operações, em um determinado período, já foram ações que tinham como objetivo a própria apropriação do objeto. [...] as operações são modos de execução de um ato, sendo então conteúdo necessário de uma ação, mas não idêntico a ela. Toda operação, em um dado momento foi uma ação, no entanto ela agora é colocada de forma mais inconsciente, podendo ser resgatada a qualquer momento (DE SÁ & MESSEDER NETO, 2020, p. 27-29).

Aplicando estes princípios e esta estrutura da atividade ao contexto da educação formal

podemos pensar o trabalho educativo como [...] o encontro de várias formas de atividades humanas: a atividade de conhecimento do mundo sintetizada nos conteúdos escolares, a atividade de organização das condições necessárias ao trabalho educativo, a atividade de ensino pelo professor e a atividade de estudo pelos alunos (DUARTE, 2016, p. 59)

A partir do conceito de atividade, Leontiev (1978, p. 293) desenvolve ainda o conceito de Atividade-Guia, que é aquela “cujo desenvolvimento governa as mudanças mais importantes nos processos psíquicos e nos traços psicológicos da personalidade da criança, em certo estágio de seu desenvolvimento”, promovendo o desenvolvimento global do sujeito assim como de outras atividades.

Desta forma, a partir da complexificação do trabalho e, conseqüentemente, das relações sociais e da cultura tornou-se necessário ao conjunto da humanidade conceber formas planejadas e organizadas de transmissão dos conhecimentos historicamente acumulados e de desenvolvimento dos sujeitos, resultando na criação da instituição escolar e da Atividade Pedagógica.

A Atividade Pedagógica, como destaca Moura (2000) representa a unidade das Atividades-Guia de professor e aluno, uma vez que a atividade de ensino, específica do professor, é dialéticamente indissociável da atividade de estudo do estudante. Logo, a atividade de ensino está contida no conceito mais amplo de “trabalho pedagógico” e compõe, conjuntamente com a atividade de estudo, o conceito de atividade pedagógica.

Todavia, a atividade pedagógica possui uma complexidade inerente. Apenas no que tange às demandas do professor, para seu trabalho pedagógico ou educativo, este possui a necessidade de produzir em seus alunos, como afirma Saviani (1984), a humanidade produzida histórica e coletivamente pelo conjunto dos seres humanos, dentro do qual temos sua atividade de ensino, que surge da união entre o objeto de trabalho do professor – o saber sistematizado – e da necessidade de humanização dos sujeitos.

Essa atividade requer o planejamento do professor e a evocação de diversas ações e operações como, por exemplo, identificar quais os conteúdos clássicos e estruturantes para atingir sua finalidade, como realizar a transposição didática entre o saber sábio e o saber a ser ensinado, quais elementos deve destacar e quais

suprimir, adequar uma ordem de abordagem dos conteúdos, escolher se deverá priorizar uma sequência lógica, histórica ou psicológica para o ensino, adotando os respectivos critérios, separar os elementos essencialmente históricos daqueles meramente cronológicos, estabelecer relação dos elementos ensinados com a prática social global, se atentar para a relação conteúdo-forma-destinatário adequando desde os recursos que utilizará até sua linguagem, considerando as metáforas e analogias empregadas, a construção dos sentidos e significados, o processo de formação de conceitos e de desenvolvimento das funções psíquicas de seus alunos, os procedimentos avaliativos, a dinâmica e organização temporal e espacial de sua aula, os materiais empregados, entre tantos outros elementos.

A partir desta complexidade própria do trabalho educativo da atividade pedagógica alguns autores propõem o desenvolvimento das Atividades Orientadoras de Ensino (AOE) como estruturantes da atividade pedagógica, proporcionando seu desenvolvimento. Assim a AOE possibilita a articulação entre teoria e prática assim como a articulação própria do efetivo processo de ensino com a teoria da atividade ou, em outras palavras, a articulação do desenvolvimento do estudante com a dimensão didática do trabalho pedagógico. Assim como define Moura (1996, p. 32),

A atividade de ensino que respeita os diferentes níveis dos indivíduos e que define um objetivo de formação como problema coletivo é o que chamamos de atividade orientadora de ensino. Ela orienta o conjunto de ações em sala de aula a partir de objetivos, conteúdos e estratégias de ensino negociados e definidos por um projeto pedagógico. Contém também elementos que permitem à criança apropriar-se do conhecimento como um problema. E isto significa assumir o ato de aprender como significativo tanto do ponto de vista psicológico quanto de sua utilidade.

O seguinte diagrama elaborado por Moraes (2008, p. 116) ilustra como ocorre a relação entre a atividade de cada sujeito (professor e estudante) envolvido no processo da AOE.



Figura 1: Atividade orientadora de ensino e suas relações

Logo, tomar a AOE como estruturante do trabalho pedagógico significa também estabelecer os meios para que os sujeitos envolvidos nesta atividade (professor e alunos) supram suas necessidades, adquiram motivação, estabeleçam e cumpram seus objetivos e desenvolvam as ações e operações necessárias, o que ocorre por meio das chamadas Situações Desencadeadoras de Aprendizagem (SDA), que são definidas por Moura e Lanner (1998, p. 12–14) como sendo o jogo, a história virtual do conceito e a situação do cotidiano:

O jogo com propósito pedagógico pode ser um importante aliado no ensino, já que preserva o caráter e problema [...]. O que devemos considerar é a possibilidade de o jogo colocar a criança diante de uma situação-problema semelhante à vivenciada pelo homem ao lidar com conceitos matemáticos [e científicos]. [...] A problematização de situações emergentes do cotidiano possibilita à prática educativa oportunidade de colocar a criança diante da necessidade de vivenciar a solução de problemas significativos para ela [...]. É a história virtual do conceito porque coloca a criança diante de uma situação-problema semelhante àquela vivida pelo homem (no sentido genérico).

No presente trabalho daremos destaque para a história virtual do conceito como situação desencadeadora de aprendizagem na elaboração de uma AOE no campo do ensino de Ciências da Natureza para o ensino e aprendizagem do conceito de Tecido Adiposo.

As situações desencadeadoras de aprendizagem têm a possibilidade de conter o problema que mobiliza os sujeitos a entrarem em atividade. No contexto da educação escolar as situações desencadeadoras de aprendizagem visam a apropriação dos conhecimentos historicamente acumulados “para que o sujeito esteja munido com ferramentas teóricas, metodológicas e éticas que lhe proporcionem a participação de modo pleno na comunidade à qual pertence” (MOURA, ARAÚJO & SERRÃO 2018, p. 423).

A história virtual do conceito se apresenta “como um problema a ser resolvido coletivamente, cujas formas de solução e resultados requerem a participação ativa dos sujeitos envolvidos na atividade, tanto o professor como o estudante” (MOURA, ARAÚJO & SERRÃO 2018, p. 423).

Tais histórias envolvem enredos, situações e personagens que podem ser fictícios, produtos da imaginação do docente, da cultura popular ou da literatura, assim como podem ser reais, como de episódios da história da ciência, apresentando os benefícios do uso desta no ensino (CAMPOS, 2017; REVERSI, REVERSI, CALDEIRA & CALUZI, 2019). As histórias envolvem o aluno a partir da dimensão lúdica inerente ao processo imaginativo e mobilizam o pensamento de maneira significativa na elaboração de soluções que façam parte do contexto da narrativa (MOURA, 1996).

Nesse movimento, a apropriação e o desenvolvimento da linguagem em diferentes níveis se colocam como uma necessidade impulsionadora de ações em direção ao objeto de conhecimento, que também se almeja que seja apropriado pelas novas gerações, como uma legítima herança cultural. A história virtual do conceito, dessa forma, também se constitui em relevante elemento do processo de formação do professor, pois, ao ter que criar a situação que contenha o núcleo de um conceito (Davíдов & Markova, 1988), coloca o professor em atividade de estudo, em busca de histórias virtuais de conceitos. Virtual porque contém problemas semelhantes àqueles vividos historicamente pelos seres humanos em suas lidas incessantes, em busca do aprimoramento dos meios de trabalho ou de compreensão dos fenômenos da natureza (MOURA, ARAÚJO & SERRÃO 2018, p. 423).

Frente a esta necessidade buscamos realizar a seguir uma revisão histórica do uso das imagens na história da ciência e especialmente sobre o desenvolvimento da histologia enquanto ciência.

## A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O USO DOS MODELOS E IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Quando buscamos discutir sobre o uso de modelos e de imagens no ensino de ciências e na própria ciência esbarramos em diversas concepções sobre o papel destas representações no conhecimento científico e em seu ensino. Contudo, apesar da diversidade conflitante de perspectivas quanto a esse assunto, há um certo consenso de que este tipo de representação imagética é parte necessária e indissociável do conhecimento científico.

Sabemos que

no interior do domínio científico, [...] existe a necessidade do uso de diversos recursos linguísticos (como neologismos, composições e repetições de palavras, uso de linguagem gráfica e matemática, utilização de termos e símbolos existentes com novos sentidos ou mesmo criação de novos símbolos, metáforas, analogias, alegorias, metonímias, catacrezes, entre outros) – para se expressar elementos e fenômenos complexos (REVERSI, 2020 p. 227).

Assim como que

a linguagem não se limita à sua dimensão verbal, mas abarca também todo o processo de construção cognitiva de conhecimentos, abstrações e representações. Martins (1993) inclui no discurso científico estes elementos que vão além da dimensão verbal semântica, apontando a linguagem científica como marcada pelo uso de gráficos, diagramas, esquemas, figuras gráficas e de linguagem, entre outras (REVERSI, 2020 p. 227).

Um exemplo acerca de uma compreensão mais complexa e crítica do papel da ciência e seus modelos é a epistemologia do filósofo, químico e poeta francês Gaston Bachelard (Bar-sur-Aube, 1884 – Paris, 1962) a qual considera que os instrumentos e modelos envolvidos na produção e transmissão desse saber passam por diferentes formas de apreensão, racionalização e representação (REVERSI, 2020).

A concepção de realidade e de objeto/fenômeno para Bachelard não é uma concepção reducionista ou simplificadora. Este concebe os fenômenos estudados pelas ciências naturais não como produtos da natureza, mas como construções, diferenciando o real-dado do real-científico (LOPES, 1996).

Para ele, “a construção do objeto de conhecimento nas ciências físicas – o real científico – é realizada na relação sujeito-objeto, mediada pela técnica” (LOPES, 1996, p. 260). De forma que “a ciência não descreve, ela produz fenômenos, com o instrumento mediador dos fenômenos sendo construído por um duplo processo instrumental e teórico” (LOPES, 1996, p. 260), sendo ambos paradigmáticos e ideológicos. Assim, para ele, a ciência se ergue sobre a fenomenotécnica, ou seja, uma recriação do real mediada pelos signos, pela racionalidade, pelos instrumentos, pelos modelos, pela técnica e tecnologia (LOPES, 1996).

A partir disso devemos compreender que o conhecimento científico, assim como “toda produção de conhecimento implica a construção de modelos e representações do real” (REVERSI, 2020, p. 34), os quais “são sempre generalização a partir das quais escapam elementos deste real. Assim como são sempre ideológicas e nunca neutras ou desinteressadas”.

Isso significa dizer que, assim como a ciência não é neutra, suas representações imagéticas também não o são. Todos os modelos e imagens são construções humanas, permeados por elementos objetivos e subjetivos. Por isso nenhum modelo jamais será perfeito, definitivo ou redentor, seja na ciência, seja no ensino. Todos eles carregam marcas de sua historicidade e não se bastam por si próprios, o que faz com que sempre seja necessária a mediação do professor. Podemos dizer até mesmo que o modelo ou a imagem utilizada não se constitui em instrumento pedagógico e não adquire um objetivo educativo sem esta mediação, pois ambos – modelo e imagem – ganham sentido a partir do momento em que se tornam representativos, ou seja, a partir do momento em que se tornam signos, o que só é possível a partir das relações que o professor constrói com seu trabalho.

Essa compreensão da historicidade dos conceitos e conhecimentos científicos, bem como a importância da mediação, compreendendo que o contato do ser humano com a realidade sempre ocorre de forma mediada por instrumentos culturais e materiais, é um importante ponto de convergência entre as teorias de Bachelard e de Vygotsky, de modo que se torna possível traçar paralelos entre os pressupostos de Vygotsky para o desenvolvimento e para a educação de forma geral e de Bachelard para o desenvolvimento e ensino dos conhecimentos científicos.

Assim, as proposições de Bachelard (1996), quando este afirma que os objetos sobre os quais a ciência se debruça são construções, dado o fato de não termos acesso epistêmico direto, imediato à realidade objetiva, se aproximam da base epistemológica e gnosiológica vygotskyana e marxista. A gnosiologia de base marxista toma a relação gnosiológica entre sujeito e objeto como histórica e culturalmente situadas. Ainda também, não somente sujeito e objeto seriam históricos, mas também as necessidades humanas e as mediações pelos quais o ser humano tem essas necessidades satisfeitas, que ocorrem por meio de instrumentos.

Por este motivo a abordagem conjunta da história da ciência com o uso dos modelos se torna tão fortuita e produtiva. Podemos observar diversos exemplos na história da ciência que podem ser utilizados no contexto da sala de aula para que os alunos desenvolvam uma compreensão mais crítica e fidedigna da ciência e do desenvolvimento do conhecimento científico. Podemos citar aqui dois exemplos.

Primeiro há o famoso Rinoceronte de Dürer, que se trata de uma xilogravura produzida pelo artista e matemático alemão Albrecht Dürer (Nuremberg, 1471 – 1528, Nuremberg) no ano de 1515. A gravura de um rinoceronte foi produzida pelo artista a partir de descrições do que seria um rinoceronte indiano – feitas a partir de um exemplar vivo que havia chegado a Lisboa em 1515 – sem que o próprio autor jamais tivesse contato com o animal ali representado, resultando em um desenho repleto de distorções e incorreções anatômicas. Apesar disso, como não há notícia de outros exemplares vivos do animal no continente europeu desde o Império Romano e como o exemplar que serviu de base para a descrição tomada por Dürer morreu em um naufrágio pouco tempo após chegar à Europa, a gravura produzida pelo artista foi tomada como uma representação verdadeira e fidedigna do animal por aproximadamente dois séculos, sendo amplamente reproduzida e se tornando “um marco não apenas artístico mas também para a zoologia” (MARTINS, 2014, p. 199).

Nach Christus gepurt. 1513. Jar. Abt. 1. May. Hat man dem großmechtigen König von Portugal. Emanuel gen. Esabona pracht auf India/ ein sollich lebendig Thier. Das nennet sie Rhinoceros. Das ist hie mit aller feiner gestalt abcondertret. Es hat ein fard wie ein gespöckte Schildkrot. Vnd ist vñ dicken Schalen vberlegt fast fest. Vnd ist in der groß als der Holfande Aber nyderrechter von paynen/ vnd fast wehafftig. Es hat ein scharff starck Horn vorn auff der nase/ Das begynde es alweg zu wegen wo es bey steynen ist. Das dösfig Thier ist des Holf fangs todt feynde. Der Holf fande fürcht es fast vñ/ dann wo es In ankumbe/ so laufft In das Thier mit dem kopff zwischen dye foderen payn/ vnd reyst den Holf fande vñ den am pauch auff vñ erwürgt In/ des mag er sich nit erwehen. Dann das Thier ist also gewapent/ das In der Holf fande nichts kan thün. Sie sagen auch das der Rhinoceros Schnell/ Fraydig vnd Listig sey.

