



MATURAÇÃO NA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DA TRANSCRIÇÃO DE IMAGENS VISUAIS PARA IMAGENS TÁTEIS NO PROCESSO DE ENSINO E AVALIAÇÃO DE MATEMÁTICA: possibilidades e desafios

Alexandre Chaves da Silva¹

Levi Silva Soares²

Jameson Apolinário dos Reis³

Ezequias Teodósio da Silva³

João Ciro Pereira de Sousa³

Maturation in didáctica transposition of transcription from visual images to touch images in the mathematics teaching and evaluation process: possibilities and challenges

Maduración en la transposición didáctica de la transcripción de imágenes visuales a imágenes táctiles en el proceso de enseñanza y evaluación de las matemáticas: posibilidades y desafíos

Resumo:

O presente trabalho trata da necessidade de se criar uma ferramenta didática e pedagógica que possibilite deficientes visuais interpretarem imagens contidas em exames educacionais e livros didáticos de matemática e de ciências da natureza. Frente a realidade de inclusão escolar, fez-se necessário a tomada de medidas emergenciais que perpassam a educação em todos os níveis de ensino, e a pesquisa e elaboração de ferramentas didáticas que possibilitem esta inclusão. Das ferramentas podemos destacar o código alfanumérico *Braille* e o *software Monet* de produção de imagens em alto-relevo. Aponta-se aqui a técnica de termoformagem como a mais apropriada para a construção de imagens em alto-relevo capazes de serem lidas por estudantes cegos. Afinal, os cegos leem as imagens táteis já que os mesmos não as enxergam. Para a criação de uma linguagem específica à representação das imagens, usa-se a Sequência FEDATHI como parâmetro norteador e avaliador da ferramenta sugerida. Espera-se, com essas inferências, promover reflexões sobre mecanismos que possibilitem os Deficientes Visuais (DV) a fazerem suas interpretações de imagens, gráficos e tabelas, tirando suas conclusões sem ajuda do leitor e textos que descrevem as ilustrações contidas no processo de avaliação de matemática em larga escala, como no ENEM e SAEB.

Palavras-chave: Deficiente Visual. Transcrição de Imagem. Avaliações em Larga Escala.

Abstract:

The present work deals with the need to create a pedagogical and didactic tool that enables the visually impaired to interpret images contained in educational exams and didactic books of mathematics and natural sciences. Facing the reality of school inclusion, it became necessary: to take emergency measures that permeate education at all levels of education, and the research and elaboration of didactic tools that make possible this inclusion. It's possible highlight the tools the Braille alphanumeric code, the Monet software for the production of images in high relief. The thermoforming technique is indicated here as the most appropriate for the construction of embossed images capable of being read by blind students, after all the blind read the tactile images since they do not see them. For the creation of a specific language for the representation of images, the FEDATHI Sequence is used as the guiding parameter and evaluator of the suggested tool. With these inferences, it is hoped to promote reflections on mechanisms that enable the visually impaired (VI) to make their own interpretations of images, graphs and tables, drawing their conclusions without the help of the reader and/or texts that describe the illustrations contained in the process evaluation of mathematics on a large scale, as in the ENEM and SAEB program.

Keywords: Visual Impaired. Image Transcription. Assessments.

1. Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA).

2. Estudante de Direito na Faculdade Luciano Feijão.

3. Estudantes do Ensino Médio na EEMTI Deputado Murilo Aguiar.

Resumen:

El presente trabajo aborda la necesidad de crear una herramienta de enseñanza y pedagógica que permite las personas con discapacidad visual interpretan imágenes contenidas en exámenes educativos y libros de texto de matemáticas y ciencias de la naturaleza. Ante la realidad de la inclusión escolar, fue necesario tomar medidas de emergencia que venga a penetrar en la educación en todos los niveles de la educación, y la investigación y el desarrollo de herramientas didácticas que permitan esta inclusión. De las herramientas podemos destacar el código alfanumérico Braille, el software Monet de producción de imágenes en relieve. La técnica de termoformado se señala aquí como la más apropiada para la construcción de imágenes de alto relieve que pueden leer los estudiantes ciegos, después de todo, los ciegos leen las imágenes táctiles ya que no las ven. Para crear un lenguaje específico para la representación de imágenes, utilizamos la secuencia FEDATHI como parámetro guía y evaluador de la herramienta sugerida. Se espera, con estas inferencias, promover reflexiones sobre los mecanismos que permiten a las personas con discapacidad visual (DV) hacer sus interpretaciones de las imágenes, gráficos y tablas, sacando sus conclusiones sin la ayuda del lector y textos que describen las ilustraciones contenidas en el proceso de evaluación matemática a gran escala, como en ENEM (Examen nacional de secundaria) y SAEB (Sistema de evaluación de educación básica).

