

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - UniCEUB
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO E SAÚDE-FACES
CURSO SUPERIOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



RAFAEL DOMINGOS GUIMARÃES GUEDES

**PRODUÇÃO DE MODELO ESCOLAR TRIDIMENSIONAL
INCLUSIVO DE UMA SINAPSE NERVOSA PARA O ENSINO
DE BIOLOGIA**

**Brasília,
2020**

RAFAEL DOMINGOS GUIMARÃES GUEDES

**PRODUÇÃO DE MODELO ESCOLAR TRIDIMENSIONAL
INCLUSIVO DE UMA SINAPSE NERVOSA PARA O ENSINO
DE BIOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção
do título de licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador: Roni Ivan

Brasília
2020

Resumo

Os recursos visuais são um tipo de ferramenta pedagógica, utilizada para transmitir o conteúdo aos alunos, de forma a facilitar a sua aprendizagem, que muitas vezes não é feita da forma mais inclusiva. O ensino de Biologia para pessoas com problemas de visão enfrenta diversas dificuldades, uma vez que são tratados diversos conteúdos com alta demanda visual, como por exemplo, estruturas microscópicas e processos fisiológicos invisíveis a olho nu, que requerem certa abstração para sua compreensão. Esse tipo de conteúdo costuma a apresentar limitações tanto quanto à forma de ensino, quanto a fixação da aprendizagem. Dessa forma, essa dificuldade é muito comum para diversos conceitos dentro do estudo de Ciências. O sistema nervoso é um dos sistemas de maior complexidade estrutural, e o seu ensino requer uma certa capacidade de abstração por tratar de relações fitoquímicas de tamanho molecular extremamente reduzido. O presente trabalho teve como objetivo construir um modelo tridimensional de representação da fenda sináptica de uma célula nervosa, de forma a facilitar o processo de ensino-aprendizagem desse tipo de conteúdo. Para o modelo tridimensional foram utilizados materiais de artesanato e papelaria de baixo custo, com o foco naqueles que respeitassem a sensibilidade tátil refinada de pessoas com baixa visão e cegueira. A base foi feita com uma caixa e uma placa de MDF, as estruturas das terminações nervosas foram feitas com um tecido vermelho, preenchidas com um tecido branco de poliéster. Para a representação dos biossensores foram utilizadas esferas de feltro amarela, vermelho e rosa, e miçangas plástica na cor azul. A legenda em Braille foi produzida com materiais específicos como reglete e pulsão, aplicados em folhas de plástico transparente, e para sua confecção foram reaproveitados os materiais utilizados na produção do modelo tridimensional. O produto deste trabalho apresenta identificação bilíngue, com legendas internas e externas em língua portuguesa escrita e Braille. O modelo educacional oferta ao aluno, o conteúdo de forma diferenciada, pois assim ele tem acesso a representação estrutural física de uma região da célula ou unidade a nível atômico/molecular. O produto tátil apresentado no trabalho é um recurso que pode ser utilizado para auxiliar de forma inclusiva os conteúdos de sala de aula.

Palavras chave: educação inclusiva; sinapse; sistema nervoso; neurotransmissores; semântica sensorial;

Resumo em Inglês

Visual resources are a type of pedagogical tool, used to transmit content to students, in order to facilitate their learning, which is often not done in the most inclusive way. Teaching Biology to people with vision problems faces several difficulties, since various contents with high visual demand are treated, such as microscopic structures and physiological processes invisible to the naked eye, which require a certain abstraction for their understanding. This type of content tends to have limitations both in terms of teaching and in terms of learning. Thus, this difficulty is very common for several concepts within the study of Sciences. The nervous system is one of the most structurally complex systems, and its teaching requires a certain capacity for abstraction because it deals with phytochemical relationships of extremely small molecular size.

This work aimed to build a three-dimensional model of representation of the synaptic cleft of a nerve cell, in order to facilitate the teaching-learning process of this type of content. For the three-dimensional model, low-cost craft materials and stationery were used, with a focus on those who respected the refined tactile sensitivity of people with low vision and blindness. The base was made with a box and an MDF board, the structures of the nerve endings were made with a red fabric, filled with a white polyester fabric. Spheres of yellow, red and pink felt and blue plastic beads were used to represent the biosignifiers. The Braille caption was produced with specific materials such as applied on transparent plastic sheets, and the materials used in the production of the three-dimensional model were reused. The product of this work has bilingual identification, with internal and external subtitles in written Portuguese and Braille. The educational model offers the student, the content in a different way, because this way he has access to the physical structural representation of a region of the cell or a unit at the atomic/molecular level. The tactile product presented in the work is a resource that can be used to assist in an inclusive way the classroom contents.

Keywords: inclusive education; synapse; nervous system; neurotransmitters; sensory semantics;

Sumário

Introdução.....	6
Materiais e métodos.....	10
Resultados e Discussão.....	15
Considerações finais.....	23
Referencial teórico	24
Anexo 1.....	26
Apêndice 1 -- sequência didática	27

Introdução

O acesso a educação é um direito estabelecido em constituição, que garante educação para todos os indivíduos, incluindo pessoas com deficiência (BRASIL, 1988). Ao estabelecer a universalidade do ensino, foi levantada a pauta de Educação Especial (EE), modalidade com foco no ensino de Pessoas com Deficiência (PD), Transtornos Globais do Desenvolvimento (TGD) e com Altas Habilidades ou Superdotação (AH/SD).

A pauta está sancionada na Lei de Diretrizes e Bases da Educação nacional (LDB), nº 9394 de 20 de dezembro de 1996. No artigo 58, é estabelecida a educação especial como uma modalidade de educação escolar, oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para pessoas com deficiência, que havia até então, sendo empregada apenas em escolas específicas, exclusivas para pessoas com deficiência (BRASIL/MEC, 1996).