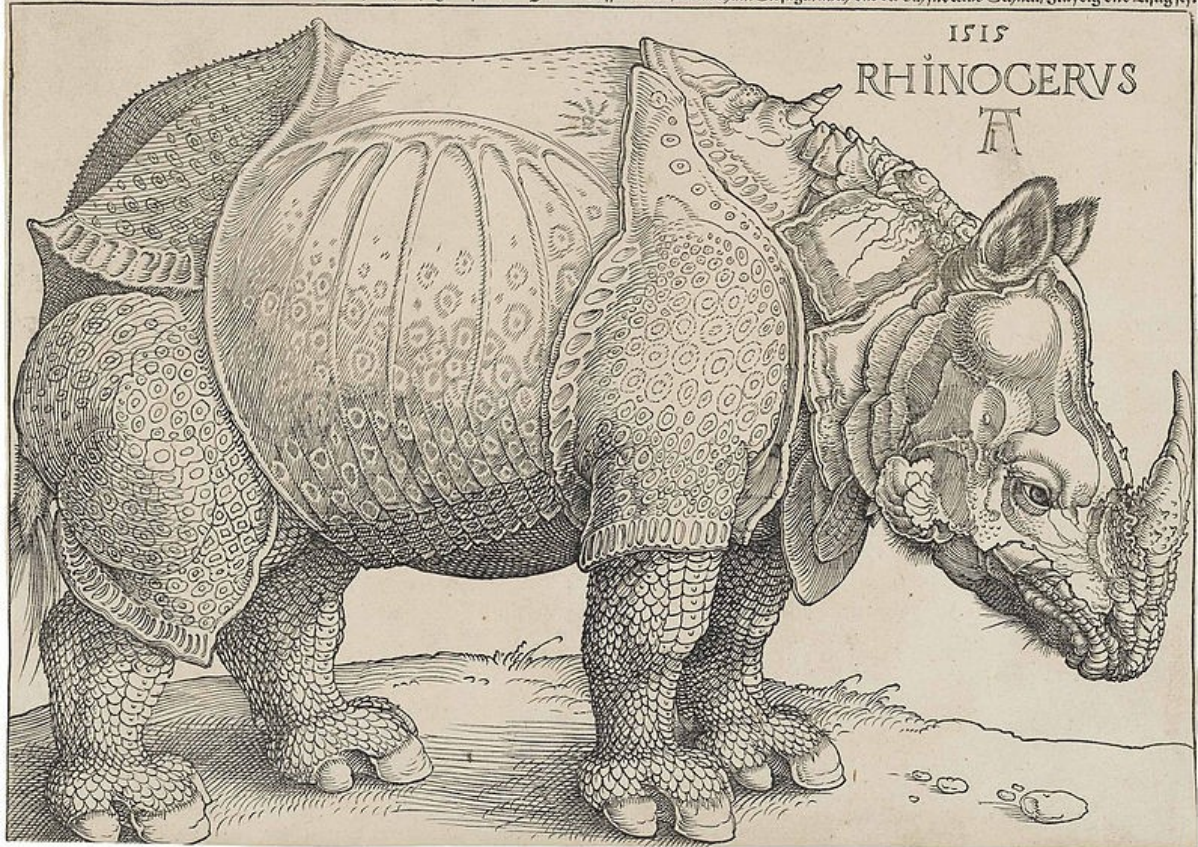
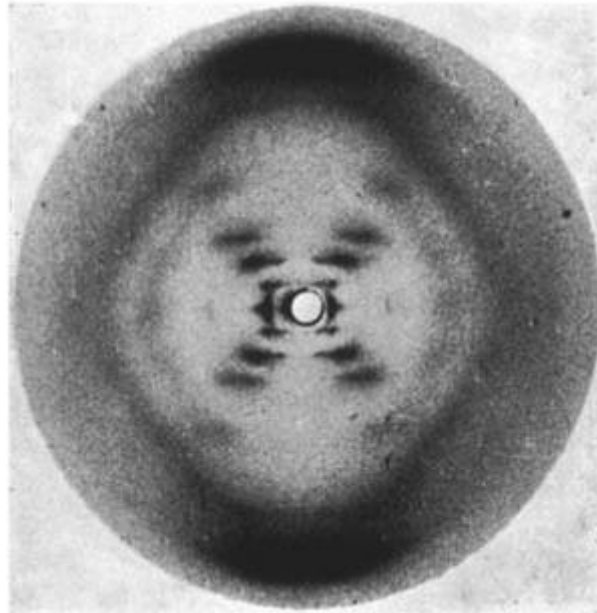


Figura 2: Primeira versão do rinoceronte de Dürer, impressa em 1515 (© Trustees of the British Museum. Reprodução autorizada)

A influência da xilogravura de Dürer foi tão grande que houve grande “resistência a corrigir essa representação, mesmo após a observação de outros rinocerontes na Europa” (MARTINS, 2014, p. 202), o que nos mostra como fatores subjetivos podem ser mais importantes e determinantes para a criação e uso das representações, modelos e imagens do que os aspectos objetivos, assim como revela o fato de haver uma relação dialética bastante complexa destas representações com a realidade objetiva, uma vez que a realidade a ser representada obviamente influencia sua própria representação, mas também a representação influencia a realidade objetiva e a forma como os sujeitos compreendem e se relacionam com esta realidade.

Outro exemplo interessante é o da química e biofísica britânica Rosalind Elsie Franklin (Londres, 25 de julho de 1920 – Londres, 16 de abril de 1958), que contribuiu para o entendimento da estrutura de diversas moléculas, entre elas a molécula de DNA, a partir de uma imagem que se tornaria bastante famosa, a

chamada fotografia 51, obtida a partir da difração de raios-X e que revelava a estrutura helicoidal em dupla hélice desta molécula. Com seu trabalho, Rosalind contribuiu de forma decisiva para a descoberta da estrutura do DNA, mas sem receber devido reconhecimento por seu trabalho.



*Figura 3: Fotografia 51, acervo da revista Nature (1953). Disponível em: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/photo51/>*

Franklin nascera em Londres em 1920 e se formou em química pela Universidade de Cambridge. Ela se especializou em cristalografia de raios X, uma técnica que permite determinar a estrutura tridimensional de moléculas a partir da difração de raios X, aplicando essa técnica para estudar o carvão, os vírus e os ácidos nucleicos (GONÇALVES E PINHEIRO, 2017).

Em 1951, ela começou a trabalhar no King's College de Londres, onde foi designada para investigar a estrutura do DNA. Ela produziu imagens de alta qualidade da molécula, especialmente a famosa Fotografia 51, que mostrava claramente a forma de dupla hélice do DNA. Assim como calculou as dimensões e os ângulos da estrutura, e sugeriu que as bases nitrogenadas estavam no interior da hélice (GONÇALVES E PINHEIRO, 2017).

No entanto, ela não teve a oportunidade de publicar seus resultados antes que eles fossem usados por outros cientistas sem o seu consentimento. Um colega de trabalho, Maurice Wilkins, mostrou a Fotografia 51, a qual fora produzida por

Raymond Gosling – um então aluno de doutorado sob supervisão de Rosalind – para James Watson e Francis Crick, que estavam trabalhando na mesma questão no Laboratório Cavendish de Cambridge. Eles usaram as informações de Franklin para construir um modelo tridimensional do DNA e publicaram um artigo na revista Nature em 1953, anunciando a descoberta da estrutura do DNA (GONÇALVES E PINHEIRO, 2017). Eles mencionaram brevemente o trabalho de Franklin e Wilkins como uma fonte de dados, mas não reconheceram o papel fundamental que eles tiveram (PIRES & SILVA, 2018).

Franklin enfrentou o sexismo durante toda a sua carreira. Ela teve dificuldades para obter bolsas de estudo e financiamento para suas pesquisas. Ela foi excluída de alguns clubes e sociedades científicas por ser mulher. Ela foi tratada com desrespeito e hostilidade por alguns de seus colegas, que a consideravam arrogante e difícil (GONÇALVES E PINHEIRO, 2017). Ela foi alvo de comentários depreciativos e piadas machistas por parte de Watson, que a chamava de “Rosy” contra a sua vontade e a descreveu como “feia” e “mal-vestida” em seu livro “A Dupla Hélice” (WATSON, 1968).

Mesmo dentro do King’s College Franklin esteve submetida a um ambiente de trabalho hostil,

De trás de tudo, [havia] uma animosidade flagrante entre Maurice Wilkins e Rosalind Franklin. Para o cientista, a jovem fora contratada pelo laboratório no intuito de participar como coadjuvante naquele lugar. Ele havia passado algum tempo afastado do King’s College e quando retorna percebe que ela teria muito mais autonomia do que ele gostaria. O aparente “sexismo” se revela em matéria publicada, recentemente, pelo jornal inglês The Guardian, no qual é mencionada a péssima convivência entre os cientistas sob o título: *Letters shed light on bitter rivalries behind discovery of DNA double helix* (Cartas lançam luz sobre amargas rivalidades atrás da descoberta do DNA de dupla hélice). Em um dos trechos, por exemplo, Maurice Wilkins faz o seguinte comentário em carta enviada a Francis Crick em 1953: “espero que a fumaça de bruxaria saia logo das nossas vistas” [se referindo a Franklin] (GONÇALVES & PINHEIRO, p. 206, 2017).

Frente a tudo isso, Franklin se viu obrigada a deixar o King’s College em 1953, continuando sua pesquisa sobre os vírus na Birkbeck College de Londres, que rendeu a Aaron Klug – membro da sua equipe que deu continuidade a pesquisa de Franklin após sua morte – o Prêmio Nobel de Química em 1982. Ela morreu em 1958, aos 37 anos, devido à um câncer de ovário. Em 1962, Watson, Crick e Wilkins receberam o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina pela descoberta da estrutura

do DNA. Franklin não foi incluída no prêmio, pois o Nobel não é concedido postumamente (PIRES & SILVA, 2018).

Depois de sua morte, Franklin foi esquecida e ignorada pela história da ciência. Seu nome não aparecia nos livros didáticos nem nas exposições sobre o DNA. Seu trabalho foi minimizado ou atribuído a outros cientistas. Ela só começou a receber alguma atenção e reconhecimento nas últimas décadas, graças aos esforços de historiadores, biógrafos e ativistas feministas. Hoje, ela é considerada uma das maiores cientistas do século XX e um ícone da luta das mulheres pela igualdade no mundo científico (PIRES & SILVA, 2018; FARIA & FERREIRA, 2021).

Este episódio histórico que se centra na figura de Rosalind Franklin e da imagem 51 produzida por ela e sua equipe nos revelam as possibilidades de articulação entre o uso de imagens e modelos e a história da ciência na sala de aula, bem como importantes problemas os quais os educadores devem estar atentos para evitar ao utilizar as imagens e modelos na sala de aula, como, por exemplo, seu uso descontextualizado, o apagamento eventos e personagens relevantes, a reprodução de questões ideológicas indesejadas como o sexismo a qual Franklin foi submetida, entre outros.

A partir desses dois exemplos podemos sugerir aos professores uma forma de uso mais adequada das imagens e modelos, superando-se tanto as abordagens tradicionais, as quais tiveram sua maior expressão a partir da década de 1980, quanto as construtivistas, que permanecem hegemônicas na atualidade, ambas abordagens não críticas e não históricas, que desconsideram a contextualização dos instrumentos utilizados – ou a realizam de maneira distorcida e superficial – e não têm como preocupação central a mediação a partir da cultura e do conhecimento científico.

Para isso, propomos que ao se apresentar os modelos e imagens o professor faça um trabalho de mediação realizando alguns questionamentos como: a) O que este modelo/imagem representa?; b) Quem produziu esse modelo/imagem e de que forma este(a) foi produzido(a)?; c) Quais técnicas e instrumentos foram necessários para sua produção?; d) Onde e quando o(a) modelo/imagem foi produzido(a)?; e) Quais elementos do objeto representado estão e quais não estão presentes no modelo/imagem?; f) Quais aspectos estão distorcidos ou modificados no modelo/imagem em relação ao objeto representado? (por ex: suas cores são estas mesmas ou são cores fantasia? Suas proporções estão corretas?).

A partir desses questionamentos e das discussões por eles suscitadas na sala de aula é possível superar as limitações que o uso dos modelos e imagens possuem e explorar suas máximas potencialidades, obtendo-se uma compreensão mais ampla e fidedigna tanto dos conceitos científicos – evitando-se os obstáculos epistemológicos – quanto dos elementos da natureza da ciência – evitando-se visões estereotipadas da história da ciência e das questões sócio-científicas (REVERSI, 2020).

A seguir realizaremos então um aprofundamento em nosso estudo histórico acerca do papel das imagens e modelos no desenvolvimento da ciência.

## **HISTÓRIA DA HISTOLOGIA E O PAPEL DAS IMAGENS NAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

As imagens e representações gráficas possuem uma importância muito grande para as ciências naturais, traduzindo a igual importância que as observações do meio natural desempenham para esse campo do conhecimento (COSTA, 2006). A relevância desse tipo de representação pode ser observado em diversos momentos históricos decisivos, sejam os mais recentes como a revolução empreendida pela representação tridimensional da estrutura em dupla hélice do DNA (FERREIRA & ANDRADE, 2014), seja pelas representações microscópicas de Robert Hooke que permitiram o desenvolvimento de uma das mais importantes sínteses das ciências biológicas século depois, a teoria celular.

Todavia, é frequente um tratamento das representações gráficas como elementos meramente acessórios ou secundários no desenvolvimento científico, a partir de convicções de que o pensamento e conhecimento científicos sejam constituídos unicamente pela linguagem verbal (BAIGRIE, 1996). Costa (2006, p. 248) ainda afirma que é “habitual o uso indiscriminado de imagens fora do seu contexto e período histórico em trabalhos de história da ciência”.

Dessa forma, dada a própria natureza do conhecimento biológico e o papel determinante da observação e das representações gráficas para este, buscamos, nesta seção do presente trabalho, apresentar de que maneira essas representações se estabeleceram ao longo do desenvolvimento histórico das ciências naturais de maneira geral, e das ciências biológicas de maneira específica, com destaque para

a histologia, buscando apresentar seus condicionantes, suas limitações, suas transformações e influências, evidenciando a antiguidade e o medievo como os períodos nos quais foram gestados e desenvolvidas as bases das representações biológicas modernas garantindo a sua qualidade e relevância na modernidade.

Assim, muito embora, em sentido lato, a ciência possa ser compreendida como qualquer corpo sistematizado de conhecimentos e, por extensão, a qualquer conjunto de conhecimentos, em sentido estrito, convencionou-se historicamente chamar de ciência o conjunto de conhecimentos e práticas produzidos sob uma certa gama de princípios – como os do empirismo, da objetividade, da lógica formal, da hierarquização e sistematização, entre outros – e a partir de um método fundamentado nesses princípios, referido comumente como o “método científico”. Essa ideia de ciência, referida frequentemente como Ciência Moderna, é fruto de uma nova forma de se conceber e olhar a natureza e seus fenômenos desenvolvida ao longo da chamada “Revolução Científica”, ocorrida durante o período compreendido entre o século XVI e XVIII, cujos elementos são delineados e consolidados nas obras de proeminentes filósofos da natureza como Galileu, Descartes, Newton, Copérnico, Bacon, entre outros (HENRY, 1998).

A Revolução Científica é “o nome dado pelos historiadores da ciência ao período da história europeia em que, de maneira inquestionável, os fundamentos conceituais, metodológicos e institucionais da ciência moderna foram apresentados pela primeira vez” (HENRY, 1998, p. 13). Esses fundamentos representam a síntese de várias correntes de pensamento com elementos em comum que se fundiram num amálgama do pensamento científico, de modo que, muito embora possamos encontrar tradições muito diversas entre períodos e grupos diferentes, como os racionalistas, realistas, empiristas, ideólogos, entre outros, há uma certa uniformidade em seus pressupostos que permitia com que estes participassem de uma mesma comunidade intelectual e tivessem elementos linguísticos próximos o bastante para que pudessem se compreender uns aos outros (KUHN, 2012).

Assim, mais do que um conjunto de contribuições isoladas, este período se trata da consolidação de ideias e observações que, por partilharem pressupostos adotados em sua produção e socialização, se complementam na formação de uma nova imagem da natureza e da realidade, retratada, agora, não mais como regida pelos desígnios e caprichos de entidades sobrenaturais, mas por leis e

regularidades naturais, que podem ser compreendidas e expressas por abstrações conceituais e matemáticas (HENRY, 1998).

Logo, muito embora existam controvérsias quanto à caracterização deste período – que é demarcado diferentemente, antecipado ou prolongado, por diferentes historiadores da ciência, e cuja a própria ideia e conceito são acusados de serem inerentemente *whiggistas*, dado que a própria palavra “ciência” com o sentido o qual a atribuímos hoje foi cunhada no século XIX, de tal modo que “ciência” não era algo que existia no período que chamamos, agora, de “Revolução Científica”, evidenciando um tratamento e uma possível visão distorcida do período – este ainda possui uma identidade, um *zeitgeist*, que permite que seja tratado com certa uniformidade, caso não se deseje um olhar demasiado detalhado.

Contudo, apesar da ênfase que muitos autores conferem ao momento histórico da “revolução científica” como origem do que conhecemos como ciência na modernidade, alguns historiadores da ciência, como Grant (2002), destacam a importância de diversos outros elementos em tempos históricos anteriores, especialmente na antiguidade e na idade média.

Evidenciando mais as continuidades do que as rupturas, Grant (2002), apresenta um novo olhar para a ciência do medievo em relação ao que chamamos de ciência moderna. Este autor argumenta que “contrariamente à opinião geral, as raízes da ciência moderna foram estabelecidas nos Mundos Antigo e Medieval, muito antes da Revolução Científica [...]” (GRANT, 2002, p. 5).

Neste sentido, além dos aspectos já citados e dos princípios cultivados e disseminados durante a revolução científica, quatro outros fatores foram determinantes para estabelecer as bases da ciência moderna:

As traduções para latim dos textos científicos gregos e árabes nos séculos XII e XIII; o desenvolvimento das universidades, que eram exclusivamente ocidentais e utilizavam as traduções como base de um currículo científico; as adaptações da Cristandade ao ensino secular; e a transformação da filosofia natural de Aristóteles (GRANT, 2002, p. 5).

No presente trabalho, queremos destacar também o papel das representações gráficas e dos modelos no desenvolvimento das ciências de modo geral e mais especificamente nas ciências biológicas. Contudo, esse papel não deve ser visto como um outro fator para além dos quatro elencados por Grant (2002), desvinculado e independente dos demais, mas como um importante elemento

transversal a estes, perpassando, de modo mais ou menos presente, cada um deles.

Quando pensamos na influência da cristandade no medievo é importante lembrar o papel da Igreja no desenvolvimento das representações artísticas, não somente do sobrenatural, mas também dos elementos naturais, ainda que em função dos primeiros, tal como na literatura hexameral. Em verdade, frente a uma grande massa iletrada, a Igreja se ocupou em desenvolver uma linguagem gráfica complexa que possibilitasse sua missão de inculcação, ou educação, de normas, valores, e formas de se conceber a realidade para a população (NUNES, 2012; DIAS & OLIVEIRA, 2011).

Esse desenvolvimento das formas de se representar a natureza e os elementos naturais que perpassa desde a apresentação das paisagens em segundo plano que compunham as cenas bíblicas em vitrais, pinturas e tapeçarias, até as representações anatômicas dos seres humanos e das criaturas sobrenaturais que nelas se encontravam não poderiam deixar de influenciar a forma de se conceber e pensar a realidade natural.

Ainda mais decisivo, no entanto, podem ser a combinação das traduções para dos textos científicos gregos conjuntamente com as influências da filosofia natural aristotélica presentes em tais traduções, como nas importantes obras naturalistas de Aristóteles: História dos Animais; As partes dos animais; Movimentos dos animais e Pequeno tratado de história natural, entre tantas outras obras referentes à anatomia e botânica que acabaram por se perder e versavam sobre o estudo de cerca de 400 animais que buscou classificar, tendo dissecado ao menos 50 destes, além de diversas observações anatômicas e embrionárias.