Palabras clave: Discapacidad visual. Transcripción de Imágenes. Evaluaciones a Gran Escala.

1. O CEGO NO CONTEXTO EDUCACIONAL

Foram totalizados mais de 161 milhões de brasileiros, considerando apenas o público acima de 10 anos. O CENSO 2010 (IBGE) apontou que 3,95% destes, são cegos ou possuem baixa visão. Desse grupo, mais de 419 mil se encontravam em idade escolar.

Com a política de educação inclusiva, grandes centros de referências em educação de deficientes visuais como o Instituto Benjamin Constant (IBC) deixaram de atender exclusivamente a este público para também capacitar professores, para torná-los capazes de atender deficientes visuais e videntes, ao mesmo tempo e espaço de ensino aprendizagem. A atuação do IBC, no âmbito da Educação Básica Especial, perpassa pelo entendimento das etapas de aprendizagem da criança. Em sua *homepage*, o IBC ressalta:

Os três primeiros anos da Educação Infantil [...] são dedicados, no IBC, à Educação Precoce. É nessa etapa que as crianças são despertadas para o mundo através da aquisição da marcha, da linguagem e o início de sua socialização; nos outros dois anos, elas aprendem a utilizar da melhor maneira possível seus sentidos remanescentes para que consigam progredir na vida escolar. (IBC disponível em ibc.gov.br)

A educação inclusiva ganhou força após a aprovação da LDB 9.394/1996 e a declaração de Salamanca (1994). Esta nova perspectiva tornou necessária à pesquisa e à construção de novos modelos de ensino-aprendizagem.

O que fica claro é a real intenção de tornar a

aprendizagem significativa, materializando o que está, por vezes, abstrato aos videntes e muito mais aos deficientes visuais, buscando este resultado a partir da autonomia dada ao educando, possibilitando, assim, reflexões sobre as necessidades de trabalho do professor de matemática, envolvendo a compreensão e os significados do que é ser um matemático.

Ao analisar uma tabela, um gráfico ou a imagem de um polígono na Geometria Espacial, o discente deve extrair o máximo de informações relevantes para o desenvolvimento do problema e finalizar com sua resposta correta. O desafio então, não é tornar estas representações visuais acessíveis aos deficientes visuais, mas também, que este estudo os propicie significados e possa desenvolver um caráter investigativo das condições análogas existentes em nosso cotidiano.

Essa transposição didática tem sido evidenciada nos cursos de Licenciaturas, que em sua vertente pedagógica investem tempo e recursos, para promoção e desenvolvimento de Tecnologias que tornem a aprendizagem mais lúdica, interativa, atrativa, concreta e principalmente significativa. Estes investimentos se devem ao interesse dos discentes pela percepção audiovisual advinda da era digital.

Nesta geração, a interatividade virtual está em alta e é movida pela agilidade e qualidade da informação que chega ao usuário. Numa tentativa de atrair e tornar o contato mais humano, os criadores de aplicativos investem em imagens e *gifs*, abusando do recurso visual. O fazem, pois são conhecedores de que no processo de

aprendizagem/fixação da mensagem imposta é muito importante que as informações tenham, além de significado, uma relevância/importância sensorial. Pode-se citar, por exemplo, as aprendizagens de dois educandos, sendo um cego e um vidente, que assistem a uma simulação computacional da formação do arco-íris, após dupla refração de um raio de luz branca policromática num prisma de vidro.

Mesmo que o experimento supracitado já tenha sido conceituado anteriormente na sala de aula, só tornar-se-á concreto para o estudante vidente, para o estudante cego, continuará sendo abstrato, pois para este exemplo citado, o recurso utilizado não está apropriado à inclusão. Por não podermos ver a olho nu a estrutura atômica, o conceito deste é mais bem fixado através dos modelos representativos ilustrados nos livros didáticos, que também são acessíveis apenas aos videntes.

Independente de o recurso ser físico ou digital, percebe-se que no processo ensino-aprendizagem a tecnologia audiovisual contribui intensamente para uma aprendizagem significativa, mas que necessita de adequações tanto no recurso quanto na metodologia de uso destas ferramentas para que atendam a um público mais diversificado.