Após o sancionamento da LDB, se iniciou o processo de inserção plena de PD nas escolas regulares, mas desta vez em caráter inclusivo nas salas de aula do ensino regular. Tal proposta está presente no artigo 59, onde determina a aplicação de um ensino inclusivo, assegurando aos indivíduos acesso a um currículo e práticas que atendam as necessidades individuais e coletivas das PDs com suas devidas necessidades de ensino, e AH/SD quanto a aceleração escolar (BRASIL/MEC, 1996).

O decreto Nº 7.611, DE 17 de novembro de 2011, também chamada de Lei da inclusão, aborda a educação especial como o atendimento educacional especializado a pessoas deficientes. No artigo 3º, inciso III, é decretado o fomento ao desenvolvimento de recursos didáticos e pedagógicos que eliminem as barreiras no processo de ensino e aprendizagem as pessoas com deficiência, com transtornos globais do desenvolvimento e com altas habilidades ou superdotação. Neste sentido, é importante que os referenciais curriculares, como os Parâmetros Curriculares, estejam dialogando com esse arcabouço legal.

Para isso a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), igualmente aborda educação inclusiva, reforçando o que foi estabelecido na LDB, ao tratar educação inclusiva como o conjunto de medidas para a participação efetiva e de qualidade de pessoas deficientes na educação regular, assegurando, em todos os níveis de ensino, uma igualdade de oportunidades, medidas e métodos, que facilitem a aprendizagem

acessível do conteúdo, potencialize o desenvolvimento do indivíduo e o prepare para a vida em sociedade (BRASIL/MEC, 1996; BRASIL 2018).

Após a publicação da BNCC a Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEEDF) publicou o Currículo em Movimento (CM) sobre EE e as necessidades de ensino. Neste documento é reforçada a EE como conjunto de medidas e práticas para inserção de indivíduos com deficiência no ensino regular. O documento salienta o processo histórico-social de inclusão de PCs nas escolas, desde as primeiras ações nas escolas especiais na década de 1970 até a atualidade (BRASÍLIA, 2018a; BRASIL 2018).

Também é apontado no CM a necessidade de flexibilidade na construção de conhecimento do indivíduo, com a possibilidade de mudanças curriculares e metodológicas, estando empregadas em todas as modalidades de ensino e durante todo o percurso (BRASÍLIA, 2018a).

As acessibilidades de ensino especial foram abordadas nos trabalhos de Vygotsky e colaboradores (1997), ao abordar deficiência e ensino em diferentes deficiências. O estudo evidencia a pessoa com deficiência como um ser pleno, com capacidades de aprendizagem, porém com necessidades de ferramentas que facilitem o ensino. Algumas dessas ferramentas são apontadas como medidas compensatórias que Pessoas Cegas e com Baixa visão (PC/BV) utilizam para compensar as necessidades do cotidiano em desempenhar tarefas ou compreender processos.

Ainda a respeito de Vygotsky, seus estudos indicaram que para superar tais dificuldades, era importante a compensação social como um veículo compensatório do não funcionamento de algum sentido ou órgão, sendo assim, uma ferramenta, uma estratégia compensatória por meio de artefatos, objetos, práticas, que auxiliem nas demandas geradas no dia a dia e no ambiente escolar. Este autor também afirma que a produção de um conhecimento não é fruto apenas do que é absorvido por um órgão, seja na visão, tato, audição, mas sim, pela experiência social do aluno, aplicações no cotidiano, de relações acadêmicas, e do eixo conteúdo versus vivência.

Em seu estudo foi trabalhado o ensino de surdos, cegos e pessoas com baixa visão, examinando as formas de ensino e as principais dificuldades de aprendizagem. Também foram abordadas outras deficiências, mas em específico, seu trabalho com indivíduos cegos, aborda criticamente a forma como os indivíduos compensam suas limitações biológicas no ambiente de ensino.

Matérias das áreas exatas e biológicas, como matemática, biologia, ciências e física utilizam de representações gráficas, vídeos, imagens, esquemas e gráficos, para demonstrar processos abstratos, diminutos ou até mesmo microscópicos, isso demanda demasiada uso de recursos visuais o que pode ser uma barreira para alunos não videntes e/ou baixa visão. O recurso visual é uma ferramenta pedagógica para transmitir o conteúdo aos alunos, como meio de facilitar a sua aprendizagem, porém não é a forma mais inclusiva (PAULINO; VAZ; BAZON, 2011; LIPPE; CAMARGO 2009; DICKMAN, FERREIRA, 2011).

O ensino de Biologia, por exemplo, envolve estruturas microscópicas e processos bioquímicos e fisiológicos invisíveis a olho nu, requerendo abstração para sua compreensão o que pode dificultar tanto o ensino pelo professor quanto a aprendizagem pelo estudante. A compreensão de tais processos é fundamental para a assimilação dos alunos com os conteúdos e com o cotidiano (ANDRADE *et. al.*, 2016; PAULINO; VAZ; BAZON, 2011 LIPPE; CAMARGO 2009; VIVEIRO; BEGO, 2015).

Dentre as temáticas que devem ser abordados no ensino médio, o processo de sinapse nervosa é evidenciado como um dos subtemas do ensino de Biologia, presente nos estudos dos sistemas nervoso e de fisiologia humana. O tema é recomendado por diversos documentos oficiais, como o PCN, BNCC e CM (BRASÍLIA, 2018b; BRASIL 2018; MEC, 1998).

Nos Parâmetros Curriculares a recomendação do tema está localizada na Parte III que discorre sobre Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Nesta parte são apontados os ensinamentos de estruturas celulares e dos sistemas fisiológicos. No BNCC é evidenciado na Competência específica 2, os temas de funcionamento e evolução dos indivíduos e do universo, especificando o trabalho com as temáticas de biomoléculas, organização celular, órgãos e sistemas. E no CM do são apontados os temas de biomoléculas, fisiologia, células e processos celulares (BRASIL, 2018b; BRASÍLIA, 2018).