É notável que “As obras zoológicas de Aristóteles que chegaram até nós são, infelizmente, desprovidas de figuras. No entanto, em vários pontos delas ele se refere à sua obra perdida, com desenhos anatômicos” (MARTINS, 2015, p. 21).

A obra Dissecações de Aristóteles correspondem a uma coleção de materiais com diagramas anatômicos organizada em sete livros que não mais existem e que haviam sido produzidas e organizadas para uso nas aulas do filósofo (PECK apud. ARIZA & MARTINS, 2010).

Acerca das contribuições de Aristóteles para a ciência medieval, podemos destacar o que afirma Grant (2002, p. 12),

A ciência grega que, segundo a tradição, teria atingido seu ponto mais alto no Império Romano, mais não era do que uma continuação do progresso já alcançado nas ciências física e biológica na Grécia Clássica e no mundo helênico, com as obras de Platão, Aristóteles, Hipócrates, Eudócio, Euclides, Arquimedes, Apolônio de Pérgamo, Hiparco, Teofrasto e Erasítrato.

Ocorre que, da infelicidade da perda das Dissecações de Aristóteles, muitas das suas contribuições gráficas no campo das ciências biológicas podem acabar ofuscadas pelas mesmas contribuições no campo da cosmologia. Neste sentido, o historiador da ciência Roberto de Andrade Martins (2015) argumenta que é necessária uma reparação histórica quanto à importância dos estudos de Aristóteles sobre os seres vivos, que não receberam o mesmo reconhecimento em comparação a outras áreas sobre os quais o pensador grego também versou.

Essas gravuras e modelos representavam uma síntese fundamental das concepções, não somente de Aristóteles, mas de diversos filósofos naturais e comentadores de suas obras.

Como afirma Martins (2015, p. 16-17),

Aparentemente, Aristóteles não se interessava muito por minerais, pois não se conservou nenhuma obra nem menção a obras sobre esse assunto escritas por ele. Seu interesse por vegetais parece ter sido menos intenso do que pelos animais. Foram conservados fragmentos de uma obra aristotélica sobre plantas, mas não foi ele, e sim seu sucessor – Theophrastos – o grande botânico da Antiguidade. É interessante que o próprio Theophrastos escreveu também sobre minerais, complementando assim a obra do mestre. Através dessa simples enumeração das obras de Aristóteles referentes aos seres vivos, vê-se a grande amplitude da obra “biológica” do pensador grego.

Dada sua importância, essa obra também inspirou diversos comentadores, cuja importância se dá principalmente na popularização das obras destes filósofos naturalistas clássicos, ainda que ao preço de distorções e incoerências em seu processo de síntese (GRANT, 2002).

No âmbito dos tratados botânicos e zoológicos, podemos destacar Plínio, que compilou uma obra sobre História Natural em trinta e seis volumes, dos quais vinte e quatro eram dedicados a essas áreas (GRANT, 2002).

Assim, podemos dizer que,

Os enciclopedistas deram à sociedade da Antiguidade Tardia e à Alta Idade Média aquilo que se pode caracterizar como ciência “popular”. Também hoje dispomos de uma ciência popular, que varia, em qualidade, do mau ao excelente. Uma diferença crítica entre a nossa sociedade e a sociedade romana ocidental é que a ciência experimental e teórica em que se baseia a nossa ciência popular esteve ausente da ciência romana no fim da Antiguidade Tardia e na Alta Idade Média. A ciência popular no Ocidente Romano

igualava na prática a totalidade da ciência. Estava contida nos temas do quadrívio descritos pelos enciclopedistas, que merecem a nossa gratidão pelos seus esforços na preservação do que restou da ciência antiga. No entanto, não se pode negar que uma idade das trevas no que respeita à ciência descera sobre a Europa Ocidental (GRANT, 2002, p. 19).

Durante essa “idade das trevas”, restaram a tradução das obras da antiguidade clássica, para as quais, muitas vezes, possuíam apenas exemplares em árabe. Assim, somaram-se às obras clássicas as contribuições de diversos autores islâmicos.

Tais contribuições foram igualmente fundamentais para a formação universitária medieval em medicina, para a qual os estudos em astrologia e filosofia natural apresentavam um papel significativo (GRANT, 2002). De fato, as relações entre a medicina e a filosofia natural na Antiguidade e na Idade Média eram bastante profundas, pois,

Praticamente desde o seu início na Grécia Antiga, com as obras de Hipócrates, que a medicina se entrelaçou com a filosofia natural. Essa inter-relação era tão extensa que o autor hipocrático de *Sobre a Medicina Antiga* [...] defendeu mesmo que só através do estudo da medicina poderemos conhecer a natureza (GRANT, 2002, p. 182).

É interessante destacar ainda que “o currículo médico era orientado para a prática, embora os textos fossem bastante teóricos. Os estudantes adquiriam experiência prática durante o Verão, dando assistência a médicos [...]. A partir do século XIV, também se esperava que assistissem a dissecações [...]” (GRANT, 2002, p. 56).

Essa dicotomia entre a teoria e a prática na formação médica se relaciona também à própria natureza dos textos estudados, que, muito embora pudessem conter descrições bastante precisas e detalhadas das estruturas anatômicas – dentre os quais podemos destacar as traduções dos textos da antiguidade clássica, como aqueles do notório anatomista grego Herófilo (c. 335 a.C. – c. 280 a.C.), que, estudando o sistema nervoso, identificou o cérebro como centro desse sistema e sede da inteligência, além de distinguir nervos aferentes e eferentes, ou Erasístrato de Chio (310 a.C. – 250 a.C.), que realizou importantes descrições do sistema cardiovascular, e certamente são notáveis os trabalhos de Galeno, precursor da fisiologia experimental, mas cujas dissecações e vivissecações limitavam-se quase que exclusivamente a corpos de animais não-humanos – em geral não apresentavam gravuras, desenhos ou representações gráficas das estruturas,

conservando seu caráter teórico, confinando a prática ao próprio ofício médico ou às dissecações públicas.

Tal ausência de elementos gráficos, pode ser atribuída, entre outros fatores, à dependência das cópias manuscritas antes do advento da imprensa no século XV. Dessa forma, para tornar viável o trabalho dos copistas, até mesmo a linguagem escrita era submetida a processos de abreviações e codificações – além de cada cópia estar sujeita a erros e desvios próprios desse sistema – como forma de acelerar o processo e reduzir o uso de papel, de modo que a cópia de gravuras, desenhos e modelos gráficos, especialmente aqueles mais complexos referentes aos objetos de estudo biológico, dificilmente seriam reproduzidos, fazendo com que algumas cópias apresentassem tais figuras enquanto em outras estas se encontravam ausentes, simplificados ou apenas parcialmente reproduzidas (GRANT, 2002). Como destaca Grant (2002, p. 60), “mesmo quando um diagrama era incluído, os erros do copista podiam reduzir ou destruir sua utilidade [...] eram introduzidos erros em praticamente todas as fases do processo de multiplicação e disseminação dos textos”.

O desenvolvimento da imprensa tornou-se então fundamental para o desenvolvimento e popularização das representações do mundo natural, que passaram a ser reproduzidas com igual grande qualidade e vasta quantidade a partir de xilografuras e da técnica de água-forte.

Por meio da reprodução impressa se disseminaram as obras de Plínio o Velho, como a História Natural, que apresentava a descrição detalhada, incluindo etológica, dos mais diversos animais reais e fantásticos, que influenciaram tantas outras obras e bestiários medievais e renascentistas (DEBUS, 2002).

Essas impressões resultaram em trabalhos impressionantes e de grande valor tanto científico quanto artístico, com grandes ilustrações detalhadas *in-folio*, que permitiam destacar mesmo pequenos detalhes.

Como descreve Debus (2002, p. 36), “Sobre cada animal encontrava-se informação relativa a habitat, fisiologia, doenças, hábitos, utilidade e dieta. [...] O conteúdo das obras de Gesner e de Aldrovandi abarcava tudo. Apesar de as descrições de monstros serem questionáveis, quase toda a informação que pudesse ser encontrada era apresentada ao leitor” e complementa, afirmando que já ao final do século XVI “imagens de alguns dos animais mais espantosos tinham-se tornado comuns em publicações europeias, o que, no século seguinte, conduziria a

catálogos cuidadosamente preparados de animais das regiões do mundo recentemente descobertas” (p. 40).

Debus (2002, p. 37), destaca ainda a relação das obras zoológicas com a medicina, uma vez que tais informações sobre os animais não eram “menos importantes para o médico, por causa de os animais servirem de alimento ao homem, das doenças resultantes do seu veneno e do uso medicinal de partes dos mesmos.”

Nestas obras zoológicas se fazem presentes representações bastante ricas acompanhadas de descrições igualmente detalhadas de seres fantásticos, mas também de animais até pouco desconhecidos dos autores da Antiguidade Clássica, como aqueles das Américas e do Oriente (DEBUS, 2002). Podemos destacar a reprodução do rinoceronte indiano feito por Edward Topsell em 1607, que se tornou a representação gráfica mais conhecida deste animal por quase um século (DEBUS, 2002).

Tais representações possibilitaram uma grande expansão e aprofundamento do conhecimento biológico, modificando a própria classificação dos seres vivos e a forma de concebê-los, a título de exemplo podemos citar o trabalho de Belon, que “incluiu todos os animais que vivem dentro da água ou na sua proximidade. A inclusão dos cetáceos levou-o a representar o nascimento de uma orca, com a cria ligada ainda à placenta, permitindo, assim, incluir esse grupo entre os mamíferos” (DEBUS, 2002, p. 38).

Podemos dizer que os trabalhos de anatomia comparada que passaram a se desenvolver culminaram, tempos depois, em uma nova visão da diversidade natural que pôde pôr em dúvida o fixismo, lançando as bases para o pensamento evolucionista, tal como pudemos observar nas influências dos trabalhos de anatomia comparada de Georges Cuvier sobre as conclusões de Lamarck, ainda que o próprio, por diversas razões, tenha sido um grande opositor das ideias transformistas de sua época, buscando uma “terceira via” que pudesse conciliar suas observações com sua fé cristã, resultando na teoria do catastrofismo (MARTINS & BAPTISTA, 2007; FARIA, 2010).

Com o desenvolvimento de novas formas de se observar o mundo, outros tantos novos objetos – para além da anatomia, zoologia e botânica – e seres representados povoaram as publicações científicas.

Acerca disso podemos destacar o desenvolvimento da microscopia e a descoberta do mundo microscópico, a qual produziu uma grande revolução na concepção de mundo e de medicina que se tinha até então. A partir deste ponto de vista, podemos considerar o desenvolvimento da microscopia como tão ou mais revolucionário em comparação com o desenvolvimento das técnicas de observação astronômica, que haviam apenas aperfeiçoado e ampliado a capacidade de observação celeste, sem, no entanto, revelar toda uma nova realidade antes completamente desapercibida.

Tal complexidade e profundidade da revolução possibilitada pelo desenvolvimento da microscopia pode ser vista ao notarmos que esta deu origem a uma nova gama de ciências e campos de investigação como a citologia e a histologia, por exemplo, ao revelarem todo um novo grupo de objetos e fenômenos até então completamente desconhecidos, enquanto as técnicas de observação astronômicas apenas ampliaram os domínios da astronomia.

Sobre tais observações do mundo microscópico não poderíamos deixar de destacar as observações e representações inestimáveis do cientista inglês Robert Hooke (Ilha de Wight, 1635 – Londres, 1703), que,

Criou um modelo de microscópio composto que consistia em três lentes montadas em uma estrutura tubular extensível de madeira e cartão, revestida exteriormente de couro finamente decorado. O instrumento estava montado de modo a poder ser inclinado no ângulo conveniente. Concebeu igualmente para o microscópio um complexo sistema de iluminação, constituído por uma esfera de vidro cheia de água que recebia a luz de uma lâmpada de azeite concentrando-a sobre a amostra a observar. Esse dispositivo permitia uma ampliação de 30 vezes. Desse modo esse instrumento colocou-se na vanguarda da tecnologia óptica do século XVII (ALMEIDA & MAGALHÃES, 2010, p. 367).

Munido de seu instrumento de investigação da realidade microscópica, Hooke pôs-se a investigar uma ampla gama de objetos e materiais que lhe despertavam a curiosidade, cujas representações por meio de desenhos minuciosos foram reunidas na primeira grande coletânea de observações microscópicas de que se tem registro, a obra *Micrographia*, de 1665. Nela é possível notar a inclinação de Hooke para a observação biológica, uma vez que, das 60 observações que compõe sua obra, 42 são de materiais biológicos, das quais 15 são de vegetais e 27 de animais, especialmente insetos (ALMEIDA & MAGALHÃES, 2010).

Esta obra revolucionária possui uma importância ímpar na história das ciências biológicas não somente pela qualidade das observações e representações

de Hooke, mas também pela combinação de seu caráter original e das conclusões, conceitos e ideias que foram possibilitadas por elas (ALMEIDA & MAGALHÃES, 2010).

Assim, Almeida e Magalhães (2010, p. 367) propõem

uma releitura da *Micrographia* de Robert Hooke, segundo a qual a descrição da estrutura da cortiça não constitui o tema principal que o tornou participante dos debates sobre a história natural no século xvii mas, sim, outras observações, [...] [as quais] evidenciam que Hooke estava consciente dos grandes debates que se travavam na história natural da época.

Dessa forma, como já destacamos, Hooke inaugura um novo mundo microscópico com inúmeros novos objetos de investigação, investigação esta que se tornou possível não somente pelo desenvolvimento isolado de técnicas ópticas, mas por todo o conjunto de fatores históricos e contextuais, dentre os quais merecem destaque as formas de representação – e a inegável qualidade das representações de Hooke – e o processo de constituição da ciência moderna a partir das bases da ciência antiga e medieval, como conclui Martins (2011, p. 105),

Por um lado, a *Micrographia* apresenta descrições detalhadas de seres vivos, acompanhadas de desenhos, permitindo conhecer melhor alguns aspectos microscópicos dos animais e das plantas. Porém, há muito mais do que isso, nessa obra. O trabalho de Hooke não foi simplesmente um conjunto de observações ao acaso. Ele era um pesquisador experiente, tendo trabalhado com Robert Boyle e outros importantes cientistas durante muitos anos. Sabia fazer perguntas e respondê-las através da experimentação, e foi essa técnica experimental que ele trouxe para o estudo microscópico dos seres vivos.

Sendo esse conjunto de características que fez com que o trabalho de Hooke figurasse tão notável ainda que não tenha sido quem inventou o microscópio nem mesmo o primeiro a utilizá-lo.

Após Hooke, outros naturalistas, cientistas e investigadores aperfeiçoaram os aparatos técnicos da microscopia e aprofundaram seus usos, como o holandês Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) que, ao empreender modificações nos microscópios, pôde aumentar seu poder de ampliação e melhorar a qualidade das imagens, conseguindo observar espermatozoides, tecido sanguíneo e muscular, entre outros (MAZZARELLO, 1999). Ainda no século XVII, o anatomista Marcello Malpighi (1628-1694) deu início ao uso genuinamente acadêmico do microscópio, fundando o campo da Anatomia Microscópica na universidade de Bolonha, na qual

observou e descreveu diversos órgãos e estruturas humanas como o cérebro, fígado, língua, retina, pulmões e pele (BOCK, 2015).

Apesar destes avanços, as limitações da microscopia da época ainda mantiveram a histologia como uma ciência independente da observação de sua estrutura microscópica. Por exemplo,

Foi através da dissecação macroscópica e paradoxalmente sem o uso do microscópio, que Marie François Xavier Bichat (1771-1802) identificou vinte e um tecidos, dos quais sete gerais ou difusos e catorze especiais ou localizados. Bichat considerou o “tecido” como a unidade morfológica e fisiológica dos seres vivos, e os órgãos constituídos pela combinação de tecidos elementares e distintos, de forma que a função dos órgãos resultava da combinação da atividade vital dos tecidos constituintes. Esta distinção de tecidos por Bichat contribuiu para que este ainda hoje seja considerado para muitos o “Pai” da Histologia Moderna e da Anatomia Descritiva (CALADO, 2019, p. 459).

Alguns historiadores da ciência consideram que o nascimento efetivo de uma área surge a partir de sua delimitação linguística e semântica, ou seja, quando sua designação própria é determinada. Dessa forma foi apenas no século XIX que o termo “histologia” foi empregado pela primeira vez pelo fisiologista e anatomista alemão August Mayer, ainda que esta designação tenha se popularizado apenas a partir de 1844 (CALADO, 2019).

Neste mesmo século, diversos avanços técnicos promoveram considerável desenvolvimento da área, resultando, por exemplo na elaboração da Teoria Celular a partir das contribuições das observações microscópicas dos alemães Matthias Jakob Schleiden (1804–1881) e Theodor Schwann (1810-1882), ou nas notáveis contribuições do patologista polonês Robert Virchow, a quem são atribuídas importantes sínteses como a ideia de que as doenças têm origem no funcionamento anormal dos processos celulares e também a ideia de que as células dão origem umas as outras a partir do processo de divisão celular (CALADO, 2019).

Por fim, foi o desenvolvimento da microscopia eletrônica a partir de meados do século XX que proporcionou a última grande revolução no estudo dos tecidos, como esclarece Calado (2019, p. 462), “o grande impacto no desenvolvimento da Histologia foi a extraordinária invenção do microscópio eletrônico”, realizada pelos cientistas alemães Max Knoll (1897-1969) e Ernst Ruska (1906-1988) em 1931, ainda que tenha sido patenteado por Reinhold Rudenberg (1883-1961), diretor científico da Siemens pouco tempo depois.

Assim, partir das contribuições de Hooke e de tantos outros, a microscopia pode se desenvolver enquanto uma área do conhecimento tecnocientífico que influenciou fortemente o desenvolvimento de outras áreas como a histologia, definida como a ciência relacionada ao conhecimento da organização das células em tecidos. Contudo, não apenas a microscopia está relacionada ao avanço do conhecimento histológico, mas também “o desenvolvimento de várias técnicas e ferramentas que permitiram a preservação do material biológico através da fixação eficaz dos vários componentes tecidulares, bem como o desenvolvimento de técnicas de coloração, contrastação e de imunohistoquímica” (CALADO, 2019, p. 456).