Precisa-se de maior investimento na pesquisa de recursos didáticos que atendam a estas necessidades e que possam ser utilizados no ambiente escolar, em casa e também durante a realização de exames internos na escola, e também externos, como é o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Figura 1: texto sobre marca d'água explicitando e criticando os recursos disponíveis aos candidatos do ENEM que atestam ser DV



Fonte elaborada pelo autor

Os candidatos cegos ou de baixa visão têm como recursos, durante a realização do ENEM: o tempo adicional de uma hora, a prova ampliada, a prova em *Braille*, o transcritor e o profissional (ledor) que faz a leitura da prova e das descrições das ilustrações (imagens, tabelas e gráficos). Estas descrições de ilustrações são previamente elaboradas pela equipe especializada do INEP e contidas nas provas dos candidatos que, no ato da inscrição, solicitaram este recurso, desde a edição de 2017.

Indiscutivelmente, os recursos de prova ampliada, transcritor, ledor são necessários e adequados, não podendo falar o mesmo dos demais recursos.

Para um candidato experiente no *Braille* conseguir fazer a leitura de toda a prova, nesta linguagem, o tempo adicional de uma hora é absurdamente insatisfatório.

A prova em *Braille* não apresenta imagens, pois não há uma linguagem universal para representações de imagens. O código *Braille*, do francês *Louis Braille*, aceito no Brasil desde 1854, é capaz de grafar signos alfanuméricos, o que representa grande avanço, mas insuficiente para compreensão de ilustrações que diminuem a abstração e expressam informações necessárias para a interpretação de dados, fenômenos e circunstâncias.

Quando a descrição de imagem relata uma leitura simples e detalhista, o candidato deficiente visual consegue, por si só, fazer a interpretação e chegar à resposta do item e esta é a metodologia mais apropriada para o recurso Ledor. Mas, infelizmente, muitas dessas descrições são objetivamente direcionadas à resolução do item, sendo desnecessária a interpretação da ilustração, e dessa forma, favorecendo-os e lesando os demais candidatos (não deficientes).

2. DOS OBJETIVO(S)

2.1. Geral

Desenvolver, na célula de pesquisa da EEMTI Deputado Murilo Aguiar, um recurso didático de transcrição de imagem que possa representar descritivamente as imagens visuais para uso dos DV ou videntes, imagens estas do conteúdo de matemática, química e física, contidas em livros didáticos e avaliações.

Figura 2: Registro fotográfico de momentos de pesquisa da célula de produção de imagens em alto relevo, da EEMTI Deputado Murilo Aguiar.



Fonte: arquivo fotográfico dos autores.

2.2. Específicos

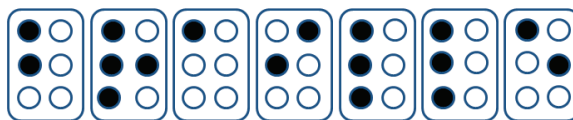
- Criação de uma linguagem cujos signos possam representar através de traços e formas geométricas, toda e qualquer imagem de gráficos, tabelas, polígonos e volumes de revolução.
- Inclusão de uma ferramenta de inovação científica que promova a autonomia de deficientes visuais na interpretação de fenômenos e de dados extraídos de ilustrações táteis planejadas, para pleno desenvolvimento do raciocínio matemático.
- Tornar os processos avaliativos (interno e externo) mais justos, onde a prova avalie: os conhecimentos adquiridos e a interpretação de textos e ilustrações, por parte dos candidatos videntes e deficientes visuais.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É indiscutível a importância do uso de nossos sentidos para o desenvolvimento de qualquer ciência. A visão, por exemplo, possibilita “além do prazer da leitura, o caráter

lúdico e imaginativo das ilustrações” (VALENTE, 2009, p. 4). Por uma adaptação à condição congênita, os deficientes visuais, em sua grande maioria, aguçam outro sentido para compensar a falta da visão. Pensando na sensibilidade do toque é que foi pensado e desenvolvido o código de até seis elementos em uma célula, o código alfanumérico *Braille*.