O Sistema Nervoso é um dos sistemas de maior complexidade estrutural e o seu ensino requer abstração por se tratar de relações físico químicas de tamanho molecular extremamente reduzido. Uma das dificuldades está relacionada à compreensão do funcionamento bioquímico que ocorre na fenda sináptica das células nervosas, um processo indispensável para a compreensão de como o impulso nervoso é propagado pelas células nervosas do organismo em diferentes situações.

Ele é apresentado pelos alunos como um dos temas mais difíceis de compreensão, mesmo quando lhe são oferecidos recursos visuais.

Os conteúdos que requerem maior abstração para compreensão são de difícil aprendizagem para todos os estudantes, dificuldade de aprendizagem é comum para conceitos e temas abstratos em ciências (NUNES, 2012; SANTOS *et. al.*, 2013; ANDRADE *et. al.*, 2016; VIVEIRO; BELGO, 2015). Além disso, para pessoas cegas ou com baixa visão é mais difícil, pois têm dificuldade ou não conseguem visualizar as figuras com imagens e esquemas explicativos, o que limita o acesso aos conhecimentos dos livros didáticos, ao que é exibido em vídeos educativos e ao explicado pelo professor em quadro. Neste caso, o uso de objetos físicos manipuláveis, são alternativas indicadas por vários autores (CARMO, 2009; LIPPE; CAMARGO 2009).

Desde as primeiras discussões sobre educação especial já era possível encontrar trabalhos e ferramentas produzidas por pessoas, empiricamente, para sanar as necessidades de ensino de pessoas deficientes. E dentre elas trabalhos com pessoas com cegueira/baixa visão (CARMO, 2009). Para facilitar a aprendizagem foram desenvolvidos materiais e práticas voltados para a adaptação do conteúdo. Tais estudos foram feitos por pesquisadores com o intuito de sanar as necessidades pedagógicas. Dentre os produtos temos a audiodescrição, os painéis táteis, modelos tridimensionais, uso de ledores, aplicativos e aparelhos eletrônicos (SANCHES; MACEDO; BUENO, 2017; LIPPE; CAMARGO 2009).

Tendo em vista as questões abordadas anteriormente, o presente trabalho tem como objetivo construir um modelo tridimensional de representação da fenda sináptica de uma célula nervosa, voltado para alunos do ensino médio videntes, cegos e com baixa visão, com a finalidade facilitar a compreensão dos processos de sinapse nervosa.

Materiais e métodos

O presente trabalho é resultado de uma pesquisa qualitativa, que tem por foco a produção de um material educacional tridimensional que auxilie no ensino de biologia, destinado a alunos do ensino médio, sem distinção por idade ou sexo, por se tratar de um material inclusivo com legendas em Braille, língua portuguesa escrita, alto relevo e cores vibrantes. Focamos como público alvo, em estudantes da terceira série do ensino médio, uma vez que o Currículo em Movimento da SEEDF para o ensino de biologia propõe a abordagem deste assunto nesta série.

Utilizamos o Currículo em Movimento da SEEDF para definir o assunto de referência para construção do material educativo, assim como os PCNs e as Bases curriculares.

Como critério de inclusão, o tema escolhido para a representação física foi relacionado ao processo biológico de neurotransmissão (biossinalização por neurotransmissores), com foco no grupo de sinalizadores envolvidos em processos fisiológicos como serotonina, dopamina, melatonina, ocitocina, noradrenalina, gaba e endorfina. No contexto do Sistema Nervoso, como critério de exclusão a não ser contemplado no modelo, excluimos outras estruturas da célula, tipos celulares, tecidos, órgãos e sistemas do organismo, focando na fenda sináptica, como região da célula a ser modelada para representar o processo de neurotransmissão durante as sinapses.

A escolha da fenda sinapse se deu com a finalidade de explanar as interações químicas correlacionadas e a região estrutural da célula nervosa envolvida com o processo nervoso.

Foram usadas várias imagens como modelo para a confecção do produto educacional de banco de dados gratuitos da internet com licença para reprodução e publicação (ANEXO 1). As imagens foram encontradas utilizando as palavras chave: sinapse; fenda sináptica; neurotransmissores; sistema nervoso.

Para o modelo tridimensional foi utilizado materiais de artesanato e papelaria de baixo custo, com o foco em materiais que respeitassem a sensibilidade tátil mais refinada de pessoas com baixa visão e cegueira, e que possuíssem fácil acesso de compra, como:

- caixa de MDF com tampa dimensão 5x35x23 cm - 1 unidade

- placa retangular plana de MDF de dimensão - 1 unidade
- tule de poliester - 30 cm
- tecido vermelho de algodão - 50cm
- tecido de pelúcia preto - 50cm
- pedra de vidro - 10 unidades
- esfera de feltro vermelha - 10 unidades
- esfera de feltro rosa - 10 unidades
- esfera de feltro amarela - 10 unidades
- miçanga azul com alto relevo - 30 unidades
- miçanga dourada - 30 unidades
- velcro verde - 30cm
- velcro branco - 30cm
- reglete e punção - 1 unidade
- folha de acetato transparente - 2 unidades
- folha de papel ofício A4 - 1 resma
- cola permanente TEKBOND - 1 unidade
- linha de costura amarela - 1 unidade
- linha de costura branca - 1 unidade
- agulha de costura - 1 unidade
- régua 30cm - 1 unidade
- tesoura sem ponta - 1 unidade
- estilete - 1 unidade
- tinta spray TEKBOND cor 1513 erva doce - 1 unidade
- tinta spray TEKBOND cor 1516 amarelo camomila - 1 unidade

Base

A base foi feita com caixa e placa de MDF (Medium Density Fiberboard - chapa de fibra de madeira com densidade média). Ambas, caixa e placa, foram pintadas com tinta spray para melhor acabamento e durabilidade (Figura 1.A).