Em suma, pudemos compreender de que maneira e sob quais influências as representações gráficas e modelos das estruturas biológicas e histológicas da idade moderna e contemporânea se desenvolveram.

Destacamos que a qualidade, a relevância e o tratamento dados a essas representações na modernidade não se deram por acaso ou pela mera aplicação de um instrumento tecnológico de maneira fortuita – o microscópio, por exemplo – como frequentemente se apresenta nos manuais pedagógicos e textos didáticos, mas sim por meio de um desenvolvimento histórico das maneiras de se representar a realidade natural para além da linguagem verbal.

O desenvolvimento histórico das representações biológicas foi grandemente limitado por seus suportes e formas de reprodução, as quais, inicialmente dependiam do trabalho de copistas, de modo que as descrições verbais prevaleciam sobre as gravuras e desenhos, que eram raros. Contudo, as necessidades impostas pela comunidade acadêmica, conjuntamente com o desenvolvimento de novas técnicas de reprodução como a prensa, possibilitaram a disseminação das representações gráficas como elementos importantes para o conhecimento da realidade natural biológica.

Essas reproduções são também sínteses do próprio processo de produção de conhecimento sobre a realidade natural biológica, e carregam em si as marcas deste processo e dos pressupostos que os orientam, inclusive das crenças e dos referenciais epistemológicos de cada época, como se pode notar nas representações de seres fantásticos nos bestiários medievais, ou nas distorções feitas nos animais reais, porém “exóticos”, como a fauna oriental.

Dessa forma, consideramos importante apresentar sucintamente esse processo histórico, destacando seus condicionantes e seus pressupostos, que culminaram por dar origem às representações modernas que foram decisivas para o conhecimento biológico e histológico na modernidade.

A partir dessas considerações, é que propomos uma atividade orientadora de ensino que discuta com os alunos a importância da linguagem visual na construção do conhecimento biológico e tenha como proposta e problema a representação tridimensional do tecido adiposo a partir de um conjunto de modelos de adipócitos em papercraft.

## PROPOSTA DE ATIVIDADE ORIENTADORA DE ENSINO

**Situação desencadeadora de aprendizagem:** História virtual do conceito “Hipátia e Teodósia”.

**Necessidade:** Compreender a complexidade da organização tecidual do tecido adiposo a partir de modelos em papercraft.

**Objeto do conhecimento:** Histologia e Tecido Adiposo.

**Motivo:** Compreender como se organizam as células e o material intercelular no tecido adiposo.

**Instrumentos (mediadores):** Texto de apoio, imagens ilustrativas, modelos impressos de adipócitos em papercraft.

### **Ações:**

→ Ler o texto de apoio e identificar as estruturas celulares no modelo planejado impresso;

→ Construir adipócitos tridimensionais a partir de modelos planejados em papercraft;

→ Reproduzir, coletivamente, a organização da complexidade tecidual a partir de vários adipócitos de PaperCraft e barbantes embebidos em cola branca;

→ Justificar o funcionamento da estrutura tecidual a partir de seus elementos constitutivos e sua organização própria.

**Objetivo:** Apropriação do Conteúdo sobre Histologia e Tecido Adiposo.

**Operações:** Recortar, dobrar e colar as partes que compõem o adipócito. Colar os adipócitos juntos utilizando as “fibras”;

### **História Virtual do Conceito “Hipátia e Teodósia”:**

As gêmeas Hipátia e Teodósia estudavam juntas em seu quarto no domingo a noite, elas tinham prova de ciências na manhã seguinte. Hipátia tentava explicar a organização dos tecidos animais para sua irmã, que custava a entendê-los:

- Então um tecido é só um monte de células juntas!? O que tem de tão especial nisso? - Perguntava Teodósia.

- Não é “só” isso, os tecidos também possuem uma matriz entre as células, cheias de fibras, líquidos, íons, proteínas, entre outras coisas. - Insistia Hipátia.

- Tá, mas, isso não é o de menos? O mais importante são as células, elas são a maior parte dos tecidos. - Afirma Teodósia.

- Não necessariamente, alguns tecidos têm mais matriz do que células, como o sangue, por exemplo. E a organização das células também importa, os tecidos não são só um amontoado delas como você disse. - Corrige Hipátia.

- Eu não disse que são um amontoado, disse que são um “monte”. - Replica Teodósia.

- Ah, dá na mesma. - Fala Hipátia

- Mas e o tecido adiposo? Como ele é? Eu não consigo entender por esses desenhos do livro, aqui parece tudo uma pintura abstrata toda colorida. - Diz, frustrada, Teodósia.

- Já sei! - Exclama Hipátia, entusiasmada – Lembra quando fizemos uma célula na aula de ciências?

- Eu me lembro que você se atrapalhou toda e não conseguiu montar nada – diz Teodósia com ar condescendente, torcendo o nariz.

- É verdade, ainda bem que você estava lá para me ajudar, você sempre foi melhor do que eu em artes e trabalhos manuais, e também sempre me defende quando alguém é rude ou injusto comigo. - Fala Hipátia num tom inocente e afetuoso.

Teodósia, tocada pelas palavras da irmã, finalmente dá o braço a torcer – Tá bom maninha, vou te ajudar. Como vamos entender melhor esse tecido?

- Vamos fazer a mesma coisa que fizemos na aula com o tecido adiposo! Vamos montar o tecido pra podermos ver como ele é! - Exclama Hipátia empolgada.

- Mas como vamos fazer isso? - Questiona Teodósia.

- Cada uma de nós vai montando algumas células do tecido adiposo e depois a gente junta. - Diz Hipátia.

- Ahá! Então você admite que o tecido é um monte de células juntas! - Exclama, triunfante, Teodósia.

Hipátia, já sem paciência, suspira. - Quem sabe assim você é que vai ver que não vai adiantar só juntar um monte de células, que vai faltar algo pra isso virar um tecido...

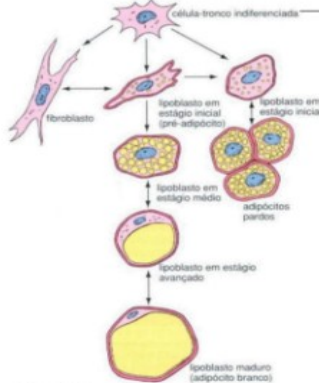
Agora é com você! Ajude as irmãs a entenderem melhor como é organizado o tecido adiposo construindo um com seus colegas de classe. Cada um monta um adipócito de papercraft e depois toda a sala os une formando um tecido adiposo com a orientação do(a) professor(a).

Dica: Você pode usar barbantes embebidos em cola branca para representar as fibras do tecido adiposo.

### Orientações:

A aula pode se iniciar com o professor apresentando o seguinte artigo [MEDRADES, J. P. Obesidade e inflamação: o que acontece no tecido adiposo. **Revista Blog do Profissão Biotec**, v.9, 2022. Disponível em: <<https://profissaobiotec.com.br/obesidade-inflamacao-acontece-no-tecido-adiposo/>>, e iniciando um debate sobre a relação da nossa saúde com o funcionamento do tecido adiposo.

Durante esse momento o professor pode questionar o que os alunos compreenderam e o que não compreenderam nessa manchete, buscando avaliar e definir coletivamente os conceitos centrais de histologia, além das relações que os tecidos possuem, seja entre seus componentes, seja entre o tecido e os níveis hierárquicos superiores e inferiores.



originadas no embrião a partir de células derivadas do mesênquima (lipoblastos) armazenam triglicerídios em uma única gotícula de gordura, a qual ocupa praticamente todo espaço da célula, deslocando o núcleo para a periferia da célula. Inicialmente essas gotículas são separadas uma das outras, as quais se fundem em uma única gotícula. Além disso, também apresentam septos de vasos e nervos dos quais partem fibras reticulares de colágeno que dão sustentação ao tecido.

Os lipídios dessas células são hidrolisados por enzimas originando ácidos graxos e glicerol, os quais são liberados das células quando necessário, seguindo para os capilares e distribuídos para todo corpo, onde serão utilizados como fonte de energia. Os triglicerídios das células são originados pela absorção por meio da alimentação ou oriundos do fígado ou ainda da síntese das próprias células adiposas.

O tecido multilocular é raro em humanos adultos, existindo em recém nascidos, já que auxiliam na termo-regulação, e em animais que hibernam, uma vez que liberam calor para acordar esses animais da hibernação. São formados por células que contêm numerosas gotículas de gordura em seu citoplasma e uma grande quantidade de mitocôndrias, responsáveis pela produção de calor, ao invés de produzirem trifosfato de adenosina (ATP). Suas células são menores do que as do tecido unilocular. Não ocorrem neofomações no tecido multilocular e nem a transformação de um tipo de tecido em outro, sendo por esse motivo que sua quantidade nos humanos adultos é tão baixa, embora seja maior naqueles indivíduos que vivem em regiões mais frias do que aqueles que vivem em regiões mais quentes. A cor característica do tecido multilocular é devido a vascularização abundante e a grande quantidade de mitocôndrias, as quais apresentam uma coloração avermelhada.

**Curiosidade**

A obesidade pode ser classificada em dois tipos, obesidade hipertrófica, quando as células adiposas aumentam de tamanho por causa do armazenamento de gordura e tem início na fase adulta; e obesidade hiperplástica, caracterizada pelo aumento do número de adipócitos causados pela superalimentação de recém-nascidos nas primeiras semanas de vida e frequentemente dura a vida toda.

Figura 4: Excerto do material de apoio para a instrumentalização que acompanha o produto (Acervo pessoal)

Em seguida, o professor pode realizar a leitura conjunta e comentada do material de apoio que acompanha o nosso produto e que se encontra nos apêndices deste texto. A partir desse material o professor pode apresentar aos alunos o

processo lógico-histórico do desenvolvimento da Histologia enquanto área do conhecimento assim como da construção desse conhecimento histológico ao longo da história, destacando o papel da microscopia e a participação dos cientistas notórios apresentados no capítulo anterior.

Neste momento pode ser interessante apresentar aos alunos imagens dinâmicas (GIFs) ou vídeos curtos de simulações e modelos do funcionamento de diversos tecidos para que possam compreender a dinâmica própria desse nível de organização.

Após isso, os alunos devem ler a História Virtual do Conceito “Hipátia e Teodósia”, que os apresentará um problema a ser resolvido. O professor deve explicar aos alunos que para isso eles devem realizar o caminho inverso do estudo dos tecidos, partindo do nível hierárquico inferior – as células – para construir um tecido adiposo em três dimensões a partir de modelos planejados em papercraft (parte do produto).



*Figura 5: Registro fotográfico da aplicação da AOE em uma classe de 8º ano do E.F. de uma escola do Sistema Municipal de Ensino de Bauru (Acervo pessoal)*

O professor deverá circular por entre os grupos para auxiliar na interpretação de cada componente celular encontrado nos modelos planejados, para realizar perguntas – inclusive aquelas relativas à contextualização e representação do modelo as quais estão presentes também no material instrucional para o professor

que acompanha nosso produto – incentivar o debate, estimular a elaboração de hipóteses e sanar dúvidas.

Abaixo seguem fotos da versão inicial do produto utilizado nesta sugestão de situação desencadeadora da aprendizagem.



Figura 6: Versão inicial dos produtos elaborados (Acervo pessoal)

## PRODUTO EDUCACIONAL: Processo de elaboração e construção do modelo didático

Neste capítulo descreverei o processo de concepção e desenvolvimento do modelo didático, bem como a trajetória desde suas primeiras versões até estar completo.

Inicialmente, a ideia do produto era a de um conjunto de modelos didáticos em três dimensões feitos com porcelana fria ou *biscuit*, composto de um modelo de célula adipócita e um modelo de tecido adiposo (ver figuras 6, 7 e 8), acompanhado de um material de apoio contendo informações importantes para os professores (ver figura 4), como as potencialidades do uso dos modelos, aspectos problemáticos para os quais precisariam estar atentos (por exemplo, evitar a formação de obstáculos epistemológicos pelo uso dos modelos), sugestões de sequências didáticas com os modelos e instruções de como os modelos são elaborados para que o docente adquirisse autonomia e pudesse produzir os próprios modelos adaptados à sua realidade e às necessidades de seus alunos.



*Figura 7: Modelo de adipócito (acervo pessoal)*

A escolha desse tipo de modelo didático se deu pois estes podem ser produzidos pelos próprios docentes a partir de suas necessidades (diferentemente de softwares educacionais ou outros materiais que já se encontram prontos, por exemplo) com materiais de baixo custo (como massa de *biscuit*, por exemplo), de

maneira inclusiva (pois podem ser adaptados para as necessidades de alunos com deficiências, como permitir a manipulação tátil de uma estrutura que é frequentemente representada apenas ilustrativamente como uma célula para alunos com deficiência visual, por exemplo), podem ser utilizados em diferentes contextos e na própria sala de aula (não necessitando de condições ou locais específicos, como um laboratório, que muitas vezes é necessário para algumas atividades experimentais), permitem a interação do aluno com o objeto do conhecimento que está estudando favorecendo uma postura ativa, tornam aspectos abstratos e de difícil visualização em formas concretas e manipuláveis, facilitando o processo de aprendizagem, além de atuarem de modo a motivar os alunos ao permitirem uma dinâmica diferente das aulas exclusivamente expositivas. Todos esses elementos fizeram com que os modelos se tornassem um recurso recorrente em minhas aulas ao longo dos anos, com resultados muito positivos. Além do material permitir uma durabilidade maior.



*Figura 8: Modelo de tecido adiposo (acervo pessoal)*

Contudo, apesar do grande potencial destes modelos, em conversas com o orientador, concluímos que havia uma importante dimensão da confecção deles que não havíamos considerado inicialmente, a dificuldade e tempo de produção. Assim, muito embora pudéssemos dizer que se configuram como materiais de baixo custo,

não podemos dizer que são materiais acessíveis, pois mesmo que sejam economicamente acessíveis, requerem um grande tempo e habilidade para sua confecção. Considerando a realidade das condições de trabalho da maioria dos professores, em que muitos dos quais possuem jornadas duplas ou até triplas de trabalho, com turmas numerosas, muito tempo dispendido com a burocracia inerente ao trabalho (como o preenchimento de diários de classe, digitação de notas, elaboração de relatórios, elaboração de adaptações curriculares, entre outros), etc., concluímos que os modelos em porcelana fria não seriam viáveis e que talvez nem chegassem a ser reproduzidos. Mesmo os modelos que já utilizo em minha rotina só foram possíveis devido ao trabalho da minha esposa que possui maior habilidade na manipulação deste material, e muitos levaram semanas para serem finalizados, outros necessitaram de algumas tentativas prévias até se obter o resultado desejado.

Outro fator importante que nos levou a repensar o produto foi o envolvimento dos alunos em sua produção, uma vez que, no caso dos modelos em porcelana fria, estes teriam contato apenas com o material pronto e estático, recaindo sobre o professor toda a nossa orientação quanto à confecção e aplicação do produto. Em outras palavras, ainda que nossos objetivos estivessem centrados nos alunos, nosso produto estava centrado, quase que exclusivamente, nos professores.

A partir disso buscamos por uma alternativa que conservasse as principais vantagens supracitadas, mas que pudessem superar estas limitações. Foi neste contexto que optamos pelo uso da técnica chamada de papercraft, que consiste em uma modelagem em três dimensões utilizando papel ou papelão como matéria-prima, a qual tivemos contato anteriormente na construção de modelos didáticos dinâmicos dos modelos geocêntrico e heliocêntrico para o ensino de astronomia em um curso de formação continuada que ministramos para os professores do Sistema Municipal de Educação de Bauru.

Com esta técnica é possível se produzir modelos tridimensionais que conservam as mesmas características essenciais e vantagens daqueles em porcelana fria, com exceção da durabilidade, mas de modo muito mais acessível e com outras vantagens. Muito embora o papel possa ser considerado a primeira vista como um material “menos nobre” devido à sua fragilidade, a técnica do papercraft consegue utilizá-lo em seu pleno potencial como matéria-prima para a modelagem.

O primeiro passo para elaboração do modelo didático foi a escolha do tecido adiposo a ser recriado e representado, em virtude de existirem dois tipos de tecidos, o unilocular, também chamado de amarelo, e o multilocular, ou marrom. Não se tratou de uma escolha difícil, uma vez que o segundo tipo é raro em humanos adultos, haja vista estar presente, predominantemente, em recém-nascidos e em relação aos demais animais, é frequente apenas naqueles que hibernam, pois tem função de termorregulação, auxiliando na liberação de calor para despertá-los da hibernação.

Escolhido o tecido adiposo, foi realizada uma pesquisa e levantamento de imagens reais de microscopia óptica e eletrônica do mesmo, para que pudéssemos ter uma visão mais fidedigna de como esse tecido se apresenta na realidade; e de imagens das células adipócitas que o compõem, além de um estudo mais pormenorizado sobre seus componentes celulares, suas localizações aproximadas dentro da célula, seus tamanhos e cores, tendo em vista a tentativa de criação de um modelo que se aproximasse ao máximo da realidade em relação a esses elementos.

Após termos realizado essa etapa, delimitados quais os elementos que se apresentariam em três dimensões no modelo, uma vez que seria inviável a construção em 3D de todos os componentes celulares da célula adipócita (núcleo, citoplasma, mitocôndria, retículo endoplasmático rugoso, complexo golgiense, membrana plasmática e reserva de gordura). Assim, optamos por representar o componente celular que é característico dessa célula, a reserva de gordura; os demais componentes celulares estariam presentes, mas em representação 2D, no citoplasma celular. Além da reserva de gordura, o envoltório celular também seria representado em 3D, para que pudesse acomodar essa reserva e proporcionar uma visão menos distorcida do adipócito.