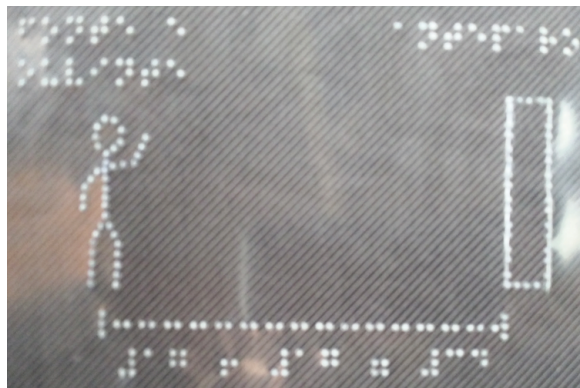
Figura 3: Ilustração da palavra braille escrita nas células Braille.



Fonte: elaborada pelos autores.

Seguindo o mesmo sentido, o tato, Silva e Santos (2018) desenvolveram um produto educacional constituído de lâminas com imagens táteis bidimensionais reproduzidas em plástico de tamanho A4 que comumente é utilizado para encadernação de apostilas com o objetivo de explicar o conteúdo de ondas e fenômenos ondulatórios a um deficiente visual. Em seu trabalho, relatou a necessidade de criar muitas legendas para que, por si só, o educando cego possa entender as linhas de contorno e consequentemente a imagem, construída com a técnica de termoformagem.⁴

Figura 4: ilustração de códigos e legendas para a representação: da delimitação da distância entre os corpos, pessoa (a esquerda) e de um anteparo (a direita)



Fonte: Silva e Santos (2018)

Analisando o trabalho de Silva e Santos é perceptível que além do material, lâminas em alto relevo, e o guia por ele produzido, faz-se necessário o desenvolvimento de uma técnica/linguística mais apropriada e a utilização de metodologia mais técnica e aplicável, motivo pelo qual a sequência FEDATHI (SF) fora escolhida.

4. Termoformagem é a técnica de representação de imagens em alto relevo, cujos traços principais são representados pela união de retas e/ou polígonos regulares.

A SF visa que o professor proporcione ao estudante a reprodução das etapas do trabalho de um matemático quando este está diante de uma situação problema, a saber: apropria-se dos dados da questão, desenha e desenvolve diferentes possibilidades de solução verificando possíveis erros que possam surgir e verifica os resultados encontrados no sentido de encontrar a solução mais geral. (SOUSA et al, 2013) apud SANTOS, LIMA e BORGES NETO (2013, p. 7633).

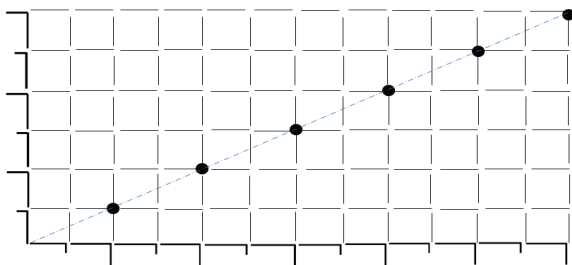
O estudante pesquisador deverá ter como motivação para o desenvolvimento de várias possibilidades de resolução de problemas matemáticos, a proximidade/familiaridade com os desafios inerentes às práticas cotidianas suas ou de pessoas próximas, o que torna o conteúdo mais atraente e por consequência a facilidade de formular hipóteses.

Essa familiaridade deverá ser averiguada, bem como seus domínios matemáticos fundamentais para em cima destes, ser escolhida a situação didática. Segundo AUSUBEL, os subsunçores são os conhecimentos prévios que o indivíduo tem e que serão usados como alicerces para a construção de uma aprendizagem significativa.

4. METODOLOGIA

Para atingir o objetivo de criar uma linguagem, precisamos ter o cuidado de estabelecer códigos com o mínimo de signos possíveis e que seja utilizado para situações diversas, evitando assim o número exagerado de legendas e assimilação desnecessárias de códigos diferentes que representem objetos/sistemas similares. Como aqui mostrado a notação adotada para representar gráficos de linhas.

Figura 5 - representação de gráfico de linhas adotando a linguagem estudada



Fonte: elaborada pelos autores

Para este tipo de gráfico e outras representações, deve-se atentar a diferença dos traços, delimitação espacial e

contornos, pois ao toque toda essa sutileza deverá ser percebida.

A proposição aqui é de utilização da SF para criação desta linguagem, uma vez que o trabalho a ser concluído exige que o estudante reproduza as etapas do trabalho de um matemático quando este está diante de uma situação problema, agora frente ao desafio da integração.