Após o processo de pintura, foi realizado a colagens das legendas em Braille e em língua portuguesa com o auxílio de uma fita adesiva e super cola.

As estruturas das terminações nervosas foram feitas com tecido vermelho, cortado com tesoura e costurado com máquina de costura, preenchidas com tecido branco de poliéster, seguindo o modelo de um dendrito (figura 1.B-C). Nas terminações do axônio e dendrito, foram colocados ímãs e pedaços de velcro para representar a estrutura de transdutores e receptores dos neurotransmissores (figura 1.D).



1.a - pintura das
peças de MDF

1.b - costura do
dendrito

1.c - fixação do
terminal axônico e
dendrito na caixa

1.d - terminação
com ímã e velcro

Figura 1 - Processo de confecção da base

Neurotransmissores

Para a representação dos biossensores, como serotonina e GABA, foram utilizados esferas de feltro amarela, vermelha e rosa (figura 2.A), miçangas plástica na cor azul (figura 2.B), ímã, material de costura e cola instantânea (figura 2.F). As esferas de feltro rosa foram bordadas com miçangas douradas e coladas em peças de ímã. As esferas vermelhas foram costuradas em feltros brancos, e as amarelas e azuis coladas diretamente nas peças de ímã (figura 2. D-F).



2.a - esfera de feltro

2.b - miçanga azul

2.c - miçanga dourada



2.d - colagem das esferas de feltro

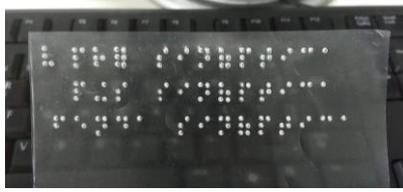
2.e - neurotransmissor finalizado

2.f - aplicação de miçangas no feltro

Legenda

A legenda foi produzida com materiais de escrita Braille, reglete (estrutura metálica com furos para o registro manual do Braille), pulsão (estrutura pontiaguda para marcação) e folhas de acetato transparente (figura 3.A). A escrita em língua portuguesa foi feita com impressão em folha A4 revestida com material plástico (figura 3.B).

Para a confecção das legendas, foram reaproveitados os materiais utilizados na produção do modelo, como os retalhos de tecidos e bolas de feltro que restaram, para a relação do material com a sua legenda em Braille e em língua portuguesa escrita (figura 3.C).



Pré sináptica
Pós sináptica
Fenda sináptica
Dendrito
Axônio
Receptor
Axônio
Dopamina
Serotonina
Melatonina
Noradrenalina
Oxitocina
Endorfina
GABA caixa alta
Dendrito
Legenda
Neurônio



3.a - escrita em Braille sobre acetato

3.b - lista de legenda

3.c - retalhos e nomenclatura em Braille

Figura 3: Processo de produção das legendas bilingue.

Como parte do produto educacional e para propiciar uma melhor compreensão do potencial didático do modelo, apresentamos uma proposta de sequência didática, como um total de 5 aulas onde o modelo é empregado (apêndice 1).

Resultados e Discussão

O produto deste trabalho apresenta legendas internas e externas em língua portuguesa escrita e Braille, identificação bilíngue, embalagem externa clara, e as devidas identificações. A estrutura externa possui tiras elásticas que possibilitam o fechamento da caixa, o que garante a segurança e integridade do trabalho dentro do recipiente (figura 4).



Figura 4 - Visão externa do modelo educacional finalizado

Ao realizar a abertura do modelo é possível ter acesso a estrutura dos terminais de transmissão e recepção de sinais, legenda e neurotransmissores. As estruturas possuem coloração vermelha, em destaque com o fundo de tom amarelo claro, realçando o produto. Ambos possuem texturas distintas, sendo o fundo amarelo constituído pela tampa da caixa de MDF e os terminais em tecido de algodão na coloração vermelha. Logo abaixo de cada estrutura estão disponíveis as legendas bilíngues (figura 5).



Figura 5: tampa interna com estrutura nervosa da sinapse nervosa.

Tal estrutura representa o *locus* de uma sinapse nervosa, adaptada de uma imagem referência, estando dispostas as partes de uma célula nervosa envolvidas no processo de sinapse, e como exemplo a interação entre dendrito e axônio sobre ação do neurotransmissor Dopamina e a droga sintética Cocaína (figura 6).



(fonte: flickr - Thiago esser)

6.A - ação da cocaína

6. B - sinapse nervosa

Figura 6: esquema de sinapse nervosa

O produto deste trabalho segue as imagens anteriores como base de criação, correspondendo cada estrutura do modelo com um material de composto e textura diferente. Os terminais do axônio e os dendritos estão representados pelas duas peças vermelhas de tecido, assim como os neurotransmissores e receptores estão dispostos como ímãs, miçangas e velcros.

A criação, das estruturas celulares, foi feita em tecido de algodão por ter textura fina, toque aveludado, e gentil contato. O tecido não é áspero e apresenta coloração forte, o que auxilia no tato refinado de pessoas cegas/baixa visão, e na curiosidade de pessoas videntes. O material de enchimento é áspero e maleável, dando a sensação arenosa ao ser tocado, representando estrutura gelatinosa do mosaico fluido celular (figura 7).



Figura 7: terminal do axônio.

O cuidado com a escolha dos materiais é apontado na bibliografia como item a ser priorizado na produção de materiais táteis, pois pode afetar a compreensão do artefato ou até mesmo prejudicar o tato refinado de PC/BV. Os produtos devem ser de fácil manuseio, limpeza e clareza de compreensão.