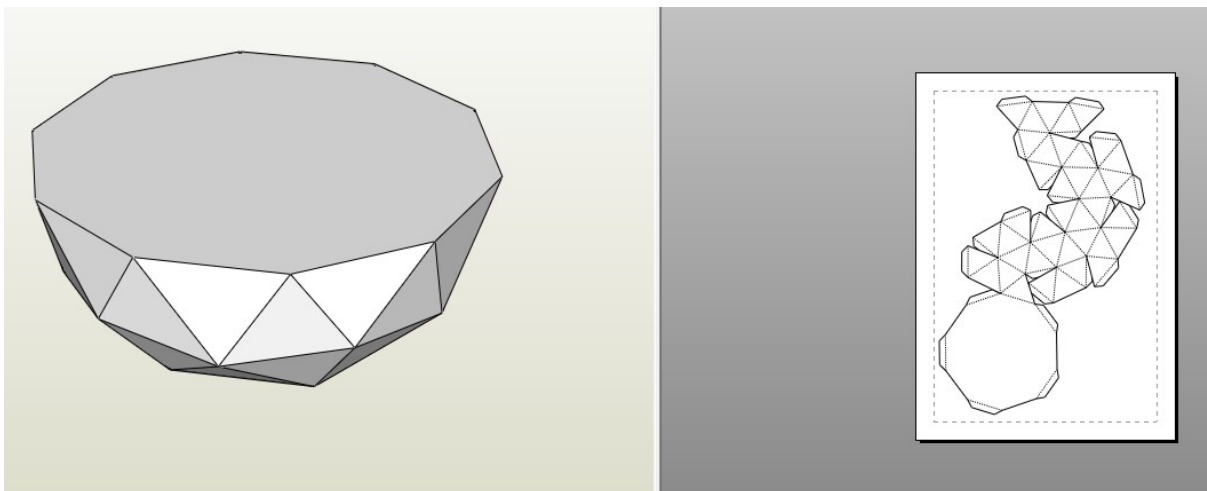
Para construção dos componentes do modelo em 3D, utilizamos o Blender, um software que permite a criação de modelos 3D de forma gratuita por meio de um código aberto. Foram criados dois modelos nesse software, a base da célula e parte da reserva de gordura, uma vez que a intenção era de que no modelo parecesse que foi realizado um corte transversal na célula, preservando apenas a reserva, que estaria exposta.

Como havia a preocupação com a posição dos elementos celulares e considerando a dificuldade de criação de modelos no Blender (ferramenta que até

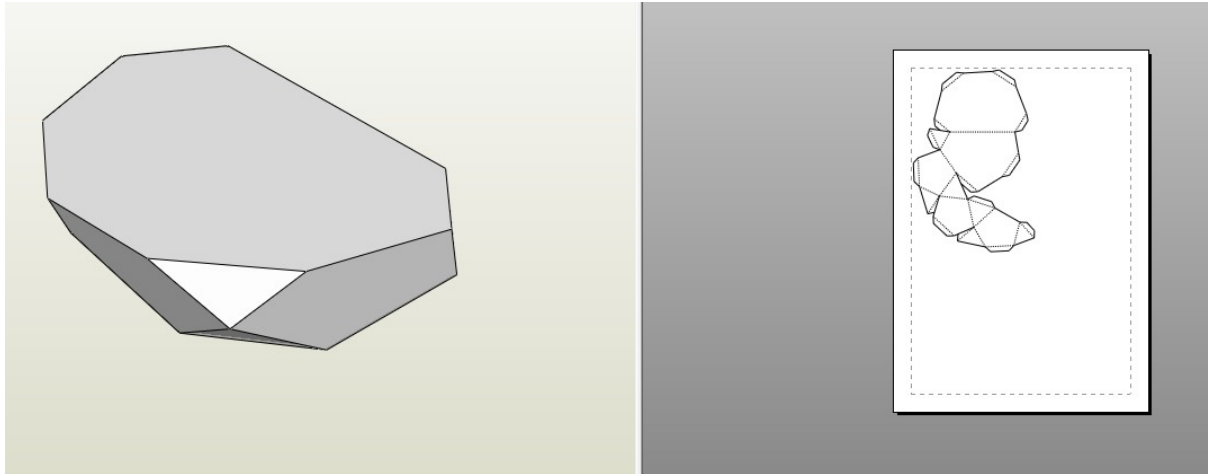
então não tínhamos domínio), optamos pela criação de dois modelos de forma independentes, uma vez que alinhar as estruturas dentro de um único modelo representaria uma tarefa extremamente árdua e desnecessária, até certo ponto, pois esse alinhamento poderia ser realizado de forma manual posteriormente, já que representar todas estas estruturas da célula dentro de um papercraft e garantir a sua visibilidade, mantendo ao mesmo tempo o nível necessário de interatividade e envolvimento sem complicar o desdobramento ou a reconstrução, coloca desafios de fabricação significativos, os quais não tínhamos capacidade de resolver sem demandar um tempo de aprendizado do qual não disporíamos.

Concluída essa etapa, a qual ainda demandou bastante tempo mesmo com as escolhas feitas, era necessário realizar a conversão desses modelos 3D para modelos 2D. Para tal, utilizamos o Pepakura Designer, um software que permite criar padrões dobrados a partir de modelos 3D utilizando malha de polígonos.

A utilização desse programa não revelou grandes desafios, uma vez que tendo o modelo em 3D, o software realiza de forma autômata a sua conversão, como podemos ver nas figuras 9 e 10. Entretanto, muito embora sua utilização tenha se dado de forma extremamente mais branda do que o primeiro software utilizado, esse segundo apresenta um obstáculo que não é resolvido com a aprendizagem na utilização, como o imposto no primeiro, mas sim um obstáculo financeiro, haja vista não se tratar de um software gratuito e não havermos encontrado outro que realize função semelhante e fosse de código aberto.

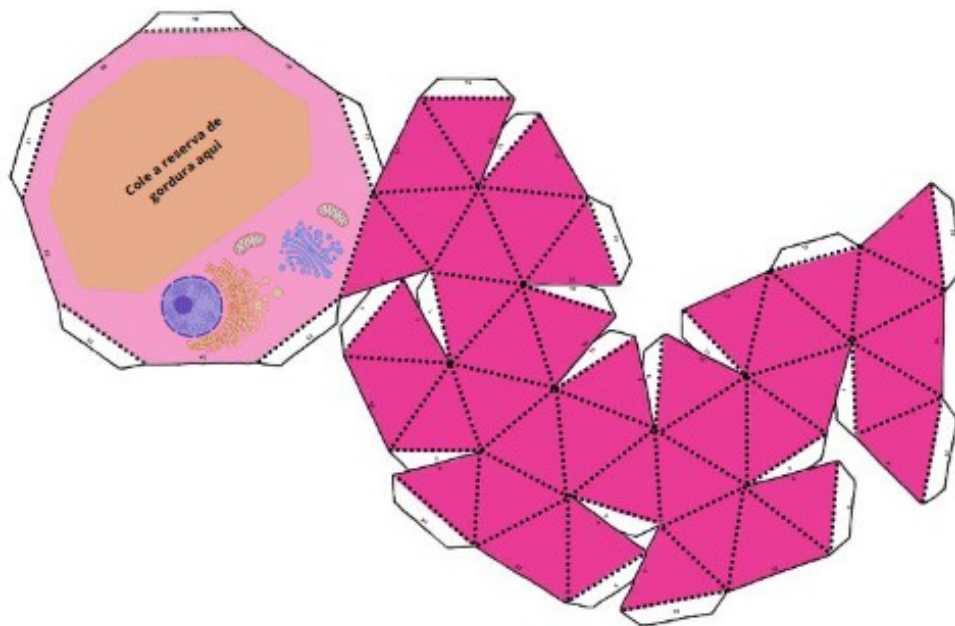


*Figura 9: Modelo celular no Pepakura (acervo pessoal)*



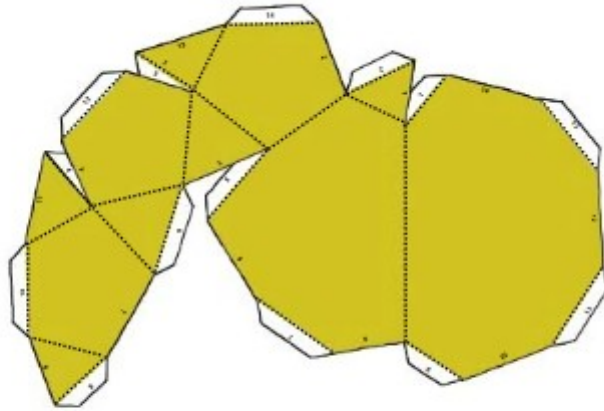
*Figura 10: Modelo da reserva de gordura no Pepakura (acervo pessoal)*

A partir desse momento, com os modelos de dobradura prontos, foi utilizado o software Adobe Photoshop para finalizá-los, dando a cor, ressaltando os pontilhados, a numeração para auxiliar na dobradura e incluindo os elementos restantes, como as mitocôndrias, o núcleo, o retículo endoplasmático rugoso e o complexo golgiense, assim como a localização de onde deve ser colada a reserva de gordura (ver figuras 11 e 12). Também se trata de um programa pago, porém, existem outros semelhantes e gratuitos que podem ser utilizados no lugar desse. A opção pelo Adobe Photoshop se deu devido à familiaridade na utilização do mesmo pelos autores.



**Célula adipocita**

*Figura 11: Modelo de célula adipócita (acervo pessoal)*



**Reserva de gordura**

*Figura 12: Modelo de reserva de gordura (acervo pessoal)*

Após estes processos obtivemos como resultado final um adipócito tridimensional pronto como pode ser observado na imagem abaixo.



*Figura 13: Modelo didático tridimensional de adipócito em PaperCraft finalizado (Acervo pessoal)*

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como dito anteriormente, três semanas após ao desenvolvimento da AOE com os alunos foi aplicado um questionário para a coleta de dados e a validação da mesma. Desse questionário selecionamos as respostas dadas à segunda questão para análise. As respostas dadas à questão foram analisadas a partir do método do materialismo histórico dialético, realizando-se processos de análises e sínteses, a partir dos quais pudemos apreciar o conteúdo semântico de cada resposta em relação a seu contexto de produção imediato e histórico.

Após o processo analítico de identificação do significado latente em cada questão, foi realizado um processo sintético que permitiu a categorização das respostas a partir de seu conteúdo segundo os seguintes princípios: a) Exclusão mútua - “Esta condição estipula que cada elemento não pode existir em mais de uma divisão” (BARDIN, 1977, p. 120); b) Homogeneidade - “Um único princípio de classificação deve governar a sua organização” (BARDIN, 1977, p. 120), ou seja, buscamos seguir processos e critérios de categorização semelhantes em todas as respostas analisadas e; c) Pertinência - “uma categoria é considerada pertinente quando está adaptada ao material de análise escolhido, e quando pertence ao quadro teórico definido” (BARDIN, 1977, p. 120), este princípio garante que as categorias estão adequadas ao nosso objeto de investigação e nosso quadro teórico.

Este processo permitiu a criação de 4 categorias: a) Elementos intercelulares; b) Funcionalidade; c) Organização tecidual e; d) Interação entre elementos.

A primeira categoria é aquela que faz menção à presença dos elementos intercelulares ou extra-celulares como as fibras presentes nos tecidos. As questões que se enquadram nesta categoria possuem seu núcleo semântico significativo nestes elementos, ou seja, destacam que os tecidos são mais do que meros conjuntos de células pois possuem outros elementos além destas. Podemos ver como exemplo desta categoria a resposta de A10 “*Porque as células necessitam de fibras para ligar uma célula a outra, formando um organismo.*”

Esta primeira categoria revela um importante obstáculo, pois apesar de demonstrar um conhecimento por parte dos alunos da estrutura tecidual e de seus elementos intercelulares ainda conserva a mesma compreensão epistemológica reducionista, como se os tecidos fossem hierarquicamente superiores às células

apenas por apresentarem um elemento a mais, há apenas uma mudança quantitativa, mas não qualitativa, entre células e tecidos.

A segunda categoria faz referência aos processos funcionais dos tecidos, os quais seriam distintos das células isoladas. Tal categoria é mais abrangente e complexa que a anterior pois abarca desde concepções mais complexas – como a percepção de que os tecidos são definidos a partir da função que desempenham entre um nível hierárquico celular inferior (singularidade) e o nível superior dos órgãos, sistemas e organismo (universalidade), o que pode ser visto, ainda que superficialmente, na resposta de A9 “*O tecido protege a gente de diversas maneiras, existindo vários tecidos e são a junção de células que envolvem nosso corpo e nos ajudam por dentro também, tem tecido adiposo, e muscular.*” – até aquelas mais simples – como apenas unidades semelhantes às células, mas que se diferenciam destas apenas por possuírem funções distintas no organismo, tal como na resposta de A15 “*Os tecidos tem a função de sustentar o corpo, eles tem a função paresida (eu acho) são responsáveis por prevenir os dodois.*”

Contudo, apesar deste espectro no qual estão distribuídas as respostas desta categoria, todas elas possuem a funcionalidade do tecido como aspecto de destaque e representam, de forma maior ou menor, um avanço em relação a concepção anterior por apresentarem os tecidos em relação a uma totalidade (organismo) e sua função nesta.

Um importante elemento para a formação deste espectro mais amplo é, provavelmente, a capacidade de abstração de cada sujeito, uma vez que em alguns a compreensão dos tecidos a partir de sua função se dá pela proximidade dessa última com o nível diretamente observável do organismo e sua saúde. Os tecidos são compreendidos, então, a partir da experiência empírica da sensação do próprio corpo e do funcionamento de suas partes. Enquanto que nos sujeitos com maior capacidade de abstração é possível a desvinculação dessa experiência imediata rumo a representações mediadas pelo conhecimento científico (signos), como por exemplo a relação entre as funções e os tipos de tecidos citados por A9.

A terceira categoria possui como núcleo semântico a organização dos tecidos, cuja essência não se encontra em cada uma das partes isoladamente, representando assim um avanço em relação a anterior, como podemos observar na resposta de A13 “*Pois as células se organizam maneiras específicas e coordenada para desempenhar funções especializadas. Elas se agrupam e se diferenciam em*

*diferentes tipos de célula, formando tecidos que possuem características e funções específicas. E essa organização permite que os tecidos desempenhe suas funções de forma mais eficiente e coordenada no organismo.”.*

Esta categoria já possui um alto grau de abstração inerente pois já considera que o todo é mais do que a soma de suas partes e destaca um aspecto que não é tão evidente ou acessível empiricamente de forma direta. Neste caso, a mediação do modelo didático tridimensional favorece com que o aluno conceba e compreenda esta perspectiva, atuando como um importante instrumento, juntamente aos signos, para o desenvolvimento da abstração e a construção de uma compreensão dialética e complexa do objeto epistêmico “tecido animal”.

A última categoria é aquela na qual a própria interação entre as partes recebe destaque mais do que as partes em si, como na resposta de A5 *“Porque um ‘amontoado de células’ não tem como sobreviverem sozinhas, elas precisam de ‘sustento’, oxigênio, vitaminas, etc. Compartilhando isso entre si pelo seu ligamento. Fazendo-as não serem um amontoado de células, apenas.”.* Esta concepção, assim como a anterior, requer alto grau de abstração e possivelmente ainda mais do que aquela, pois destaca um aspecto que não é visível e não encontra-se representado pelo modelo didático de maneira direta, mas requer, em conjunto com este e para além dele, o uso dos conceitos científicos, assim como a própria compreensão do metabolismo celular e da dinâmica tecidual.

Possivelmente por sua complexidade, houve apenas uma única resposta que se enquadrou nesta categoria (representando aproximadamente 7% das respostas). Contudo, muito embora as categorias tenham sido apresentadas sequencialmente estas não devem ser interpretadas como possuindo uma hierarquia linear simples. Como dito anteriormente, algumas categorias apresentam dentro de si um espectro variável, com respostas que podem se igualar ou superar, em complexidade, respostas de outra categoria apresentada posteriormente neste texto. Assim como ambas as últimas categorias aqui expostas apresentam níveis semelhantes de complexidade, havendo diferenças quanto às funções psíquicas predominantemente evocadas (pensamento e/ou abstração, por exemplo) em sua concepção.

Quanto as demais categorias, do total das 15 respostas, 4 se enquadram na primeira categoria, representando aproximadamente 27% das respostas, sendo a segunda mais numerosa, enquanto que a segunda categoria é a mais prevalente,

com 6 respostas (40%). E a terceira categoria obteve 2 respostas, o que representa aproximadamente 13% das respostas.

### Distribuição das Respostas por Categorias

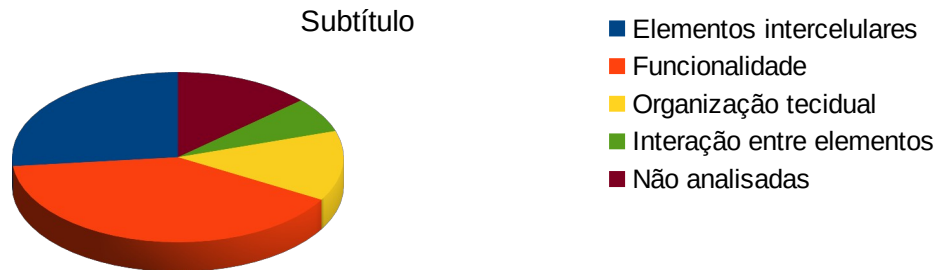


Figura 14: Gráfico de Distribuição das Respostas por Categorias – Elaboração própria.