Seguindo as quatro fases da SF: tomada de posição, maturação, solução e prova, primeiramente, será feito a tomada de posição cuja situação desafiadora escolhida é a de representação de imagens táteis para o público de estudantes de matemática do ensino básico, deficientes visuais. O recurso também poderá ser utilizado por estudantes videntes e/ou de outros níveis de ensino.

Na fase de Maturação buscaremos identificar e compreender as variáveis envolvidas na situação problema, tais como:

1. traços e formas geométricas reproduzidas pelo *software* escolhido, a princípio o *Monet*;
2. diferença de espessuras de traços que podem ser impressas e sentidas ao toque dos dedos;
3. escolha dos polígonos para representação de matéria em estados físicos diferentes;
4. quando um item trouxer gráficos complexos, como fazer para simplificá-los sem tornar o item muito extenso e de interpretação exaustiva;
5. como representar imagens inscritas;
6. como fazer o tratamento da informação sem apontar a resolução do item, possibilitando que o avaliado faça sua própria interpretação;
7. como representar imagens volumétricas num plano.

Nesta fase dois aspectos serão de suma importância: a empatia e a avaliação para verificar possíveis erros que possam surgir.

Chegando a terceira fase, solução, o estudante/pesquisador deverá organizar esquematicamente suas ideias para propor soluções dos problemas apontados na fase anterior, sendo sempre crítico e cético quanto à apresentação de soluções simples e únicas.

Com as três etapas concluídas, dar-se-á mais um passo a

frente, chegando à etapa de avaliação ou prova onde será testada a solução encontrada, confrontando-a com a solução esperada. Assim como um estudante do Ensino Médio frente a um item de matemática deve chegar à solução deste, buscando a maior diversidade de caminhos possíveis sem esquecer-se de dar um tratamento mais genérico ao caminho.

Não podendo esquecer de questionar, quanto ao recurso criado: Há algo que esta ferramenta faz, que outra não é capaz? Qual a real contribuição deste produto? Qual o potencial de inovação tecnológica? Estas perguntas ajudam na analogia com outros modelos existentes e na formalização do novo.

Para melhor exemplificar o desafio de transcrição de imagem visível para imagem tátil, observe as figuras abaixo e as inferências que segue.

Figura 6 (a): gráfico de função linear;

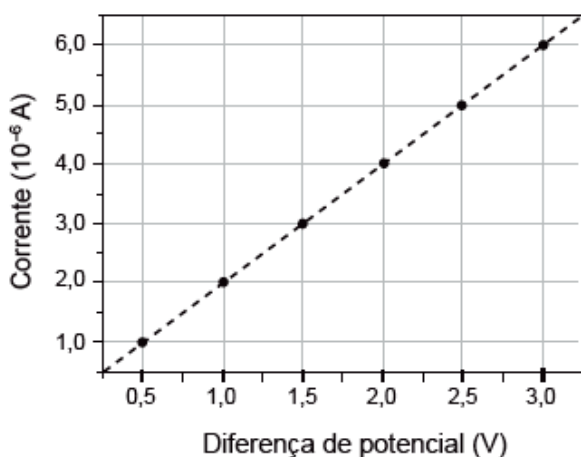
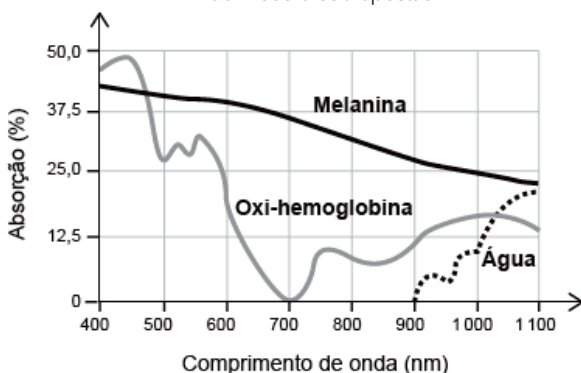


Figura 6 (b): gráfico com três curvas indefinidas e sobrepostas.



Fonte: ENEM, Ciências da Natureza, 1ª aplicação de 2017.

Visualmente podemos extrair diversas informações destes gráficos, tatilmente a assimilação é muito

complexa, necessitando que a Figura 6 (a) tenha contornos e espessuras de traços diferentes para representar: as coordenadas correspondentes, a reta que representa o gráfico, os pontos de intersecção entre eixos, entre retas de marcação das coordenadas e entre os pontos da reta que representam o gráfico.