As diversas texturas utilizadas no produto como feltro, velcro, algodão, poliéster também foram empregados juntamente com as palavras em Braille e português. Como produto, foi apresentado um painel de legenda (figura 8), uma estrutura tridimensional com recortes e pequenas representações do modelo sináptico, legenda bilingue e as diferentes texturas. Um recurso ofertado ao usuário do produto como uma ferramenta de descrição do modelo, apresentando o que cada textura representa na estrutura.



Figura 8 : Legenda bilingue tridimensional

Essa correlação de legenda e modelo auxiliam na interpretação do artefato por identificar, com linguagens diferentes, as partes constituintes do trabalho, possibilitando maior assimilação do conteúdo (LIPPE; CAMARGO 2009; PAULINO; VAZ; BAZON, 2011; VIVEIRO; BEGO, 2015). Este processo é evidenciado por Dimblery e Borton (1990) ao estabelecerem a estrutura semântica-sensorial da linguagem, o que corresponde a assimilação de objetos, fenômenos ou processos por meio de experiências táteis de correlação (DICKMAN, FERREIRA, 2011).

O painel de legenda (figura 8) é uma estrutura que demonstra e explica o que significa cada elemento e textura do modelo, associando os termos aos materiais e estruturas nervosas. Isto auxilia o estudante cego ou com baixa visão, pois é possível fazer a leitura tátil das peças e do texto que auxiliará na interpretação e compreensão do modelo.

A legenda em Braille do modelo foi produzida com folhas de plástico por se tratar de um material resistente, de fácil higienização e de durabilidade, além de ser de fácil marcação Braille. Não foi utilizado papel Braille pois apresenta alta porosidade e absorção de líquidos, o que poderia gerar degradação com o seu manuseio.

O Braille é comumente encontrado gravado em placas de metal, porém para redução de custo do material e menor agressão ao meio ambiente foram utilizadas

pastas de plástico transparente para a gravação das legendas. Após gravação foram fixadas com super cola na superfície do modelo.

Na produção dos receptores dos sinais sinápticos foram utilizados ímãs e velcros, representando a estrutura e disposição distinta de cada receptor, evidenciando a estrutura seletiva dos neurotransmissores, que são parcialmente específicos por conta da disposição de carbonos e grupamentos químicos. Esses materiais foram utilizados por possuírem aderência entre si, simulando as interações sinalizador e receptor (Figura 9).



Figura 9: Receptores.

Porém tal especificidade pode ser corrompida por um agente químico externo, como é o caso de drogas depressoras ou excitatórias. Está falha estrutural possibilita a acoplação de outras moléculas, como é o caso da cocaína, que interage com a dopamina impedindo sua reabsorção pelo terminal axonal. Tal substância está representada por pedra de vidro com cristais pratas ligada a um ímã (Figura 10).



10.A - ação da cocaína

10. B - sinapse nervosa

Figura 10: Representação física da cocaína.

O material de cada neurotransmissor foi escolhido de acordo com a sua interação com o organismo, segundo a dopamina está relacionada às modulações de humor, emoções, atenção, recompensa, aprendizado e sono, sendo escolhido o objeto de feltro rosa e com miçangas dourados como seu representante. Para representar a serotonina, responsável por regular o sono, apetite e influenciar nas atividades físicas, foi representado por um pedra de vidro fixada em um ímã. A melatonina é o hormônio do sono e está representada por um esfera de feltro amarela. E a noradrenalina pela miçanga azul, ela é precursora da adrenalina e responsável pelo aumento de energia no organismo.

A representação da ocitocina, considerado por muitos o hormônio do amor e afeto, responsável pela liberação de leite materno e contrações pré-natais, está representado por uma pedra em formato de coração. A endorfina, promotora de efeitos anestésicos, e GABA, associada a calma e ao tônus muscular, estão representadas respectivamente por uma esfera de feltro vermelha costurada a um corte de velcro branco, e o GABA por um pedaço de feltro verde colado em um ímã.

Dentro do ensino inclusivo é trabalhada a modalidade de ensino de pessoas cegas e com baixa visão, que enfrentam dificuldades em assimilar os conteúdos que demandam muito de recursos visuais para compreensão. E os conteúdos que mais necessitam recurso visual são as matérias e matemática, biologia, ciências e física, matérias das áreas exatas e biológicas que utilizam de representações gráficas para demonstrar processos abstratos ou diminutos. As matérias citadas usam demasiado recurso visual para transmitir o assunto aos alunos, como meio de facilitar a sua aprendizagem (LIPPE; CAMARGO 2009; PAULINO; VAZ; BAZON, 2011; SANCHES; MACEDO; BUENO, 2017). SANTOS, *et al* 2013

Alunos com baixa visão ou cegueira enfrentam dificuldades para acessar conteúdos visuais, sendo importante, a utilização de recursos didáticos de adaptação e materiais para a compreensão e assimilação do conteúdo por parte dos alunos, como painéis, imagens e esquemas táteis. E não apenas assimilação por alunos não videntes, mas também videntes, por serem estruturas que evidenciam o conteúdo de uma outra perspectiva (NUERNBERG, 2008).

Paulino e colaboradores em 2011 realizaram trabalho semelhante ao produzirem modelos educacionais táteis de células, animal e vegetal, e de processo moleculares, como a representação da expressão do Ácido Desoxirribonucleico (DNA). O trabalho também foi realizado em base de madeira e com recursos de cores

diversas e de materiais diferentes. Porém, ao contrário do produto educacional produzido nesse trabalho de conclusão de curso, o modelo não apresenta legenda em língua portuguesa escrita, nem em Braille, mesmo sendo visualmente atrativo, não se atenta a ampliar sua vertente de inclusão.