Além destas, duas respostas não se enquadraram em nenhuma categoria. A resposta de A6 “*Porque não era pra ser assim*”, que registou esta resposta após perguntar ao professor-pesquisador se aquela atividade consistiria em uma atividade de avaliação somativa (contabilizando uma nota para o bimestre), ao que foi respondido negativamente, mas foi pedido que evitasse deixar a resposta em branco. Logo, a resposta dada não foi categorizada pois poderia tratar-se tanto de uma incapacidade de resposta ou incompreensão da questão – que seriam significativas para a avaliação da SDA e dos modelos didáticos – quanto fruto de outros aspectos subjetivos como falta de motivação para responder ao questionário – o que não seria significativo para a avaliação da SDA, pois não se tratava de motivação para o envolvimento da atividade de estudo do aluno(a), uma vez que este(a) apresentou-se motivado(a) na atividade, apenas não esteve disposto(a) no momento da resposta ao questionário.

A segunda resposta não categorizada foi a de A8 “*Ele é um tecido que protege as pessoas como por dentro e por fora e existe vários tipos. (FALTEI ESSE DIA)*”, pois este sujeito não esteve presente no dia do desenvolvimento da SDA, ainda que sua resposta seja interessante para ser apreciada comparativamente às demais, apresentando grandes diferenças, o que indica a relevância que a SDA teve nas concepções e na aprendizagem dos alunos, mesmo que esta tenha sido um momento pontual e de curta duração (apenas uma aula dupla).

Este último aspecto merece destaque uma vez que a SDA foi aplicada de forma um tanto quanto descontextualizada, pelas imposições dos prazos para a realização da pesquisa, no primeiro semestre letivo, enquanto os conteúdos de histologia animal estavam previstos para serem trabalhados com os alunos apenas no segundo semestre letivo de 2023 a partir do Currículo Comum Municipal. No momento da aplicação da SDA os alunos ainda não haviam tido nenhum contato com o ensino de Histologia até então.

Frente a esses dados e considerações, acreditamos que caso a SDA fosse aplicada em um momento mais oportuno e contextualizado na grade curricular os resultados no desenvolvimento das concepções dos alunos seriam ainda mais expressivos, possivelmente com uma proporção maior de respostas nas últimas categorias apresentadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos este trabalho com a afirmação de que não podemos pensar numa efetiva superação dos problemas da educação, sem passar pela formação docente (inicial e continuada). E, por sua vez, não podemos pensar numa formação de qualidade, sem passar por uma valorização profissional (base material) e uma proposta formativa que alie e articule teoria e prática pedagógicas de maneira crítica.

Contudo, da mesma maneira, não podemos pensar o trabalho e a atividade do professor de forma desvinculada e desarticulada da atividade do aluno. Dificilmente conseguiremos apresentar propostas pedagógicas e recursos didáticos efetivos sem uma perspectiva crítica e articulada que possa dar conta da totalidade e complexidade do fenômeno educativo e que o compreenda como síntese de múltiplas determinações.

O resultado do trabalho pedagógico depende de inúmeros fatores que vão desde as políticas públicas para a educação, a valorização da profissão e dos profissionais docentes, às condições subjetivas de motivação dos estudantes, de seus processos cognitivos e afetivos, das condições objetivas das salas de aula, entre tantas outras.

Foi a partir da consideração dessa complexidade, do problema da articulação destes múltiplos elementos e da necessidade de propostas e atividades viáveis e de qualidade que se inseriu o presente trabalho.

A articulação dos elementos do materialismo histórico-dialético e da Teoria Histórico-Cultural sobre a atividade docente e a atividade de estudo com os elementos da história da ciência e o uso de modelos didáticos buscou suprir essas necessidades e problemas e figurar como uma alternativa real, concreta – no sentido de uma compreensão da realidade mediada pela abstração da teoria, se tornando um concreto pensado – viável e efetiva para o trabalho dos professores. Uma proposta que fosse além do ativismo vazio – tal como pressupõem as chamadas metodologias ativas ou as pedagogias do “aprender a aprender” – e do verbalismo impraticável e inacessível. Nosso processo investigativo e criativo culminou então em uma AOE que pudesse ao mesmo tempo instrumentalizar e orientar tanto professores quanto alunos em suas respectivas atividade, conferindo sentido a elas e fornecendo motivação para ambos os sujeitos.

A SDA da história virtual do conceito permitiu contextualizar o conteúdo, motivar os alunos e mobilizar tanto conhecimentos prévios quanto trazer a necessidade da apropriação do conhecimento científico para a resolução da situação proposta. Além disso os modelos didáticos permitiram a participação ativa dos alunos, estimularam a testagem de hipóteses e o trabalho coletivo, além de serem alternativas muito acessíveis e de fácil utilização.

Toda a AOE foi desenvolvida em apenas uma única aula dupla, apresentando resultados bastante positivos, especialmente para um momento tão breve e pontual, apresentando limitações frente à descontextualização curricular que foi necessária devido a restrições temporais. Assim sendo, ao ser incorporada no planejamento do trabalho pedagógico pelos docentes, acreditamos que nossa proposta pode trazer resultados muito positivos e contribuir de maneira significativa para a prática pedagógica dos professores que dela se apropriarem, alcançando assim todos os nossos objetivos propostos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Argus Vasconcelos de; MAGALHÃES, Francisco de Oliveira. Robert Hooke e o problema da geração espontânea no século XVII. **Scientiæ zudia**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 367-88, 2010.
- ARIZA, Fabiana Vieira; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. A scala naturae de Aristóteles no tratado De Generatione Animalium. **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 1, p. 21-34, 2010.
- BACHELARD, Gaston. La formation de l'esprit scientifique. Paris: J. Vrin, 1947. Tradução por Estela dos Santos Abreu. A formação do espírito científico. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BAIGRIE, Brian Scott (ed.). **Picturing knowledge**: historical and philosophical problems concerning the use of art in science. Toronto: University of Toronto Press, 1996.
- BARDIN. L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Editora Edições 70, 1977.
- BOCK, Ana Mercês Bahia. Perspectivas para a formação em psicologia. **Psicologia Ensino & Formação**, v. 6, n. 2, p. 114-122, 2015.
- CACHAPUZ, António, GIL-PEREZ, Daniel, CARVALHO, Anna Maria Pessoa de, PRAIA, João, & VILCHES, Amparo. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CALADO, Ana Margarida. História do Ensino de Histologia. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 20, p. 455-466, 2019.
- CAMPOS, Kelly Regina Silva. **As contribuições de Albert Calmette para o desenvolvimento da vacina contra a tuberculose-BCG (1905-1933)**: o estudo de um episódio histórico e o ensino de Ciências. (Dissertação) Mestrado em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Unesp – Bauru, 2017.
- COSTA, Palmira Fontes da. A visualização da natureza e o entendimento do mundo vivo. **Filosofia e História da Biologia**, v. 1, p. 247-269, 2006.
- DE SÁ, Lucas Vivas; MESSEDER NETO, Hélio da Silva. TEORIA DA ATIVIDADE EM FOCO: ENLACES COM A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE QUÍMICA. **Revista Contexto & Educação**, v. 35, n. 110, p. 23-43, 2020.
- DEBUS, Allen George. **O homem e a natureza no renascimento**. Porto: Porto Editora, 2002.

DIAS, Ivone Aparecida UEM; OLIVEIRA, Terezinha. A educação pelas imagens religiosas ou a necessidade de educar os sentidos e a sensibilidade no período medieval. **Seminário de Pesquisa do PPE**. Universidade Estadual e Maringá, 2011.

DUARTE, N. Conhecimento tácito e conhecimento escolar na formação do professor (por que Donald Schön não entendeu Luria). **Educação & Sociedade**, v. 24, n. 83, 2003.

DUARTE, N. **Os conteúdos escolares e a ressurreição dos mortos**: contribuição à teoria histórico-crítica do currículo. Campinas: Autores Associados, 2016.

DUARTE, N. **Vigotski e o “aprender a aprender”**: crítica às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana. Campinas: Autores Associados, 2001.

FACCI, M. G. D. **Valorização ou esvaziamento do trabalho do professor?** Um estudo crítico-comparativo da teoria do professor reflexivo, do construtivismo e da psicologia vigotskiana. Campinas: Autores Associados, 2004.

FARIA & FERREIRA, História da ciência no livro didático – investigando a contribuição de Rosalind Franklin para o entendimento da estrutura do DNA. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio** - ISSN: 1982-1867 - vol. xx, *no prelo*, 2021.

FARIA, F. Felipe A. Georges Cuvier: história natural em tempos pré-darwinianos. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 17, n. 4, p. 1031-1034, 2010.

FERREIRA, Marilane de Jesus; ANDRADE, Mariana Aparecida Bologna Soares de. Dupla hélice: a construção de um conhecimento. **Revista Polyphonia**, v. 25, n. 2, p. 119-133, 2014.

GONÇALVES, Marco Aurélio Clemente; PINHEIRO, Mariele Regina. Três momentos da ciência, três desfechos surpreendentes: similaridades e disparidades no percurso do descobrimento. **Rev. Ciênc. Desenvol**, v. 10, n. 1, p. 197-208, 2017.

GRANT, Edward. **Os fundamentos da ciência moderna na idade média**. Porto: Porto Editora, 2002.

HENRY, John. **A revolução científica**. Zahar, 1998.

KUHN, Thomas Samuel. **The structure of scientific revolutions**. University of Chicago press, 2012.

LAVOURA, T. N.; MARTINS, L. M. A dialética do ensino e da aprendizagem na atividade pedagógica histórico-crítica. **Interface-Comunicação, Saúde, Educação**, v. 21, n. 62, p. 531-541, 2017.

LEONTIEV, A. N. **Actividad, consciencia y personalidad**. México: Editorial Cartago de México, 1984.

LEONTIEV, A. N. **Las necesidades y los motivos de la actividad**. In: SMIRNOV, Anatoliï Aleksandrovich et al. *Psicología*. Barcelona: Grijalbo, 1978.

LEONTIEV, A. N. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Livros Horizonte, 2004.

LEONTIEV, A. N.. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Horizonte Universitário, 1978.

LOPES, Alice Casimiro. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 248-273, 1996.

MARTINS, L. M. **A formação social da personalidade do professor**. Campinas: Autores Associados, 2007.

MARTINS, L. M.; DUARTE, N. (org.). **Formação de professores**. Limites contemporâneos e alternativas necessárias. São Paulo: Editora Unesp, 2010.

MARTINS, Lígia Márcia. **A constituição histórico-social da subjetividade humana**: contribuições para a formação de professores. MILLER, S.; BARBOSA, MV; MENDONÇA, SGL *Educação e Humanização: as perspectivas da teoria histórico-cultural*. Jundiaí, SP: Paco Editorial, p. 97-110, 2014.

MARTINS, Ligia Marcia. Os fundamentos psicológicos da pedagogia histórico-crítica e os fundamentos pedagógicos da psicologia histórico-cultural. **Geminal: marxismo e educação em debate**, v. 5, n. 2, p. 130-143, 2013.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; BAPTISTA, Ana Maria Haddad. Lamarck, evolução orgânica e tempo: algumas considerações. **Filosofia e História da Biologia**, v. 2, p. 279-296, 2007.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Aristóteles e o estudo dos seres vivos**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

MARTINS, Roberto de Andrade. Robert Hooke e a pesquisa microscópica dos seres vivos. **Filosofia e História da Biologia**, v. 6, n. 1, p. 105-142, 2011.

MARX, Karl & Engels, Friederich. **O Capital – Livro 1: Crítica da economia política**. Livro 1: O processo de produção do capital. Boitempo Editorial, 2015.

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. **O Capital**: crítica da economia política, Livro I, Volume I, Tradução de Regis Barbosa e Flávio R. Kothe, 3ª ed., São Paulo, Nova Cultural, 1988.

MAZZARELLO, Paolo. A unifying concept: the history of cell theory. **Nature cell biology**, v. 1, n. 1, p. E13-E15, 1999.

MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. **O conceito de organismo**: uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de biologia. 2009. 254 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências de Bauru, 2009.

MORAES, S. P. G. **Avaliação do processo e ensino e aprendizagem em matemática**: contribuições da teoria histórico-cultural. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo: SP, 2008.

MOURA, M. O. de; LANNER de MOURA, A. R. **Escola: um espaço cultural**. Matemática na educação infantil: conhecer, (re)criar – um modo de lidar com as dimensões do mundo. São Paulo: Diadema/SECEL, 1998.

MOURA, Manoel Oriosvaldo (orgs.). **A atividade pedagógica na teoria Histórico-Cultural**. Brasília: Liber livro, 2010.

MOURA, Manoel Oriosvaldo de; ARAUJO, Elaine Sampaio; SERRÃO, Maria Isabel Batista. Atividade orientadora de ensino: fundamentos. **Linhas Críticas**, v. 24, 2018.

MOURA, Manoel Oriosvaldo. A Atividade de Ensino como Unidade Formadora. **BOLEMA**, Rio Claro, v. II, n. 12, p. 29-43, 1996.

MOURA, Manoel Oriosvaldo. **O educador matemático na coletividade de formação**: uma experiência com a escola pública. 2000. 131f. Tese (Livre Docência em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

NUNES, Ricardo Ferreira. **Vitreorum Ministerium: o didatismo dos vitrais medievais, história e linguagem visual-os vitrais da Yorkminster**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2012.

PASQUALINI, Juliana Campregher; MARTINS, Lígia Márcia. Dialética singular-particular-universal: implicações do método materialista dialético para a psicologia. **Psicologia & Sociedade**, v. 27, p. 362-371, 2015.

PIRES, Mayara Cristina de Oliveira; SILVA, Elenita Pinheiro Queiroz. OS (NÃO) DITOS ACERCA DA MULHER NA CIÊNCIA EM LIVRO DIDÁTICO DE BIOLOGIA. **Anais do III Seminário Internacional Corpo, Gênero e Sexualidade e III Encontro Luso-Brasileiro sobre Educação em Sexualidade, Gênero, Saúde e**

**Sustentabilidade – Resistência e Ocupações nos Espaços de Educação**, FURG – Rio Grande, 2018.

REVERSI, Kelly Regina Silva Campos et al. Redes de Sociabilidade como estratégia para o ensino de ciências. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 20, p. 73-81, 2019.

REVERSI, L. F. C. **Abordagem crítico-superadora do gênero História Problematizadora no ensino de Ciências Naturais**. Monografia (Graduação em Pedagogia) – Faculdade de Ciências, UNESP – Bauru, p. 103, 2021.

REVERSI, Luiz Felipe Campos. **Prolegômenos a uma epistemologia das ciências: por uma abordagem organicista omnilética**. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, UNESP – Bauru, 454, 2020.

SAVIANI, Dermeval. **Educação: do senso comum à consciência filosófica**. Autores Associados, 2021.

SAVIANI, Dermeval. O conceito dialético de mediação na pedagogia histórico-crítica em intermediação com a psicologia histórico-cultural. **Germinal: marxismo e educação em debate**, v. 7, n. 1, p. 26-43, 2015.

SAVIANI, Dermeval. Perspectiva marxiana do problema subjetividade-intersubjetividade. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 10, n. 2, p. 77-97, 2003.

SAVIANI, Dermeval. Sobre a natureza e especificidade da educação. **Em aberto**, v. 3, n. 22, 1984.

SCHINDLER, Marwin et al. Nes ted Papercrafts for Anatomical and Biological Edutainment. In: **Computer Graphics Forum**. 2022. p. 541-553.

SOUZA, N. B. O ensino de Ciências para a Pedagogia Histórico-Crítica. **Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 10, 2017.

STRIQUER, Marilúcia dos Santos Domingos. O processo de apropriação do gênero textual em sua dupla possibilidade de abordagem escolar. **Educação**, v. 39, n. 3, p. 357-362, 2016.

VYGOTSKI, Lev Semenovich. **Obras escogidas**. Tomo I. Madrid: Visor, 1997.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A construção do pensamento e da linguagem**. 10ª ed. Martins Fontes, 2001.

WATSON, James D. **A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA**, 1968.

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



#### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado (a) familiar ou responsável,

Gostaríamos de solicitar a vossa autorização para que seu representado legal matriculado na E.M.E.F. “Santa Maria” possa contribuir e participar de minha pesquisa de Mestrado intitulada: “*O Uso de Modelos Didáticos para o Ensino de Histologia: Uma Abordagem Crítica*”, desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação em Docência para a Educação Básica da UNESP de Bauru. A pesquisa se justifica em razão da importância da temática e da falta de ações voltadas para o ensino e aprendizagem dos conteúdos de Histologia na Educação Básica, especialmente aqueles que promovam uma melhor compreensão na natureza da ciência e perspectivas coerentes, críticas e embasadas sobre essa área, atendendo para os obstáculos epistemológicos que podem surgir no ensino de Histologia.

O objetivo geral da pesquisa é avaliar as potencialidades e limitações do uso de modelos didáticos no ensino de histologia nos anos finais do Ensino Fundamental.

Serão aplicados questionários de avaliação inicial com os discentes (sujeitos de pesquisa) da E.M.E.F. “Santa Maria”. Posteriormente serão desenvolvidas sequências didáticas sobre Histologia envolvendo o uso de Modelos Didáticos, ao longo das quais serão aplicadas avaliações pedagógicas e questionários finais para verificar as possíveis mudanças nas concepções ao longo dos processos de ensino e de aprendizagem.

Informamos que sempre será preservado o anonimato dos participantes e que a colaboração não trará qualquer prejuízo à sua pessoa, a de seu representado legal ou qualquer outra. Também informamos que esta colaboração não terá qualquer custo financeiro e que deverá ser espontânea, podendo retirar vosso consentimento, assim como o assentimento de seu representado legal, a qualquer momento que desejarem, sem qualquer penalidade. Salienta-se que, para a realização da pesquisa, não se prevê riscos ou desconfortos e se prevê que trará benefícios para os processos de aprendizagem e para o ensino de Ciências no Sistema Municipal de Educação de Bauru.