Já deve ter percebido que há muitas informações além dos números e legenda e é por este motivo que o gráfico trazido na Figura 6 (b) deverá ser redistribuído em três novos gráficos: um para cada curva específica (Oxi-hemoglobina, melanina e água).

Outro exemplo é trazido na questão de análise combinatória reproduzida no ENEM em sua edição de 2017 onde a imagem de uma taça da copa do mundo, um corpo volumétrico. Onde uma descrição "simples" e planificada de sua imagem é suficiente para resolver o item. Por tanto identificar a taça como um corpo tridimensional torna-se apenas mais um distrator.

Figura 7 – Representação da taça da copa mundial de futebol



JUNTOS NUM SÓ RITMO

Fonte: Disponível em www.ptffacom.com, apud ENEM, Matemática, 1ª aplicação de 2017.

O candidato para resolver o problema matemático precisa conhecer a quantidade de cores a ser pintada e a quantidade de imagens a ser pintada. Mas como fazer essa representação sem evidenciar esse quantitativo de imagens? Como avaliar a capacidade de interpretação da imagem?

Bem, estes exemplos supracitados representam muito bem o tipo de desafio ao qual este grupo de pesquisa se prontifica a resolver em prol da criação de uma ferramenta de ensino e avaliação de matemática que propicie o desenvolvimento intelectual dos estudantes de matemática, sejam eles videntes ou deficientes visuais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com objetivo claro de salientar os desafios na construção de um código que possa representar imagens táteis para o uso por deficientes visuais lerem e interpretarem ilustrações, como: imagens, gráficos e tabelas, espera-se que haja incentivos à pesquisa para que esta ferramenta de inovação para o ensino de matemática e ciências da natureza seja aprimorada e chegue até às instituições de ensino em pouco tempo. Ferramenta esta que deverá ser implantada desde as séries iniciais até o ensino superior para que a mesma possa subsidiar os DV na resolução dos itens contidos nas avaliações externas ao fim do Ensino Básico.

Evidenciou-se a necessidade e a viabilidade do projeto. Posteriormente, divulgaremos os códigos para transcrição das imagens, já testados e aprovados por um dos colaboradores desta célula de pesquisa, o Sr. Levi Silva que é egresso de escola estadual do Ceará, deficiente visual que superou muitos desses desafios com o auxílio dessa ferramenta e hoje cursista de Bacharelado em Direito.

Como próximo passo desejamos testar o produto em escala maior, fato não consumado pelo fato de a cidade não ter público para a ferramenta além do nosso colaborador Levi.

REFERÊNCIAS

BRASIL, MEC. Provas e Gabaritos do ENEM. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Disponível em: portal.inep.gov.br, acesso em 28 de março de 2019.

BRASIL, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência do Censo Demográfico 2010. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em ww2.ibge.gov.br, acesso em 29 de março de 2019.

LIBERTO, Alice; RIBEIRO, Célia; SIMÕES, Cristina. As representações de imagens grafo-táteis para o aluno cego no contexto educativo inclusivo. **Revista Educação Especial**, v. 30, n. 57, p. 9-26, jan./abr. 2017.

MOREIRA, Marco Antônio; MASSONI, Neusa Teresinha. Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física. **Textos de apoio ao professor de física**, Instituto de física – UFRGS – PPGEF, v.26, n.6, 2015.

SANTANA, José Rogério; BORGES NETO, Herminio; ROCHA, Elizabeth Matos. **A Sequência FEDATHI**: uma proposta de mediação pedagógica no ensino de matemática. VIII Encontro Nacional de Educação Matemática, atlas – Minicurso GT 7 – Formação de Professores que Ensinam Matemática - 2004.

SANTOS, Maria Jose Costa dos; LIMA, Ivoneide Pinheiro de; BORGES NETO, Herminio. **A Sequência FEDATHI**: concepções e princípios para uso no Ensino de matemática. VII Congresso Iberoamericano de Educação Matemática, ISSN 2301-0797 – 2013.

SILVA, Alexandre Chaves da; SANTOS, Carlos Alberto. Lâminas em alto-relevo para ensinar fenômenos ondulatórios a deficientes visuais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, nº 4, exxx (2018).

VALENTE, Dannyelle. Os diferentes dispositivos de fabricação de imagens e ilustrações táteis e as possibilidades de produção de sentido no contexto perceptivo dos cegos. **Revista educação arte e inclusão**, Florianópolis, v. 02, jan/dez, 2009.