O presente trabalho (figura 11) evidencia este ponto, pois as informações estão dispostas em diversas linguagens, língua portuguesa escrita, Braille, além dos recursos táteis como diferentes texturas, e cores vibrantes que podem despertar o interesse dos alunos (DICKMAN, FERREIRA, 2011). Porém a interpretação e aprendizagem do conteúdo, nesses casos, requer maior tempo porque o estudante necessita identificar a peça ou objeto, assimilar com o conteúdo e posterior associar com a descrição do artefato.



Figura 11: Modelo educacional finalizado.

O modelo educacional oferta ao aluno o conteúdo de forma diferente da apresentada em sala de aula, pois, o estudante tem acesso a representação estrutural física de uma região da célula ou unidade a nível atômico/molecular que mesmo para videntes, são invisíveis a olho nu. Estruturas essas, capturadas por meio de microscopia eletrônica de transmissão ou de varredura e adaptadas graficamente por desenhos e esquemas em computadores (SANCHES; MACEDO; BUENO, 2017; SANTOS *et. al.*, 2013; VIVEIRO; BELGO, 2015).

O modelo tátil apresentado neste trabalho é um recurso que pode ser utilizado para auxiliar, de forma inclusiva, os conteúdos de sala de aula, tanto na matéria de

Biologia, como de Física, Biofísica e Fisiologia humana, dado que envolve uma região celular do corpo, em processos físicos e químicos do funcionamento do organismo.

A sua aplicação pode ocorrer ao final das sugestões de aula no apêndice 2 ou até mesmo durante o percurso da aula, ao ser abordado os neurotransmissores, drogas excitatórias ou depressoras, transtornos psicológicos, ou até mesmo processos básicos do organismo como a regulação do sono.

Isto é possível pois o modelo dispõe ao aluno vidente e não vidente, uma experiência visual e sensorial que além de estimular os sentidos ativos, também atua como facilitador de pessoas com baixa visão e cegueira.

Ao suprir algumas das necessidades do ambiente escolar, temos um objeto que pode ser usado como uma compensação do recurso visual, apontado, por Vygotsky (1997) em seus estudo sobre deficiência e ensino, como compensação social, onde é ofertado ao aluno com algum grau de cegueira, um artefato, prática, ou metodologia que facilite a assimilação do conhecimento. Isso faz uma assimilação muito importante com a Teoria Histórico-Cultural desenvolvida por Vygotsky, onde o indivíduo aprende com o que lhe ofertado no dia a dia em termos culturais, familiares e escolares.

Os modelos educacionais citados não são artefatos exclusivos de pessoas não videntes, pois possibilitam uma experiência tátil e visual diferenciada para o vidente, abordando de forma diferente o conteúdo, que por sua complexidade não consegue ser compreendido apenas com o visual (SANCHES; MACEDO; BUENO, 2017).

Considerações finais

O uso de materiais educacionais adaptados auxilia na construção do conhecimento e do indivíduo por estar atrelado ao eixo histórico-cultural do aluno, que por meio de assimilação tátil, tem mais um recurso para compreender o conteúdo que lhe é ofertado em sala.

O trabalho apresenta um custo baixo de produção, mas que pode ser reduzido com a reutilização de materiais, com a adaptação de estruturas por matéria prima vegetal. Alguns materiais não biodegradáveis foram utilizados no modelo por conta da sua durabilidade e pela textura que se almejava para a estrutura tátil.

As falhas do trabalho poderiam ser sanadas com a troca de alguns materiais por objetos e material biodegradável ou menor nocividade ao meio ambiente. E como pontos positivos foram reutilizados diversos materiais, como as legendas em Braille que foram confeccionadas com pastas plásticas reaproveitadas, e a própria embalagem de MDF de sobras de madeira e retalhos de tecidos.

O material final pode ser utilizado não só no ensino de biologia, como também nas aulas com temáticas em fisiologia, drogas psicoativas agonistas e antagonistas, matemática, física e biofísica. Também é possível realizar a adaptação do material para o trabalho de conteúdo do sistema nervoso, transporte de membrana e funções eletroquímicas. O recurso possui aplicabilidade extensa e apresenta uma fácil estrutura de manuseio e utilização por fazer correspondência do modelo ao do corpo humano.

Como sugestão, é possível a aplicação de audiodescrição no material, por se tratar de um material pequeno e simples manuseio. A descrição pode ser realizada na descrição estrutural, física, bioquímica e sendo possível até fisiológica do sistema nervoso.

Referencial teórico

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Consulta Pública. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_silte.pdf. Acesso em: 01 nov. 2019.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 23 set. 2019.

BRASIL/MEC. Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, DF: 20 de dezembro de 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394.html. Acesso em: 23 set. 2019.

BRASÍLIA a. **CURRÍCULO EM MOVIMENTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA EDUCAÇÃO ESPECIAL**. 2018. Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal. Disponível em: http://www.deg.unb.br/images/dtg/cil/legislacoes/Curr%C3%ADculo_em_Movimento_DF_Educa%C3%A7%C3%A3o_Especial.pdf. Acesso em: 01 mar. 2020.

BRASÍLIA b. **CURRÍCULO EM MOVIMENTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA ENSINO MÉDIO**. 2018. Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal. Disponível em: http://www.cre.se.df.gov.br/ascom/documentos/subeb/cur_mov/5_ensino_medio.pdf. Acesso em: 01 mar. 2020.

DICKMAN, A. G.; FERREIRA, A. C. **Ensino e aprendizagem de Física a estudantes com deficiência visual: Desafios e Perspectivas**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 8, n. 2, 12 fev. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4020/2584>. Acesso em: 22 nov 2019.

DIMBLEBY, RICHARD; BURTON, GRAEME. **Mais do que palavras**. Grupo Editorial Summus, 1990. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=50Ka3sZi6uIC&oi=fnd&pg=PA11&dq=dimbleby+e+burton++1990&ots=vsg4CAc91R&sig=3C852IXlqyxP9QZCwHzRIkUlaE4#v=onepage&q=dimbleby%20e%20burton%20%201990&f=false>. Acesso em: 07 fev. 2020.