A colaboração de vosso representado é muito importante para alcançar estes objetivos e consiste em responder à questionários e avaliações de aprendizagem (em quantidade não superior à 4 avaliações), participar das aulas previstas nas sequências didáticas sobre Histologia (conteúdo já previsto pelo Currículo Municipal Comum do Município de Bauru para a sua respectiva seriação escolar), e permitir que os resultados obtidos possam compor a pesquisa e a sua divulgação e publicação científica, bem como também possam servir para outras atividades de pesquisa, de ensino e de extensão de

serviços à comunidade, conforme se fizer necessário, sempre de maneira anônima e adotando todos os cuidados éticos.

A participação deverá ser voluntária e seguramente não trará qualquer prejuízo aos sujeitos envolvidos, ou à instituição, podendo retirar seu consentimento a qualquer momento que desejar, sem qualquer penalidade.

Asseguramos que serão cumpridas as exigências éticas da Resolução CNS 466/2012 e CNS 510/16. Sempre que necessitar, esclareceremos qualquer dúvida que tiver a respeito da pesquisa, do uso das informações obtidas, informaremos sobre o andamento e resultados desta Pesquisa, bastando entrar em contato com o mestrando ou com o orientador da pesquisa.

Se estiver de acordo, gostaríamos de solicitar o preenchimento e assinatura de uma via deste Termo de Consentimento, devolvendo-a e ficando com a outra cópia. Agradecemos vossa atenção e colocamo-nos à disposição para qualquer outro esclarecimento.

Atenciosamente,

**LUIZ FELIPE CAMPOS REVERSI**

Doutor responsável pela pesquisa.

Telefone para contato: (14) 99664-5147. E-mail: [felipe.reversi@unesp.br](mailto:felipe.reversi@unesp.br)

De acordo: Prof. Dr. ALEXANDRE LEGENDRE - Orientador da Pesquisa. Professor do Departamento de Química e do PPG em Docência para a Educação Básica. E-mail: [alexandre.legendre@unsp.br](mailto:alexandre.legendre@unsp.br)

Telefone na UNESP: (14) 3103-6000 (Departamento de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências).

Telefone do Comitê de Ética em Pesquisa da UNESP FC - Bauru: (14) 3103-6000

Eu \_\_\_\_\_ (nome completo por extenso), portador do CPF \_\_\_\_\_, responsável legal por \_\_\_\_\_ (nome do/da aluno(a)), decido espontaneamente colaborar com o mestrando Luiz Felipe Campos Reversi neste projeto de pesquisa, autorizando a coleta e uso de informações cedidas para fins de pesquisas acadêmicas.

Bauru, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022.

\_\_\_\_\_  
Assinatura

## APÊNDICE 2 – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido



Campus de Bauru Faculdade de Ciências

### Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

Prezado (a) aluno (a),

Gostaríamos de pedir sua autorização para colaborar com minha pesquisa de mestrado chamada: *“O Uso de Modelos Didáticos para o Ensino de Histologia: Uma Abordagem Crítica”*.

O objetivo dessa pesquisa é avaliar o uso de modelos didáticos no ensino de Ciências, buscando melhorar o ensino de alguns conteúdos dessa disciplina.

Sua participação é livre e anônima, você pode escolher participar ou não sem nenhum prejuízo ou benefício por isso. Caso escolha participar você não sofrerá nenhum prejuízo ou risco e ainda poderá mudar de ideia e retirar sua participação a qualquer momento.

Para participar você não precisa fazer nada de diferente do que está acostumado em sua rotina escolar, não terá nenhum custo ou desconforto, precisando apenas participar das aulas como já faz normalmente e responder alguns questionários (no máximo 4).

Se estiver de acordo, gostaríamos de solicitar o preenchimento e assinatura de uma via deste Termo de Consentimento, devolvendo-a e ficando com a outra cópia. Agradecemos vossa atenção e colocamo-nos à disposição para qualquer outro esclarecimento.

Atenciosamente,

**LUIZ FELIPE CAMPOS REVERSI**

Doutor responsável pela pesquisa.

Telefone para contato: (14) 99664-5147. E-mail: [felipe.reversi@unesp.br](mailto:felipe.reversi@unesp.br)

De acordo: Prof. Dr. ALEXANDRE LEGENDRE - Orientador da Pesquisa. Professor do Departamento de Química e do PPG em Docência para a Educação Básica. E-mail: [alexandre.legendre@unsp.br](mailto:alexandre.legendre@unsp.br)

Telefone na UNESP: (14) 3103-6000 (Departamento de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências).

Telefone do Comitê de Ética em Pesquisa da UNESP FC - Bauru: (14) 3103-6000

Eu \_\_\_\_\_ (nome completo por extenso), portador do CPF \_\_\_\_\_, decido espontaneamente colaborar com o mestrando Luiz Felipe Campos Reversi neste projeto de pesquisa, autorizando a coleta e uso de informações cedidas para fins de pesquisas acadêmicas.

Bauru, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022.

\_\_\_\_\_  
Assinatura

**APÊNDICE 3 – Produto educacional Atividade Orientadora de Ensino: História Virtual do Conceito e Modelo Didático em papercraft**

# Produto Educativo

---

**Atividade Orientadora de Ensino: História Virtual  
do Conceito e Modelo Didático em papercraft**

Autor: Prof. Dr. Luiz Felipe Campos Reversi

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Oliveira Legendre

# SUMÁRIO

Orientações	Páginas 3 à 6
Material de Instrumentalização Teórica	Páginas 7 à 10
Situação Desencadeadora de Aprendizagem	Páginas 11 e 12
História “Hipátia e Teodósia”	Páginas 13 à 17
Modelos em PaperCraft	Páginas 18 à 21
Inspirações	Páginas 22 à 24

# Sugestão ao/a professor(a)

Sugerimos ao professor ou professora que estiver utilizando este material que, caso deseje se aprofundar e compreender melhor o processo de produção de nossos materiais, realize a leitura de nossa dissertação “O uso de modelos didáticos para o ensino de Histologia: Uma abordagem Crítica”



Em nossa dissertação também detalhamos o processo de produção destes materiais para que o(a) professor(a) que desejar possa se apropriar deste e criar seus próprios materiais e modelos, adquirindo autonomia e podendo utilizar a metodologia proposta para o ensino de qualquer conteúdo.



# Orientações ao/à professor(a)

A partir da pesquisa de mestrado desenvolvida pelos autores desse material pudemos produzir e agora propomos a você, professor(a), uma atividade orientadora de ensino que discute com os alunos a importância da linguagem visual na construção do conhecimento biológico e que tem como proposta e problema a representação tridimensional do tecido adiposo a partir de um conjunto de modelos de adipócitos em papercraft, motivada por uma história que evoca os conceitos científicos da histologia e que apresenta aos alunos um problema os quais devem resolver.

# Orientações e sugestões para a aplicação da Atividade Orientadora de Ensino e do Modelo Didático

- Sugerimos iniciar a aula apresentando o seguinte artigo [MEDRADES, J. P. Obesidade e inflamação: o que acontece no tecido adiposo. Revista Blog do Profissão Biotec, v.9, 2022. Disponível em: <  
<https://profissaobiotec.com.br/obesidade-inflamacao-acontece-no-tecido-adiposo/>>, e iniciando um debate sobre a relação da nossa saúde com o funcionamento do tecido adiposo;
- Durante esse momento o professor pode questionar o que os alunos compreenderam e o que não compreenderam nessa manchete, buscando avaliar e definir coletivamente os conceitos centrais de histologia, além das relações que os tecidos possuem, seja entre seus componentes, seja entre o tecido e os níveis hierárquicos superiores e inferiores.
- Em seguida, pode-se realizar a leitura conjunta e comentada do material de instrumentalização teórica. A partir desse material o professor pode apresentar aos alunos o processo lógico-histórico do desenvolvimento da Histologia enquanto área do conhecimento assim como da construção desse conhecimento histológico ao longo da história, destacando o papel da microscopia e a participação de cientistas notórios como Robert Hooke;
- Neste momento pode ser interessante apresentar aos alunos imagens dinâmicas (GIFs) ou vídeos curtos de simulações e modelos do funcionamento de diversos tecidos para que possam compreender a dinâmica própria desse nível de organização.

# Orientações e sugestões para a aplicação da Atividade Orientadora de Ensino e do Modelo Didático

- Após isso, os alunos devem ler a História Virtual do Conceito “Hipátia e Teodósia”, que os apresentará um problema a ser resolvido. O professor deve explicar aos alunos que para isso eles devem realizar o caminho inverso do estudo dos tecidos, partindo do nível hierárquico inferior – as células – para construir um tecido adiposo em três dimensões a partir de modelos planejados em papercraft;
- O professor deverá circular por entre os grupos para auxiliar na interpretação de cada componente celular encontrado nos modelos planejados, para realizar perguntas, incentivar o debate, estimular a elaboração de hipóteses e sanar dúvidas.
- Para evitar problemas no processo de aprendizagem dos alunos, recomendamos que o docente realize um trabalho de mediação fazendo alguns questionamentos como:
  - a) O que este modelo/imagem representa?;
  - b) Quem produziu esse modelo/imagem e de que forma este(a) foi produzido(a)?;
  - c) Quais técnicas e instrumentos foram necessários para sua produção?;
  - d) Onde e quando o(a) modelo/imagem foi produzido(a)?;
  - e) Quais elementos do objeto representado estão e quais não estão presentes no modelo/imagem?;
  - f) Quais aspectos estão distorcidos ou modificados no modelo/imagem em relação ao objeto representado? (por ex: suas cores são estas mesmas ou são cores fantasia? Suas proporções estão corretas?)



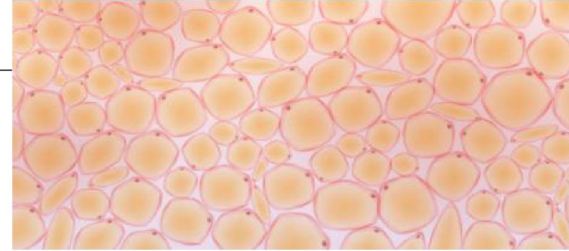
# Material de instrumentalização teórica

A seguir apresentaremos um material que busca instrumentalizar professores e alunos com o conhecimento científico clássico acerca do tecido adiposo. Este material foi produzido a partir de referenciais do ensino de histologia e do processo de transposição didática deste conteúdo para o 8º ano do ensino fundamental. Contudo este não dispensa o trabalho de aprofundamento teórico do professor e nem de adequação à sua realidade de trabalho (não há, por exemplo, adaptação para alunos com deficiências), servindo apenas como um material de apoio aos professores e alunos.

# Tecido Conjuntivo Adiposo

Os tecidos conjuntivos apresentam grande diversidade do ponto de vista estrutural e funcional, porém, possuem muitas características em comum que permitem com que sejam reunidos em uma categoria única. Dentre os tipos de tecidos conjuntivos encontramos o adiposo, caracterizado como um tecido conectivo frouxo.

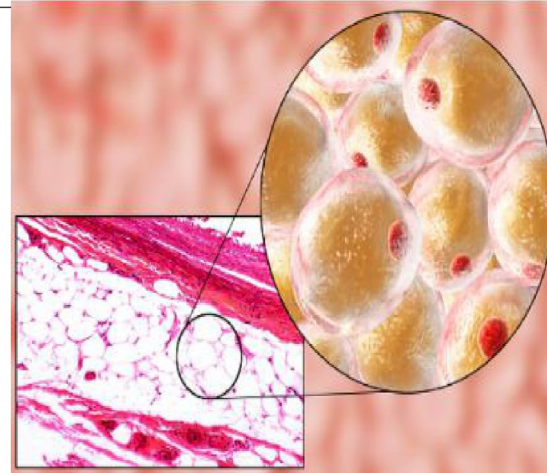
O tecido conjuntivo adiposo apresenta pouca substância extraceular e é formado por células adiposas, também chamadas de adipócitos, muito próximas entre si, as quais armazenem lipídios. Essas células também podem ser encontradas isoladas ou em pequenos grupos no tecido conjuntivo frouxo, porém, a maioria delas se encontra no tecido conjuntivo adiposo distribuído pelo corpo.

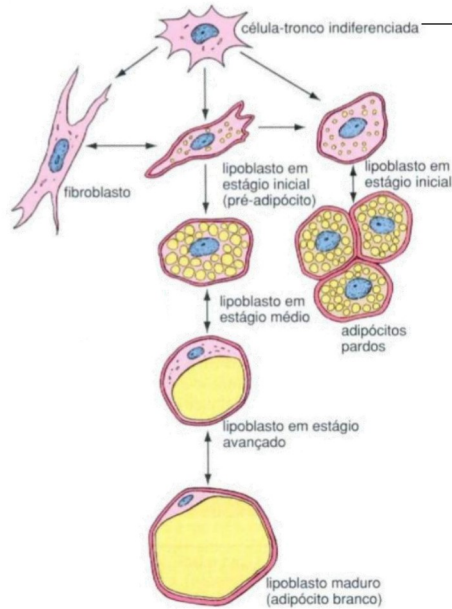


Esse tecido, localizado principalmente sob a pele, atua na proteção, isolamento e amortecimento dos órgãos contra choques mecânicos, como isolante térmico (já que as gorduras não são boas condutoras de calor) e como depósito de gordura, sendo o maior depósito corporal de energia sob a forma de triglicerídios, os quais fornecem aproximadamente 9,3 kcal/g. Também forma coxins absorventes de choques, especialmente na planta dos pés e nas palmas das mãos. Além disso, produz o hormônio chamado leptina que suprime o apetite e regula os níveis de gordura no corpo.

Existem dois tipos de tecido adiposo, o comum ou amarelo ou unilocular e o marrom ou pardo ou multilocular.

O tecido unilocular tem uma variação de cor de branco a amarelo-escuro, dependendo da quantidade de carotenos acumulados ingeridos da dieta. Seu acúmulo pelo corpo é influenciado pela idade e pelo sexo, porém, ao nascer, se apresenta sob uma camada de espessura única por todo o corpo. As células do tecido unilocular,



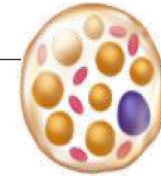


originadas no embrião a partir de células derivadas do mesênquima (lipoblastos) armazenam triglicerídios em uma única gotícula de gordura, a qual ocupa praticamente todo espaço da célula, deslocando o núcleo para a periferia da célula. Inicialmente essas gotículas são separadas uma das outras, as quais se fundem em uma única gotícula. Além disso, também apresentam septos de vasos e nervos dos quais partem fibras reticulares de colágeno que dão sustentação ao tecido.



Os lipídios dessas células são hidrolisados por enzimas originando ácidos graxos e glicerol, os quais são liberados das células quando necessário, seguindo para os capilares e distribuídos para todo corpo, onde serão utilizados como fonte de energia. Os triglicerídios das células são originados pela absorção por meio da alimentação ou oriundos do fígado ou ainda da síntese das próprias células adiposas.

O tecido multilocular é raro em humanos adultos, existindo em recém nascidos, já que auxiliam na termo-regulação, e em animais que hibernam, uma vez que liberam calor para acordar esses animais da hibernação. São formados por células que contêm numerosas gotículas de gordura em seu citoplasma e uma grande quantidade de mitocôndrias, responsáveis pela produção de calor, ao invés de produzirem trifosfato de adenosina (ATP). Suas células são menores do que

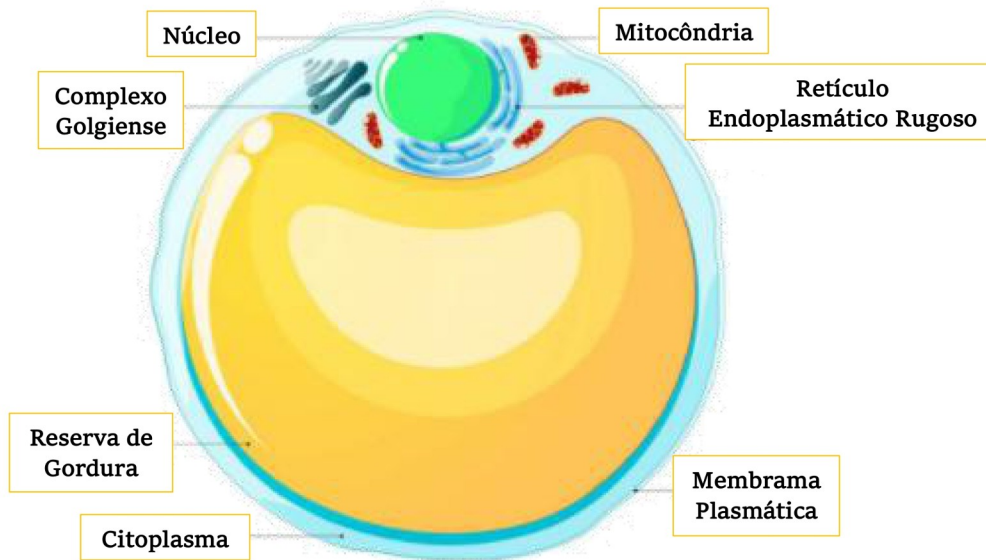


as do tecido unilocular. Não ocorrem neoformações no tecido multilocular e nem a transformação de um tipo de tecido em outro, sendo por esse motivo que sua quantidade nos humanos adultos é tão baixa, embora seja maior naqueles indivíduos que vivem em regiões mais frias do que aqueles que vivem em regiões mais quentes. A cor característica do tecido multilocular é devido a vascularização abundante e a grande quantidade de mitocôndrias, as quais apresentam uma coloração avermelhada.

### Curiosidade

A obesidade pode ser classificada em dois tipos, obesidade hipertrófica, quando as células adiposas aumentam de tamanho por causa do armazenamento de gordura e tem início na fase adulta; e obesidade hiperplástica, caracterizada pelo aumento do número de adipócitos causado pela superalimentação de recém-nascidos nas primeiras semanas de vida e frequentemente dura a vida toda.

## ESTRUTURA DO ADIPÓCITO



### REFERÊNCIAS

- GARTNER, Leslie P.; HIATT, James L. **Atlas Colorido de Histologia**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- JUNQUEIRA, Luiz Carlos; CARNEIRO, José. **Histologia Básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- REECE, James B. *et al.* **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.





## **Situação desencadeadora de aprendizagem: História virtual do conceito “Hipátia e Teodósia”**

Na seção a seguir você encontrará a estrutura da Atividade Orientadora de Ensino, apresentando seus principais elementos constituintes e que guiarão tanto a atividade de ensino do professor quanto a atividade de aprendizagem dos alunos.

Em seguida se encontra a história das irmãs Hipátia e Teodósia, que servirá como contextualização e motivação para a atividade dos alunos.

# Situação desencadeadora de aprendizagem: História virtual do conceito “Hipátia e Teodósia”

- **Necessidade:** Compreender a complexidade da organização tecidual do tecido adiposo a partir de modelos em papercraft.
  - **Objeto do conhecimento:** Histologia e Tecido Adiposo.
  - **Motivo:** Compreender como se organizam as células e o material intercelular no tecido adiposo.
  - **Instrumentos (mediadores):** Texto de apoio, imagens ilustrativas, modelos impressos de adipócitos em papercraft.
  - **Objetivo:** Apropriação do Conteúdo sobre Histologia e Tecido Adiposo.
  - **Operações:** Recortar, dobrar e colar as partes que compõem o adipócito. Colar os adipócitos juntos utilizando as “fibras”
- **Ações:**
    - → Ler o texto de apoio e identificar as estruturas celulares no modelo planificado impresso;
    - → Construir adipócitos tridimensionais a partir de modelos planificados em papercraft;
      - → Reproduzir, coletivamente, a organização da complexidade tecidual a partir de vários adipócitos de papercraft e barbantes embebidos em cola branca;
      - → Justificar o funcionamento da estrutura tecidual a partir de seus elementos constitutivos e sua organização própria.

# História: “Hipátia e Teodósia”

As gêmeas Hipátia e Teodósia estudavam juntas em seu quarto no domingo a noite, elas tinham prova de ciências na manhã seguinte. Hipátia tentava explicar a organização dos tecidos animais para sua irmã, que custava a entendê-las:

- Então um tecido é só um monte de células juntas!? O que tem de tão especial nisso? - Perguntava Teodósia.

- Não é “só” isso, os tecidos também possuem uma matriz entre as células, cheias de fibras, líquidos, íons, proteínas, entre outras coisas. - Insistia Hipátia.

- Tá, mas, isso não é o de menos? O mais importante são as células, elas são a maior parte dos tecidos. - Afirma Teodósia



# História: “Hipátia e Teodósia”



- Não necessariamente, alguns tecidos têm mais matriz do que células, como o sangue, por exemplo. E a organização das células também importa, os tecidos não são só um amontoado delas como você disse. - Corrige Hipátia.

- Eu não disse que são um amontoado, disse que são um “monte”. - Replica Teodósia.

- Ah, dá na mesma. - Fala Hipátia

- Mas e o tecido adiposo? Como ele é? Eu não consigo entender por esses desenhos do livro, aqui parece tudo uma pintura abstrata toda colorida. - Diz, frustrada, Teodósia.

- Já sei! - Exclama Hipátia, entusiasmada - Lembra quando fizemos uma célula na aula de ciências?

# História: “Hipátia e Teodósia”

- Eu me lembro que você se atrapalhou toda e não conseguiu montar nada – diz Teodósia com ar condescendente, torcendo o nariz.
- É verdade, ainda bem que você estava lá para me ajudar, você sempre foi melhor do que eu em artes e trabalhos manuais, e também sempre me defende quando alguém é rude ou injusto comigo. - Fala Hipátia num tom inocente e afetuoso.

Teodósia, tocada pelas palavras da irmã, finalmente dá o braço a torcer – Tá bom maninha, vou te ajudar. Como vamos entender melhor esse tecido?



# História: “Hipátia e Teodósia”



- Vamos fazer a mesma coisa que fizemos na aula com o tecido adiposo! Vamos montar o tecido pra podermos ver como ele é! - Exclama Hipátia empolgada.

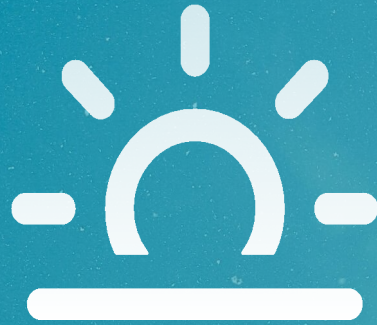
- Mas como vamos fazer isso? - Questiona Teodósia.

- Cada uma de nós vai montando algumas células do tecido adiposo e depois a gente junta.

- Diz Hipátia.

- Ahá! Então você admite que o tecido é um monte de células juntas! - Exclama, triunfante, Teodósia.

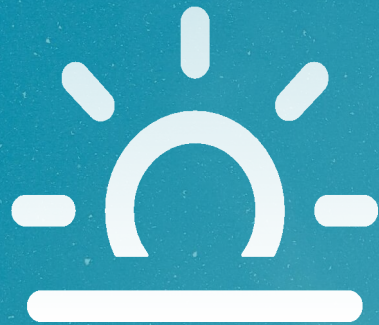
Hipátia, já sem paciência, suspira. - Quem sabe assim você é que vai ver que não vai adiantar só juntar um monte de células, que vai faltar algo pra isso virar um tecido..



# Agora é com você...

Ajude as irmãs a entenderem melhor como é organizado o tecido adiposo construindo um com seus colegas de classe. Cada um monta um adipócito de papercraft e depois toda a sala os une formando um tecido adiposo com a orientação do(a) professor(a).

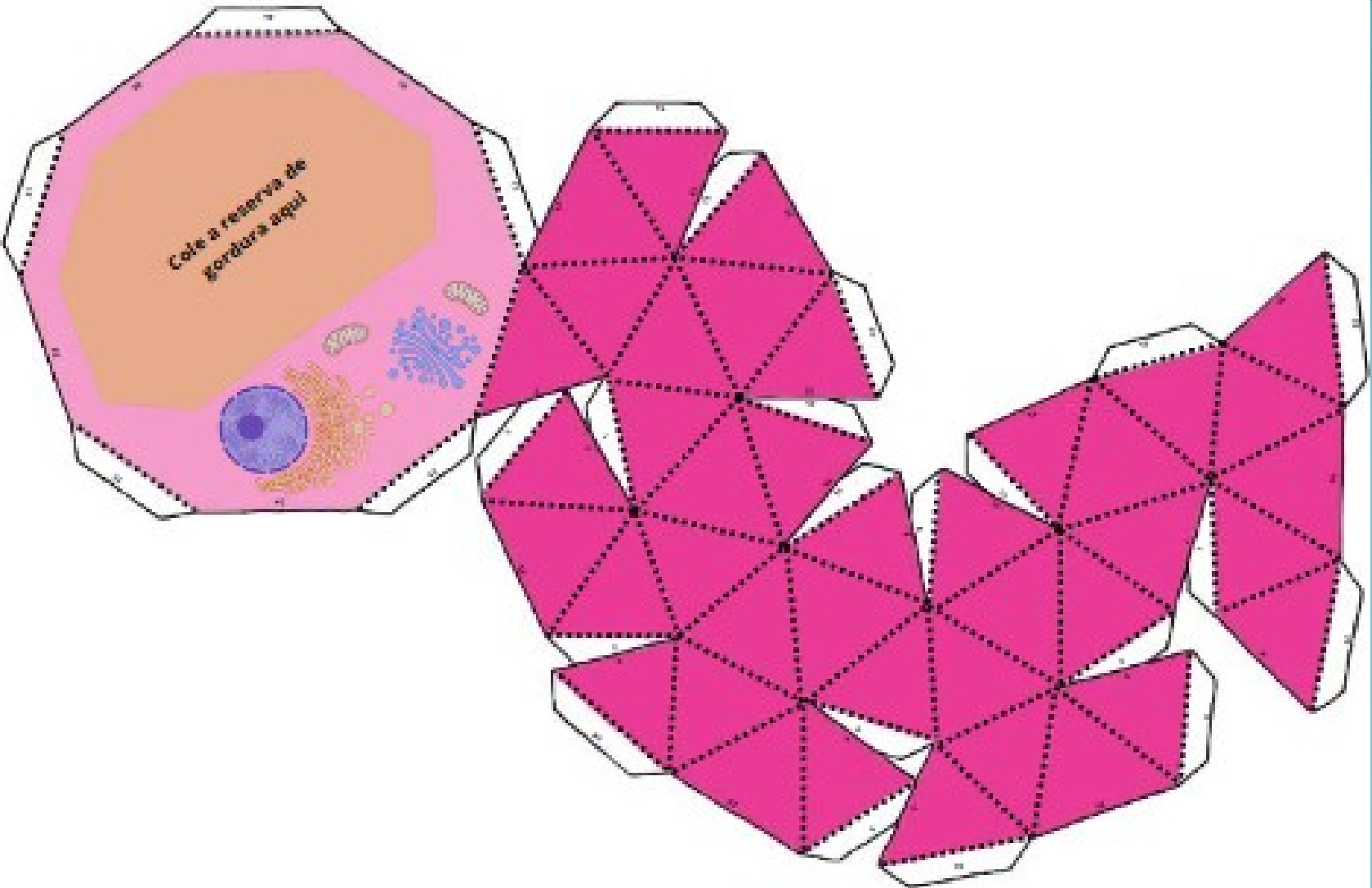
Dica: Você pode usar barbantes embebidos em cola branca para representar as fibras do tecido adiposo.



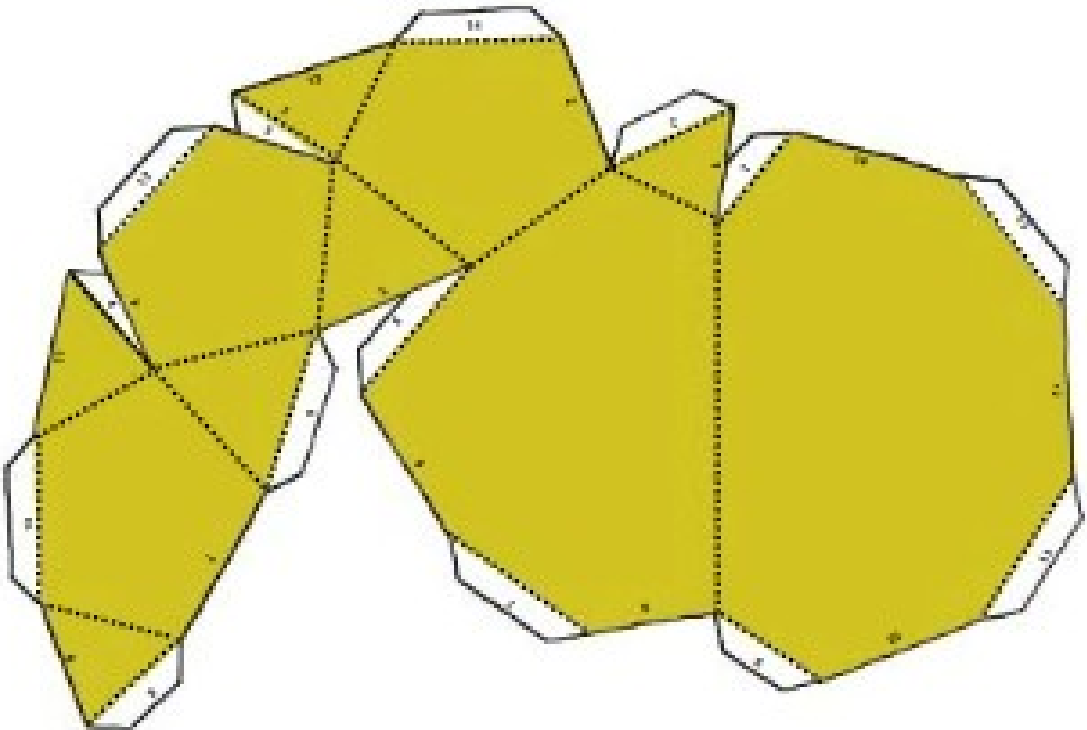
# Modelos didáticos tridimensionais em papercraft

A seguir você encontra os modelos planejados dos adipócitos e de sua reserva de gordura para serem utilizados pelos alunos na situação desencadeadora de ensino. Sugerimos que o professor realize a impressão colorida do modelo planejado em um tipo de papel mais rígido para um melhor resultado. Os alunos deverão utilizar este modelo impresso para criar o modelo tridimensional dos adipócitos individualmente ou em duplas, e depois reunir as produções individuais em um só tecido produzido coletivamente pela classe.

# Planificação do Adipócito

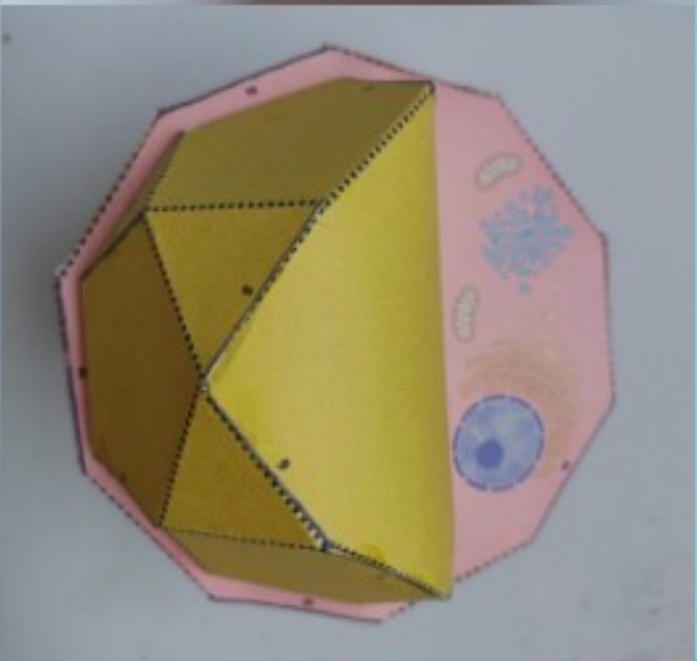


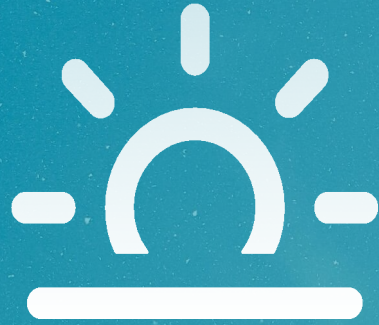
Célula adipocita



Reserva de gordura

# Resultado Esperado



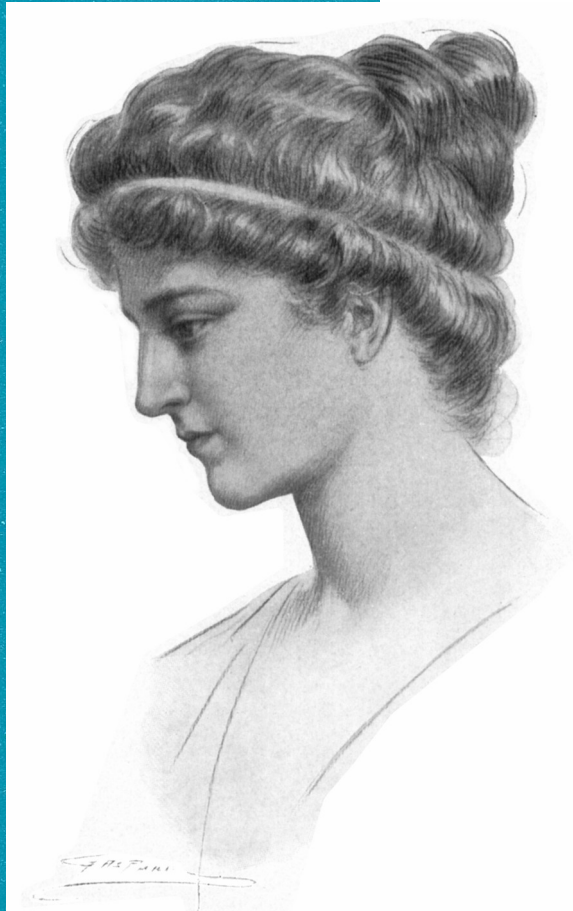


# Inspirações...

Nossa situação desencadeadora de aprendizagem foi baseada em algumas mulheres corajosas e importantes as quais acreditamos que devam ser mencionadas.

As gêmeas da história Hipátia e Teodósia foram livremente inspiradas em duas personalidades históricas e sua identidade visual foi criada utilizando-se IA.

# Hipátia de Alexandria



Hipátia (Alexandria *circa* 351/370 – Alexandria, 8 de março de 415) foi uma filósofa neoplatônica grega do Egito Romano;



Foi a primeira mulher documentada como tendo sido matemática e foi também filósofa, astrônoma, médica e diretora da escola de filosofia neoplatônica em Alexandria;



Na Astronomia, Hipátia cartografou corpos celestes, confeccionou planisférios, revisou o Almagesto de Ptolomeu e aprimorou o astrolábio.

# Teodósia de Constantinopla



Teodósia (Constantinopla século VIII – Constantinopla 729) foi uma freira cristã considerada uma das mártires iconoclastas mais conhecidas e polêmicas da Igreja Ortodoxa;



Filha de pais devotos, seu nome significa “dom de deus”. Seu martírio se deu após recusar-se a deixar que fosse lançada uma imagem de Cristo a partir da porta de bronze como mandavam as ordens do imperador Leão;



A defesa radical de suas crenças e a coragem de desafiar as ordens do imperador e do patriarca de seu monastério, culminaram em sua prisão, castigo e morte.