LIPPE, Eliza Márcia Oliveira; DE CAMARGO, Eder Pires. **O ensino DE CIÊNCIAS E SEUS DESAFIOS PARA A INCLUSÃO: O PAPEL DO PROFESSOR ESPECIALISTA**. ensino de ciências e matemática i, 2009, 133. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/g5q2h/pdf/nardi-9788579830044-09.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2020.

MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio) Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Ministério da Educação. 1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 14 de jan 2020.

NUERNBERG, Adriano Henrique. **Contribuições de Vigotski para a educação de pessoas com deficiência visual**. Psicol. estud., Maringá, v. 13, n. 2, p. 307-316, June 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-73722008000200013&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 03 de jan 2020.

NUNES, Getúlio de Souza. **Dificuldades do ensino e da aprendizagem das Ciências no Século XX, desafios para os professores do Século XXI**. Augusto Guzzo Revista Acadêmica, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 57-67, aug. 2012. ISSN 2316-

3852. Disponível em: <http://fics.edu.br/index.php/augusto_guzzo/article/view/73>. Acesso em: 06 mar. 2020. doi: <https://doi.org/10.22287/ag.v2i1.73>.

PAULINO, ALS; VAZ, JOSÉ MURILO CALIXTO; BAZON, FERNANDA V. MAFRA. **Materiais adaptados para ensino de biologia como recursos de inclusão de alunos com deficiência visual.** ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO ESPECIAL, v. 7, 2011. ISSN 2175-960X – Pg. 672-682. Disponível em:

<http://www.uel.br/eventos/congressomultidisciplinar/pages/arquivos/anais/2011/processo_inclusivo/063-2011.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2020.

SANCHES, Emília Christie Picelli; MACEDO, C. M. S.; BUENO, J. **Imagens táteis tridimensionais: um modelo para a tradução tátil a partir de imagens estáticas bidimensionais.** 2017. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Juliana_Bueno/publication/320934564_Imagens_tateis_tridimensionais_um_modelo_para_a_traducao_tatil_a_partir_de_imagens_estaticas_bidimensionais_Three-dimensional_tactile_images_a_model_for_tactile_translation_from_two-dimensional_static/links/5a035c910f7e9beb176f6b09/Imagens-tateis-tridimensionais-um-modelo-para-a-traducao-tatil-a-partir-de-imagens-estaticas-bidimensionais-Three-dimensional-tactile-images-a-model-for-tactile-translation-from-two-dimensional-stati.pdf>. Acesso em: 12 de jan 2020.

SANTOS, Antonio Hamilton dos; SANTOS, Hélio Magno Nascimento dos; JUNIOR, Benedito dos Santos; SOUZA, Ilvanete dos Santos de; FARIA, Taciana de Lisboa. **AS DIFICULDADES ENFRENTADAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS EM ESCOLAS MUNICIPAIS DO SUL DE SERGIPE E O PROCESSO DE FORMAÇÃO CONTINUADA.** 2013. Anais de congresso. II Seminário internacional de representações sociais, subjetividade e educação - SIRSSE. Disponível em: <https://educere.bruc.com.br/ANAIS2013/pdf/9474_6573.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2020.

VIVEIRO, Alessandra Aparecida; BEGO, Amadeu Moura. **O Ensino de Ciências no Contexto da Educação Inclusiva.** Paco Editorial, 2015. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=T_GXCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=O+Ensino+de+Ci%C3%A7%C3%A2ncias+no+Contexto+da+Educa%C3%A7%C3%A3o+Inclusiva&hl=pt-](https://books.google.com.br/books?id=T_GXCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=O+Ensino+de+Ci%C3%A7%C3%A2ncias+no+Contexto+da+Educa%C3%A7%C3%A3o+Inclusiva&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwjFmJ7XmJPoAhWCGbkgGHY9OCVcQ6AEIKTAA)

[BR&sa=X&ved=0ahUKEwjFmJ7XmJPoAhWCGbkgGHY9OCVcQ6AEIKTAA](https://books.google.com.br/books?id=T_GXCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=O+Ensino+de+Ci%C3%A7%C3%A2ncias+no+Contexto+da+Educa%C3%A7%C3%A3o+Inclusiva&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwjFmJ7XmJPoAhWCGbkgGHY9OCVcQ6AEIKTAA)>.

Acesso em: 02 de jan 2020.

VYGOTSKI, L. S. **El niño ciego.** LS Vygotski. Obras Escogidas V: Fundamentos de Defectologia, p. 99-113, 1997.

Anexo 1



fonte: <https://www.flickr.com/photos/thiaguesser/4681396898>

autor: thiago esser

Anexo 2



fonte: <https://pixabay.com/pt/vectors/ci%C3%A2ncia-neur%C3%B4nio-sinapse-biologia-305773/>

Apêndice 1 -- sequência didática

Domingos Guimarães Guedes Curso: Ciências Biológicas Semestre: 7º
 Universitário de Brasília - UniCEUB Nível: Ensino Médio Série/Ano: 3º ano
 Duração: 1h 40min

COMPETÊNCIA (S)	HABILIDADE (S)	PROCEDIMENTO (S)
<ul style="list-style-type: none"> ● Compreender o estudo do Sistema Nervoso (SN); ● Conhecer temas como sistema nervoso central e periférico; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ser capaz de apontar o que é o sistema nervoso e a suas características; ● Reconhecer as relações entre sistema nervoso e homeostase; ● Reconhecer as existência tipos diferentes de células no SN; ● Identificar a diferença entre o sistema nervoso central e periférico; ● Apontar os principais processos do funcionamento do sistema; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Aula inclusiva por meio de LIBRAS, material tátil, língua portuguesa escrita e oral; ● Iniciando a aula inclusiva apresentando o sistema nervoso e suas subdivisões; ● Promovendo questionamentos sobre o papel desse sistema no funcionamento do corpo; ● Apontando as principais doenças que acometem esse sistema; ● Exemplificando, com o auxílio de projeções do kit multimídia, e modelo educacional tátil o funcionamento do SN; ● Finalizando a atividade por meio de dinâmica dos 5 sentidos e se reflexos involuntários;

BIBLIOGRAFIA:

BRASIL. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Brasília. 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio ; volume 2)
 DISTRITO FEDERAL. **Currículo em movimento da educação básica - Ensino Médio**. Brasília: Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, 2018.

COMPETÊNCIA (S)	HABILIDADE (S)	PROCEDIMENTO (S)
<ul style="list-style-type: none"> ● Conhecer o funcionamento do Sistema Nervoso (SN); ● Compreender sobre a ação de drogas lícitas e ilícitas no SN; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Entender os processos que regem o funcionamento do sistema nervoso; ● Ser capaz de apontar as relações entre uso de drogas e dependência química; ● Reconhecer as existência de drogas depressoras e excitatórias; ● Saber o papel de medicamentos psicoativos; 	<ul style="list-style-type: none"> ● Aula inclusiva por meio de LIBRAS, material tátil, língua portuguesa escrita e oral; ● Iniciando a aula inclusiva fazendo revisão do SN e as doenças que o acometem; ● Apontando as principais drogas psicoativas; ● Exemplificando, com o auxílio de projeções do kit multimídia, e material tátil, os tipos de drogas e suas ações no organismo (interações com os neurotransmissores) ; ● Finalizando a atividade por meio de mesa redonda com discussão: até quando esta substância é considerada um medicamento ? droga ilícita ou lícita?;

BIBLIOGRAFIA:

BRASIL. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Brasília. 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio ; volume 2)

DISTRITO FEDERAL. **Currículo em movimento da educação básica - Ensino Médio.** Brasília: Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, 2018.

SANTOS, Nívea Cristina Moreira. **Anatomia e fisiologia humana.** São Paulo: Érica, 2014. 2.

COMPETÊNCIA (S)	HABILIDADE (S)	PROCEDIMENTO (S)
<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer doenças do Sistema Nervoso (SN) e suas principais características; • Compreender a relação genética com as doenças; 	<ul style="list-style-type: none"> • Ser capaz de apontar as principais doenças que afetam o SN; • Saber quais são as características e os órgãos envolvidos; • Apontar a relação das doenças com a genética; • Perceber a relação dos outros sistemas do corpo com o sistema nervoso; 	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciando a aula apresentando as doenças; • Explicando os tipos de doenças somáticas e genéticas do sistema;; • Apontando as principais características dos órgãos integrantes utilizando slide; • Exemplificando, com o auxílio de projeções as ações celulares/moleculares das doenças por meio do kit multimídia e modelo educacional tátil; ; • Finalizando a atividade por meio de questionário sobre o conteúdo;
<p>BIBLIOGRAFIA:</p> <p>BRASIL. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Brasília. 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio ; volume 2)</p> <p>DISTRITO FEDERAL. Currículo em movimento da educação básica - Ensino Médio. Brasília: Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, 2018.</p> <p>SANTOS, Nívea Cristina Moreira. Anatomia e fisiologia humana. São Paulo: Érica, 2014. 2.</p>		

COMPETÊNCIA (S)	HABILIDADE (S)	PROCEDIMENTO (S)
<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer o Sistema Nervoso (SN) e suas principais características; • Compreender a relação dos hormônios e dos neurotransmissores; 	<ul style="list-style-type: none"> • Ser capaz de apontar os principais hormônios que afetam o SN; • Saber o que são neurotransmissores e seu papel no organismo; • Apontar o que é a sinapse nervosa e sua importância; • Perceber o papel hormonal dos neurotransmissores; 	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciando a aula apresentando os principais neurotransmissores; • Explicando os tipos de hormônios; • Apontando a ação dos principais grupos no SN; • Exemplificando, com o auxílio do kit multimídia e modelo educacional tátil as células envolvidas na transmissão dos biossinalizadores;; • Finalizando a atividade por meio de questionário sobre o conteúdo;
<p>BIBLIOGRAFIA:</p> <p>BRASIL. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Brasília. 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio ; volume 2)</p> <p>DISTRITO FEDERAL. Currículo em movimento da educação básica - Ensino Médio. Brasília: Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, 2018.</p> <p>SANTOS, Nívea Cristina Moreira. Anatomia e fisiologia humana. São Paulo: Érica, 2014. 2.</p>		

COMPETÊNCIA (S)	HABILIDADE (S)	PROCEDIMENTO (S)
<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer a biofísica do Sistema Nervoso (SN); • Compreender os processos responsáveis por hormônios e neurotransmissores; 	<ul style="list-style-type: none"> • Ser capaz de identificar os processos biofísicos do sistema nervoso; • Saber o que é potencial de membrana e a atuação da bomba Na/K; • Apontar o que é a sinapse nervosa e sua importância pro funcionamento do SN; • Perceber a relação hormônio x biossinalizadores; 	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciando a aula apresentando os principais processos biofísicos; • Explicando os tipos de neurotransmissores; • Apontando a ação do potencial de membrana; • Exemplificando a bomba de sódio e potência, e a comunicação intra e extra celular; • Finalizando a atividade por meio de dinâmica com material tátil e vídeo explicativo;

BIBLIOGRAFIA:

BRASIL. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Brasília. 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio ; volume 2)

DISTRITO FEDERAL. **Currículo em movimento da educação básica - Ensino Médio**. Brasília: Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, 2018.

SANTOS, Nívea Cristina Moreira. **Anatomia e fisiologia humana**. São Paulo: Érica, 2014. 2.